

ISSUE REPORT



중소기업기술정보진흥원



2023.

Vol. 3

3D 프린팅의 현황과 전망



TIPA | 이슈 리포트

3D 프린팅의 현황과 전망

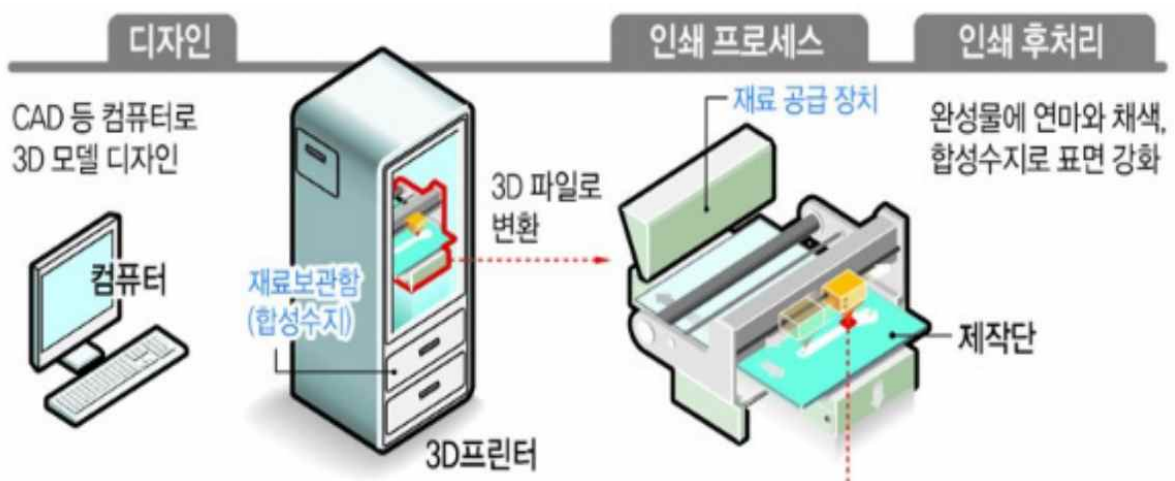
- I. 3D 프린팅 개요
- II. 3D 프린팅 동향
- III. 3D 프린팅 적용 사례 및 전망
- IV. 결론 및 시사점

I. 3D 프린팅 개요

1 3D 프린팅의 개념

- 3D 프린팅이란 적층가공(Additive Manufacturing)이라고도 불리며, 원하는 3D설계 데이터를 만들고 이를 2D 단면 데이터로 분할한 후, 분할된 단면 데이터에 따라 특정 소재를 한 층씩 적층하여 구조물, 부품 등 3D 물체를 제작하는 활동을 의미
 - 출력속도 향상, 출력물의 대형화, 소재의 다양화, 가격 하락, 적층제조 기반 설계(DfAM) 등 3D프린팅 기술발전에 따라 적용범위 확대
 - 3D 프린팅 이전의 가공은 대부분 절삭가공과 금형을 이용한 성형으로 이루어짐
 - 절삭가공은 절삭이 가능한 재료를 가공기에 넣은 후 이를 다양한 방법으로 깎아서 3차원의 물체를 만들고 깎여진 부위는 대부분 버려지는 형태로 가공
 - 또 하나의 일반적인 성형법 중 하나는 금형을 이용한 것으로 고온에서 액체로 변하는 재료를 원하는 제품의 형상을 가진 금형에 넣어 식힌 후 이를 사용하는 형태로 가공
- 3D 프린팅 공정은 일반적으로 모델링 - 프린팅 - 후처리의 3단계로 구성
 - (모델링) 디자인 SW 또는 3D 스캐너를 통한 3차원 디지털 도면 제작을 하는 모델링
 - (프린팅) 3D 프린터를 이용한 구조물, 부품 제작
 - (후처리) 서포터(구조물을 생산과정 중에서 지지하기 위한 부위로 완성품에서는 필요 없는 부분) 제거, 연마, 염색, 표면 재료 증착 등 최종 상품화를 위한 마무리 공정

[3D 프린팅 공정]



* 출처: 연합뉴스(2013.02)

□ 3D 프린팅 산업의 가치사슬은 소재-장비-SW-유통-서비스로 구분 가능

[가치사슬 구성 요소]



구분	구성요소
소재	플라스틱(열가소성·광경화성), 금속계, 세라믹 등
장비·부품	3D프린터, 3D스캐너, 후공정기기, 기타(부품·반제품)
SW	모델링, 편집·변환, 프린팅, 출력물 검사, 공정·관리 등
서비스	3D모델링, 출력서비스, 교육, 컨설팅, 콘텐츠 유통, 기타
유통	장비, 소재, SW

* 출처: 3D프린팅 산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책제언(산업연구원, 2021.07)

□ 특허청의 2021년 보고에 따르면 3D 프린팅 응용제품 관련 국내 특허출원은 '13년 47건에서 '18년 254건으로 연평균 40% 급증¹⁾

- 세부 응용 분야별로 살펴보면, 기계부품 분야 출원(458건, 42.0%)이 여전히 가장 많고, 다음으로 의료 분야(247건, 22.6%), 전기전자 (95건, 8.7%), 소비재(93건, 8.5%), 자동차(82건, 7.5%), 항공우주(47건, 4.3%), 건설건축(29건, 2.7%), 식품(24건, 2.2%) 등의 분야 순
- 3D 프린터에 사용되는 원료소재의 경우 범용 및 엔지니어링 플라스틱 원료가 주로 사용되고 있으며, 최근에는 생체친화형 바이오소재, 나노금속 파우더 및 세라믹스 등으로 소재의 활용범위가 확대

[3D 프린팅 적용 사례]

구분	기획·설계	조달·조립	설계·적시 생산	분산 제조·유통
내용	<ul style="list-style-type: none"> ■ 공정에 제약 없이 원하는 형상을 정밀제작 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기계·부품 일체화를 통하여 구매 품목, 조립 절차를 간소화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 소량 생산의 경제성제고로 소비지에서 적시에 생산 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 디지털 디자인 데이터를 전송하여 원하는 곳에서 출력 후 배송
사례	<ul style="list-style-type: none"> ■ Airbus는 3D메탈 프린터로 가볍고 견고한 모터사이클 'Light rider'를 제작 	<ul style="list-style-type: none"> ■ GE는 항공기 엔진 LEAP-X에 탑재되는 연료노즐팁 20개 부품을 일체화 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ECCO사는 매장방문 고객의 신발 안창을 판매 현장에서 바로 디자인하여 제작 	<ul style="list-style-type: none"> ■ UPS는 고객이 주문한 도면 제품을 24시간 이내에 3D 프린팅 하여 배송 

* 출처: 제2차 3D프린팅산업 진흥 기본계획 (2020~2022) (관계부처합동, 2020. 06)

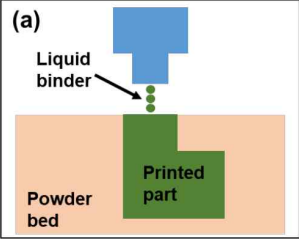
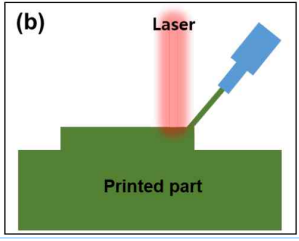
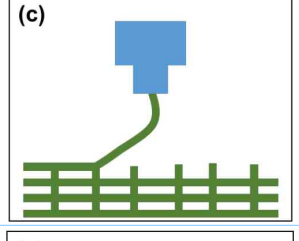
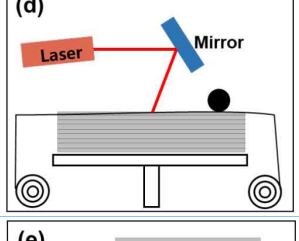
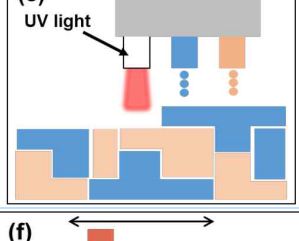
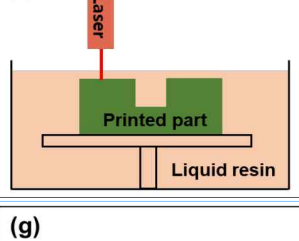
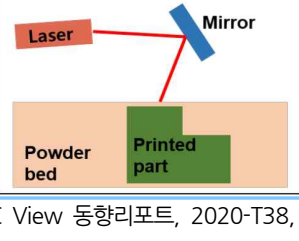
1) 3차원(3D) 프린팅 기술을 활용한 맞춤형 제품개발 증가(특허청, 2021.11.2.)

2 3D 프린터의 종류²⁾

- ASTM(미국시험재료협회)에서는 ISO/ASTM 52900에 3D 프린팅을 7가지 방식으로 분류했고, 이후 다양한 파생 장비가 나오고 있지만, 대체로 이 범주 안에 포함
- (접착제 분사 공정, Binder Jetting) 분말 형태의 재료 위에 액체 형태의 접착제를 분사하여 분말을 결합시키는 방식으로 분말 베드(powder bed) 위에 접착제가 분사된 후 새로운 분말 층이 베드 위에 퍼지고 다음 접착제 분사가 적용
 - 재료는 분말 상태로 공급되어 일반적으로 베드 위에 놓이게 되며 이는 분말 베드 용해와 유사하고 베드 위에 놓인 분말에 단면 형상에 맞도록 접착제를 선택적으로 분사하고 이를 반복하여 3차원 형상을 제작
 - 석고, 폴리머, 금속 또는 세라믹 분말들이 주요 재료로 사용되며 접착제 자체가 색을 가지고 있거나 혹은 별도의 컬러 잉크를 추가로 분사하여 다양한 색상을 갖는 3차원 형상을 제작하는 것도 가능
- (에너지 직접 조사, Direct Energy Deposition): 프린터 노즐은 인쇄 표면에 연속적으로 재료를 증착하고 레이저, 전자빔 등의 열에너지원으로 원재료를 녹여 부착시키는 방식
 - 에너지 직접 조사 공정에서는 기저부(Substrate) 가열, 기저부 용융 및 적층 재료의 용융을 동시에 수행하기 위하여 에너지를 좁은 영역에 집중하고 이때 용융된 적층 재료는 기저부의 용융지(Melt Pool) 내부로 혼합된 후, 냉각됨으로써 적층 비드를 생성
 - 첫 번째 층 위에 기저부와 적층재료 용융 및 기저부의 용융지 내 용융된 적층재료 혼합 및 냉각을 반복하여 연속적으로 새로운 적층 층들을 생성하고, 이 과정을 반복적으로 수행하여 3차원 제품을 제작하는 공정
- (재료 압출, Material extrusion) 고온 용융된 재료를 노즐을 통해 압력으로 밀어내어 인쇄 기판 위에 증착시키는 방식으로 페이스트 및 하이드로겔과 함께 사용하여 살아있는 세포를 인쇄하는데 활용 가능
 - 유동성을 갖는 재료를 일정한 단면 형상을 가진 구멍 형상을 가진 노즐이나 오리피스 등을 통해서 압출하여 각 단면 형상을 만들고 이를 층층이 반복하여 3차원 형상을 제작
 - 고체 상태의 열가소성 수지를 필라멘트 모양으로 만든 것을 공급 재료로 사용하고, 이를 용융 압출 헤드를 통해 녹이면서 압출하여 단면을 만드는 FDM 기술이 처음으로 개발된 재료 압출 방식의 적층 제조 기술
 - 일반적인 열가소성 수지가 재료로 사용될 수 있기 때문에 기존의 플라스틱 제품이 사용되는 곳에 적용하기가 용이함. 또한 이를 바탕으로 직접 제품을 생산하는 DDM (Direct Digital Manufacturing)의 개념들도 적용되는 중임

2) ISO/ASTM 52900 표준에 기반한 적층 제조 용어의 한글화(이인환 등, 한국정밀공학회지, 2020. 10)를 기반으로 수정 보완

[3D 프린터의 종류]

구분	소재	이미지	장점	단점
접착제 분사 (Binder Jetting)	수지,세라믹, 금속		저가, 빠른 공정, 컬러 프린팅, 지지대 불필요	저강도, 후공정 필요, (분말) 호흡기 위험
에너지 직접 조사 (Directed Energy Deposition)	금속		빠른 공정, 복합물질 사용	고가, 저해상도, 후공정 필요
재료 압출 (Materials Extrusion)	수지,세라믹, 금속		컬러 프린팅, 저가, 접근성 우수, 복합물질, 오픈 소스 설계	느린 공정, 비등방성, 저해상도
판재 적층 (Sheet Lamination)	수지,금속		저가, 복합물질, 지지대 불필요	느린 공정, 재료 낭비, 박리
재료 분사 (Materials Jetting)	수지,세라믹, 금속		우수한 해상도 및 세포 생존력	느린 공정, 재료 낭비
액조 광경화 (Vat Photopolymerization)	수지,세라믹		고해상도, 빠른 공정, 탁월한 세포 생존력, 노즐 불필요	재료 독성, 재료 선택 제한, UV로 인한 DNA 손상우려
분말 적층 용융 (Powder Bed Fusion)	수지,세라믹, 금속		고강도, 빠른공정	고가, 후공정 필요

*출처: 의료용 3D 프린팅 기술 동향(BRIC View 동향리포트, 2020-T38, 2020.)와 3D프린터의 변천을 재구성

- (판재 적층, Sheet lamination) 얇은 필름 형태의 재료(종이, 세라믹, 금속)를 레이저 혹은 블레이드 등으로 자른 후 접착제를 이용하여 붙여가며 적층하는 방식
 - 판재 형태로 공급되는 재료를 한 층의 CAD 데이터와 같이 절단하고, 접합/브레이징/초음파 용접 등을 이용하여 절단된 부분을 기저부에 결합시켜 첫 번째 층을 생성한다. 그 후 다음 층에 대한 절단과 절단된 부분의 이미 생성된 층위에 적층하는 것을 반복하여 3차원 형상을 생성
 - 접착제 활용 결합형 판재 적층 공정에서는 결합 후 성형 공정으로 LOM 기술이 대표적이며, 성형 후 결합 공정으로는 CAM-LEM, VLM-ST 기술 등이 개발된 바 있음

- 재료 분사(Material jetting): 용액상태의 소재를 노즐을 통하여 분사한 후 새로운 층이 도포되기 전에 자외선을 이용하여 경화시키는 방식
 - 현재에는 광 경화성 수지나 왁스 등의 재료를 미세한 방울(Droplet)로 만들어 선택적으로 분사하여 단면을 만들고 이를 반복하여 3차원 형상을 제작하는 것이 대부분이며, 이 공정은 주로 잉크젯 프린팅 기술을 기반으로 하기 때문에 매우 높은 해상도를 갖는 3차원 형상의 제작이 가능
 - 다수의 노즐을 통해서 다수의 재료를 하나의 단면에 분사할 수 있기 때문에 다양한 물성과 색상을 갖는 폴리머 재료를 하나의 단면에 성형하는 것이 가능하고 만들어진 3차원 형상은 별도의 조립 과정을 거치지 않고도 다양한 색상 및 다수의 재료로 구성된 제품을 한 번의 공정으로 제작하는 것이 가능

- (액조 광경화, Vat Photopolymerization) 인쇄 기판은 광중합체(photopolymer) 용액 속에 위치하고 UV 또는 가시광선이 기판 위에 있는 광중합체 용액을 고형화한다. 빛에 노출될 때마다 중합된 층이 포함된 인쇄 기판이 광중합체 용액 위로 올라갔다가 내려가는 공정을 반복
 - 액조 광경화 공정은 찰스 헐에 의해서 상용화된 SLA가 최초로 개발된 기술로 이 기술은 자외선 레이저를 일련의 광학계를 이용하여 매우 작은 초점을 갖도록 만들고 이를 광 경화성수지 표면에 주사하여 수지를 경화시켜 단면 모양의 층을 생성
 - 자외선 광원에서 만들어진 빛을 수 μ m 크기의 매우 작은 거울들의 배열인 DMD로 선택적으로 광경화성 수지 위에 반사시켜 단면을 한번에 경화시켜 단면을 성형하는 DLP 기술도 개발된 바 있음

- 분말 적층 용융(Powder bed fusion): 분말 형태의 재료 위에 레이저 혹은 전자빔을 조사하여 선택적으로 분말을 녹여서 결합시키는 방식으로 분말 층이 녹으면 그 위에 새로운 분말 층이 도포되어 반복된 공정을 수행
 - 분말 베드 용해 공정은 분말의 용해 상태에 따라 소결형과 용융형으로 구분
 - 상용화된 소결형 공정들은 모두 레이저를 고밀도 에너지원으로 사용하고 있으며 대표적인 소결형 분말 적층 용융 공정으로는 미국 텍사스 주립대학 오스틴 캠퍼스(University of Texas at Austin)에서 개발된 선택적 레이저 소결(Selective Laser Sintering, SLS) 공정과 독일에서 개발된 직접식 금속 레이저 소결(Direct Metal Laser Sintering, DMLS) 공정이 대표적

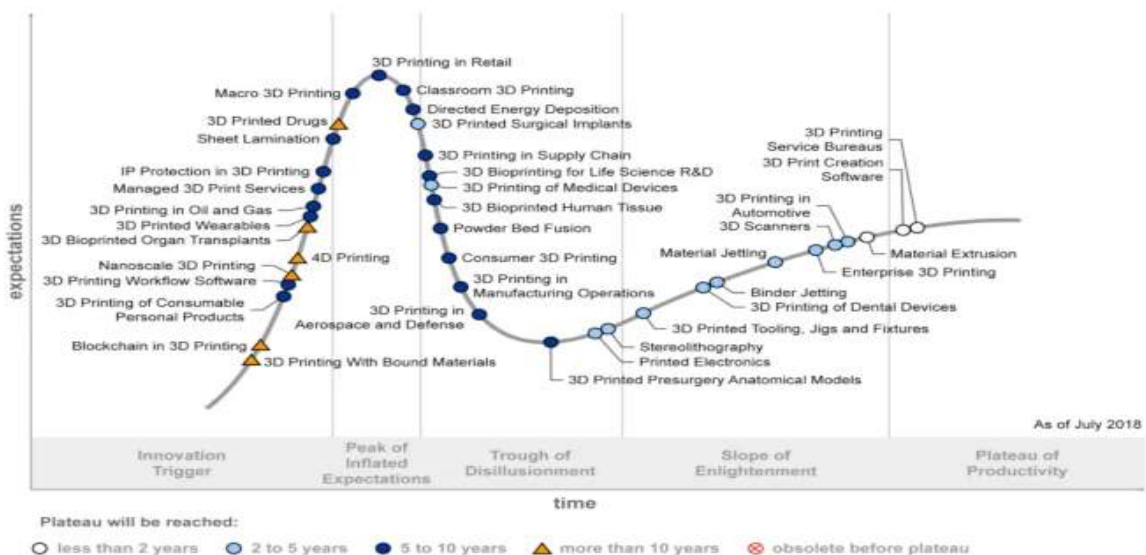
II. 3D 프린팅 동향

1 글로벌 산업 동향

◎ 주목받는 혁신 기술

- 3D 프린팅 기술은 1984년 Charles W. Hull의 특허 "Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography (US4575330 A)"에 의해 처음 소개
 - 절단/절삭 가공을 통해 특정 부분을 제거하여 형상을 만들던 기존 제조공정과 달리, 3D 프린팅 기술은 소재를 layer-by-layer 방식으로 결합하여 3차원의 형상을 만들 수 있는 장점이 있어 제조기술의 혁신 중 하나로 인정받음
- 3D 프린팅은 10년 전인 2012년부터 크게 주목을 받은 이후 세계시장 성장률 대비 매년 2~3배 이상의 성장률로 성장을 지속하고 있음
 - 타임(Time)은 2012년 최고의 발명품 26선 중 하나로, 이코노미스트(Economist)는 2012년 내연기관 컴퓨터에 이은 제3차 산업혁명의 주역으로 꼽은 바 있고, 파이낸셜타임스(Financial Times)는 같은 해 6월 인터넷보다 더 영향력이 클 것으로 예상
 - 2013년 미국 정부에 의해 미국 제조업 부흥을 위한 10대 핵심 제조 기술로 선정되어 관심이 집중된 바 있으며, MIT, 매킨지(McKinsey Global Institute), 다보스포럼의 '유망 기술 글로벌어젠다카운슬' 등에서 주목받는 기술로 선정된 바 있다.

[3D 프린팅 공정]



* 출처: Hype Cycle for 3D Printing(Gartner, 2018.06)

□ Gartner 그룹은 2018년 3D 프린팅에 대한 Hype Cycle을 발표하면서 4D프린팅 등 다양한 3D 프린팅 신기술을 포함시킴³⁾

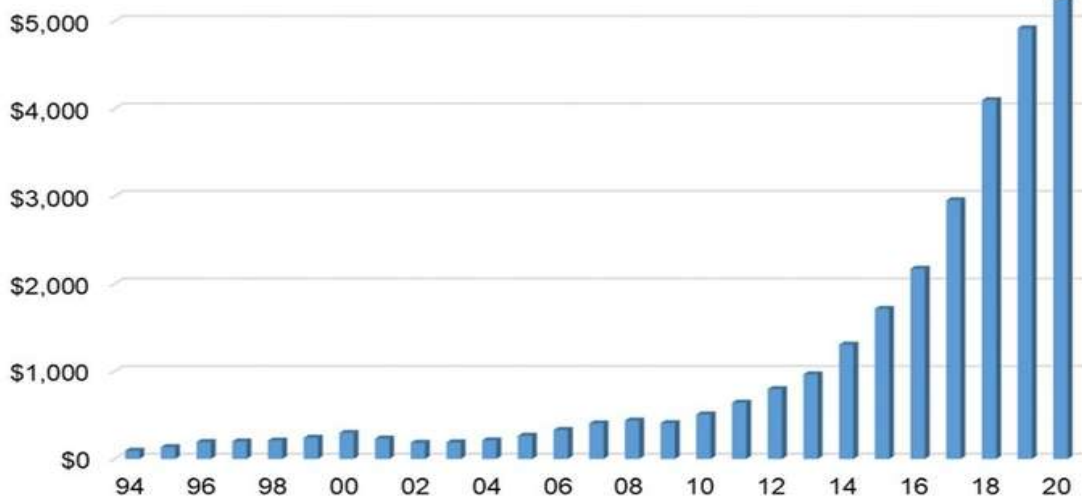
- 절단/절삭 가공을 통해 특정 부분을 제거하여 형상을 만들던 기존 제조공정과 달리, 3D프린팅 기술은 소재를 layer-by-layer 방식으로 결합하여 3차원의 형상을 만들 수 있는 장점이 있어 제조기술의 혁신 중 하나로 인정받음
- 새로 등장한 최신키텐(Innovation Trigger) 단계로 선정된 기술을 살펴보면 다음과 같음
 - 바인딩 된 재료를 사용한 3D 프린팅, 3D 프린팅의 블록체인, 개인용 소모품의 3D 프린팅, 3D 프린팅 워크플로 소프트웨어, 나노스케일 3D 프린팅, 4D 프린팅, 3D 바이오프린트 된 장기 이식, 3D 프린팅 웨어러블, 석유 및 가스 분야의 3D 프린팅, 관리형 3D 인쇄 서비스, 3D 프린팅의 IP 보호, 시트 적층

◎ 크게 성장하는 시장⁴⁾

□ 글로벌 3D 프린팅 전문협회 Wohlers Associates에 따르면, 세계 3D프린팅 산업의 규모는 2020년 128억 달러로 전년비 7.5% 성장⁵⁾

- 2019년에는 전년비 21.2% 성장한 바 있어 상대적으로 성장이 부진하였으나, 이는 코로나19에 따른 수요기업의 생산과 투자 부진에 기인한 것으로 추정
- 코로나19와 같은 공급망 리스크에 대비한 3D 프린팅 활용의 확대가 예상됨에 따라, 향후 3D 프린팅 시장은 이전 수준 또는 그 이상의 성장세를 달성할 것으로 예측

[3D 프린팅 공정]



Production of AM parts from independent service providers (in millions of dollars). Source: Wohlers Report 2021

* 출처: Wohlers Associates(2021)

3) Hype Cycle for 3D Printing(Gartner, 2018.06)

4) 제조업 3D프린팅 ‘봄’ 일다(자동화기술, 헬로티, 2021.10.26.)을 기반으로 재구성

5) 3D프린팅 산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책제언(산업연구원, 2021.07)

- 전문가들은 2020년 매출 규모 20억 달러의 산업용 프린팅 시장이 2025년 50억 달러까지 지속적으로 확대될 것으로 전망
 - 기술의 발전으로 3D 프린팅이 더 이상 소량 생산에만 국한되지 않게 되면서, 보다 많은 회사들이 3D 프린팅에 관심을 가지기 시작
- 금속 3D 프린팅 시장은 2020년 약 10억 달러의 시장을 형성
 - 전문가들은 금속 프린팅 시장이 전체 3D 프린팅 시장 평균 성장률보다 높은 성장률을 기록할 것으로 예측하고 있으며, 이는 시제품 제작에 주로 사용되는 플라스틱보다 본 제품 생산에 쓰일 수 있는 메탈 소재의 수요가 더 많기 때문
- 글로벌 3D 프린팅 시장은 전반적으로 미국과 유럽이 주도 중이나 금속 프린팅 시장만큼은 APAC 시장에서의 성장이 더 큰 것으로 나타남
 - 중국의 영향이 가장 큰데, 최근 폭발적으로 성장하고 있는 친환경 자동차 분야에 금속 3D 프린팅이 많이 적용되고 있기 때문으로 풀이되며 중국이 이끄는 APAC 시장의 성장은 자연스럽게 글로벌 금속 3D 프린팅 시장의 전체 성장과도 연결
- 플라스틱 프린팅 시장은 메탈 프린팅 시장에 비해 규모가 조금 작지만, 그래도 매년 20% 정도의 성장이 전망
 - 플라스틱 프린터 장비는 메탈 장비보다 더 저렴하다는 장점이 있다. 금속 장비에 비해 가격 대비 효율성이 뛰어나고 소재의 가격도 싸다.
 - 플라스틱 역시 항공우주, 자동차, 의료, 전기전자 등 다양한 분야에 적용되고 있고, 현재 더 다양한 분야로 쓰임새를 확장 중이다.
 - SLA, DLP, 폴리젯, 멀티젯 등 포토폴리머 기반의 프린팅 기술이 계속 발전
 - 포토폴리머는 플라스틱보다는 재료비가 약간 비싸지만 실제로 그만큼의 물성치를 가지고 있고 활용도가 계속 증가하고 있기 때문에, 전문가들은 포토폴리머 기술을 기반으로 플라스틱 시장이 성장할 것이라고 예상
- 3D 프린팅 시장 성장을 이끌 동인은 매우 다양하지만 다품종 소량생산이 필요한 시대적 요구가 가장 큰 동인
 - 그동안 기업들은 전통적인 제조방식에서는 인건비와 단가를 맞출 수 없었기 때문에 국내에 있던 공장을 중국이나 베트남 등 다른 나라로 옮기는 오프쇼어링 정책에서 자국 내 경제를 활성화하기 위해 다시 본국으로 이전하는 온쇼어링이 이슈가 부각 되면서 다품종 소량생산이 가능한 3D 프린팅이 중요한 역할을 할 것으로 기대
 - 최근 수에즈 운하 통행 중단에 따른 글로벌 물류대란과 같은 불확실성 회피를 위한 글로벌 공급망의 구조변화는 공급망 문제에 민첩하게 대응할 수 있는 하나의 해법인 3D 프린팅을 부각 시킴
 - 디지털 매뉴팩처링 환경에서 3D 프린팅은 언제 어디서든 바로 출력하여 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있어 스마트제조로 대표되는 유연생산에서의 필수 기술이며, 최근의 기술 발전은 더 중요한 부품을 3D 프린팅으로 생산하는 사례가 늘어날 수 있도록 하는 동인

2 국내 산업 현황⁶⁾

- 국내 3D 프린팅 장비·소재의 기술 수준에 대해 살펴보면, 3D 프린팅 선도국 미국과 비교하여 약 67.5%의 기술 수준을 보이고 있으며, 기술격차는 3.8년 수준으로 나타남
 - 특히, 기술 수준 개선을 위한 연구단계 역량은 기초 분야에서 보통 수준을 기록하고 있으며, 응용개발 분야에서는 우수한 평가를 받고 있지만, 미국, EU, 중국, 일본 등 5개국 중 가장 낮은 점수를 기록
 - 반면 연구개발 활동은 2.75점을 기록하며 상승하는 추세로 분석됐으나 중국, EU, 미국 등 국내보다 기술 수준이 높은 국가들보다 낮은 점수를 기록
 - 종합적으로 국내는 글로벌 3D 프린팅 산업에 있어 후발 그룹에 속해 있는 상황으로 인력양성, R&D 기반의 연구단계 역량을 강화하며 글로벌 격차를 줄일 필요성이 있다고 분석됨

[3D 프린팅 장비 및 소재 기술 수준]

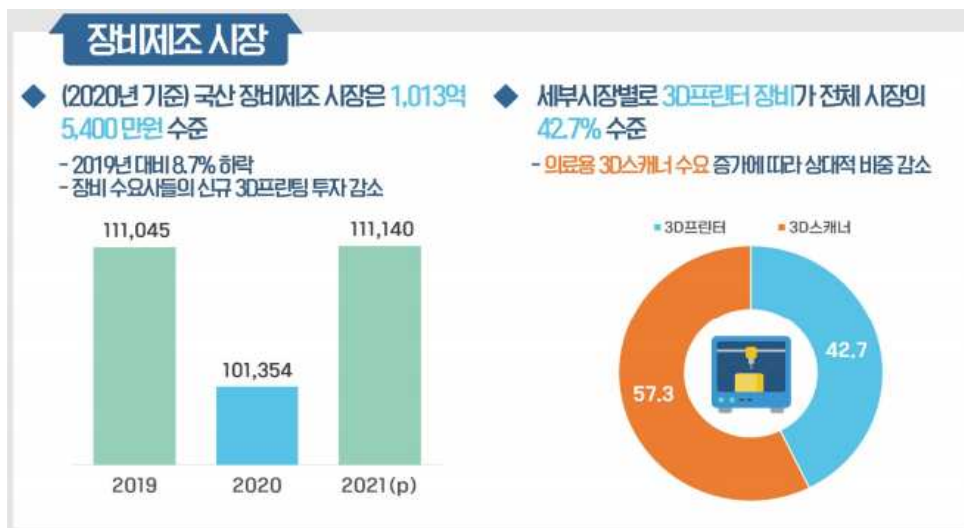
국가	기술 수준			연구단계 역량		연구개발 활동경향
	수준(%)	격차(년)	그룹	기초	응용개발	
한국	67.5	3.8	후발(2.30)	보통(3.25)	우수(3.50)	상승(2.75)
중국	80.0	2.0	추격(3.00)	우수(3.75)	우수(4.00)	상승(3.13)
일본	80.0	2.3	추격(3.10)	우수(3.88)	우수(3.63)	유지(2.38)
EU	99.5	0.3	선도(4.00)	탁월(4.88)	탁월(4.75)	상승(3.25)
미국	100.0	0.0	최고(4.00)	탁월(4.75)	탁월(4.75)	상승(3.13)

*출처: 2020년 기술수준평가(KISTEP, 2021.04)

- 2020년 국내 3D 프린팅 시장은 전 세계를 강타한 코로나19에 따라 비대면 교육 및 근무 등이 확산되고 오프라인 활동 감소 및 주요 응용산업군의 3D 프린팅 신규 투자가 감소함에 따라 2019년 대비 12.6% 하락한 4,135억 4,100만원의 시장규모를 형성
 - 2020년 국내 3D 프린터 시장은 코로나19에 따라 전반적으로 3D 프린터 장비 수요가 감소한 가운데 전년대비 16.2% 축소된 1,154억 7,400만원의 시장규모를 형성
 - 특히 3D 프린터의 판매 감소는 산업용 3D 프린터를 중심으로 진행되었으며 산업용 장비시장은 코로나19 발생에 따라 수요기업들의 자금순환이 어렵게 됨에 따라 고가의 산업용 장비에 대한 신규 구매가 줄어든 것이 시장규모 하락의 주요 원인
 - 국내 장비제조 기업들이 판매중인 3D프린터 기술방식에 대해 살펴보면 전체 76.9%에 해당하는 기업이 재료압출(MEX) 방식의 3D프린터를 판매하고 있는 것으로 나타남

6) 2021년도 3D프린팅 산업실태조사 보고서(정보통신산업진흥원, 2022. 04. 05.)과 2020년 기술수준평가(KISTEP, 2021.04)을 기반으로 작성

[국내 3D 프린팅 생태계 요약]



* 출처: 2021년도 3D프린팅 산업실태조사 보고서(정보통신산업진흥원, 2022. 04. 05.)

3 미국과 중국의 정책

- (미국) 바이든 미국 대통령은 2022년 5월 6일에 오하이오에서 미국 내 3D 프린팅 활성화를 위한 AM Forward 프로그램을 발표⁷⁾
 - AM Forward는 GE Aviation, Honeywell, Lockheed Martin, Raytheon 및 Siemens Energy같은 대형 제조업체가 미국 내 중소 중견 제조업체들이 3D 프린팅 채택을 지원하는 자발적인 협약
 - 바이든 행정부는 AM Forward를 지원하기 위해 미국 중소기업 제조업체가 3D 프린팅 채택을 지원하고 경쟁력을 높이는 데 사용할 수 있는 다양한 연방 프로그램을 지원할 것이며, 특히 소규모 제조업체들이 3D 프린팅 기술을 도입을 지연시키는 일반적인 문제를 극복하는데 중점(3D 프린터 구매 및 설치 시에 대출 지원, 인력 교육 지원 등과 같은 지원책)
 - 3D 프린팅은 다양한 표준과 공정 인증을 요구하기 때문에 미국 상무부는 NIST(National Institute of Standards and Technology)를 통해 금속 3D 프린팅의 광범위한 사용에 대한 주요 장벽을 극복하기 위해 연구를 수행할 예정
- (중국) 중국은 1980년대 말 칭화대학 레이저고속성형센터 설립(1988.10.)을 시작으로 3D 프린팅 기술에 대한 본격적인 연구개발과 상용화를 통해 무서운 속도로 성장하고 있음
 - 중국정부는 ‘중국제조 2025’를 비롯한 제조업 육성 정책을 바탕으로 제조업고도화를 추진하고 있으며 활발한 연구 개발과 특허 출원을 통해 3D 프린팅 분야의 미래 핵심 기술을 확보하는 중
 - 중국제조 2025 기술로드맵의 신소재(금속 3D 프린팅), 바이오·의약 및 고성능 의료기기 관련 내용에서 3D 프린팅 기술 개발에 관한 목표와 중점 제품, 핵심 기술 등이 제시됨
 - 공업정보화부, 발전개혁위원회 등 12개 기관이 공동으로 발표한 ‘적층제조 산업발전행동계획(2017.12.)’을 발표한 바 있으며, 조건에 부합하는 3D 프린팅 장비를 국가 중대 기술 장비에 포함시켜 지원하고 보조금을 포함한 세제 혜택을 제공하며, 경쟁력을 갖춘 해외 기업과의 경쟁에서 반독점 및 반덤핑 등의 수단을 동원해 자국 기업을 보호하고 있음

[중국 내 주요 지역의 3D 프린팅 정책 지원 내용]

국가	정책 지원 목표	정책 지원 내용	특성
베이징	3D 프린팅 기술 선진화 및 우위 선점	금융기관의 3D 프린팅 산업투자 유치, 컨설팅 서비스 지원	항공·우주, 의료기기, 디자인분야에 3D 프린팅 중점 적용
저장성	3D 프린팅 기업 육성 및 플랫폼 구축, 해외인력의 창업 장려	3D 프린팅 산업투자 유도다양한 과학기술 금융지원	항저우 지역의 3D 프린팅산업 발전
광둥성	혁신역량 제고, 제품 응용시장 확대, 혁신 플랫폼 구축	3D 프린팅 공공서비스 플랫폼등 구축, 투자 확대	중국 시장의 30%를 점유하고 있으며, 응용 범위가 넓음
산시성	3D 프린팅 산업 선두 유지	3D 프린팅 산업단지 구축항공·우주 등 응용분야 지원	3D 프린팅 기술 특허 수 1위, 국방/항공·우주산업 집적지역

*출처: 중국의 3D 프린팅 굴기와 한국의 대응 전략(과학기술정책연구원, 2019. 8. 8.)

7) 바이든 대통령, 미국 3D프린팅 활성화를 위한 AM Forward 정책 발표(3D Guru, 2022.05.10.)

4

국내 정책 동향

[국내 3D프린팅 주요 정책]

구분	구성요소	
2014. 4.	3D 프린팅 산업 발전전략	- 최초의 산업육성 전략으로 관계부처 합동으로 발표 - 수요연계형 성장기반 조성 등 4대 추진전략과 11개의 세부추진과제로 이루어짐
2015.12	삼차원프린팅산업 진흥법 제정 (2016.12월 시행)	- 3D 프린팅 산업 육성의 제도적 근거 마련 - 3년마다 3D 프린팅 산업 진흥 기본계획을 수립토록 함
2016.12	제1차 3D 프린팅 산업 진흥 기본계획 (2017~2019)	- 2019년 3D 프린팅 글로벌 선도국가 도약 비전을 제시하고 4대 추진전략과 12대 과제 제시 - (4대 전략) 신규 수요창출, 기술경쟁력 강화, 산업 확산 기반 강화, 제도적 기반 강화
2020.6	제2차 3D 프린팅 산업 진흥 기본계획 (2020~2022)	- 3D 프린팅 글로벌 5대 강국 도약 비전을 제시하고 3대 추진전략과 10대 과제를 제시 - (3대 전략) 3D 프린팅 산업현장 활용 확산, 차별적 기술력 확보, 혁신·성장 중심 산업기반 고도화

* 출처: 3D프린팅 산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책제언(산업연구원, 2021.07)을 기반으로 보완

- 우리나라는 2014년 4월 3D 프린팅 산업 발전을 위한 전략을 수립하여 관계부처 합동으로 발표하는 것을 시작으로, 2015년 12월 삼차원프린팅산업 진흥법을 제정하고 2016년 12월 시행하여 3D 프린팅 산업정책의 근거를 마련
- 3D 프린팅 진흥 전담기관으로 지정된 정보통신산업진흥원은 2016년부터 매년 3D 프린팅 산업 실태조사를 진행하고 2016년 12월 1차 기본계획, 2020년 6월 2차 기본계획을 수립
 - (3D 프린팅 산업 현장 활용 가속화) 정부 투자성과가 민간투자 확대와 기술 확산 촉진의 마중물이 될 수 있도록 한국형 성공사례 발굴 및 민간 중심 확산 지원
 - 3D 프린팅 산업현장 활용 가속화를 통해 산업 성장의 구심점, 민간 중심 시장 형성·확대 전환점 마련
 - (차별적 기술력 확보) ◆ 핵심 소재·장비·SW기술을 자립화하고, 잠재수요 및 활용가치가 높고 기술선점이 필수적인 분야의 기술력 확보에 역량 집중
 - 차별적 기술력 확보를 통한 기술·산업혁신 선순환 체계를 구축하여 국내 3D 프린팅 산업의 양적·질적 성장 실현
 - (혁신·성장 중심 산업기반 고도화) 전문인재 양성, 제조혁신과 기업성장을 위한 인프라 및 기술표준·평가체계 고도화, 법·제도 정비를 통해 혁신·성장 촉진
 - 혁신·성장 중심 산업기반 고도화를 통해 정부의 기업지원 정책효과를 제고하고, 산업생태계 내 지속적 혁신·성장 촉발

[제2차 3D 프린팅 산업 진흥 기본계획]

비전	3D프린팅 글로벌 5대 강국 도약
추진 목표	<ul style="list-style-type: none"> ◇ [산업 성장] 국내 시장규모 '18년 0.4조원 ⇒ '22년 1조원 ◇ [기술력 강화] 기술수준 '18년 79.9% ⇒ '22년 85.0% ◇ [선도기업 육성] 매출 100억 이상 기업 '18년 3개 ⇒ '22년 10개
추진 전략	<ul style="list-style-type: none"> ■ 산업현장 활용 확대로 기술 확산의 변곡점 마련 ■ 차별적 기술력 확보로 양적·질적 성장 실현 ■ 산업기반 고도화로 지속적 혁신·성장 촉발
추진 과제	
1. 3D프린팅 산업 현장 활용 가속화	<ul style="list-style-type: none"> 1-1. 시장진입 유망분야 실증 및 초기시장 창출 지원 1-2. 3D프린팅 사업화 성공모델 발굴·확산 1-3. 민간 중심 경쟁·협력체계 구축
2. 차별적 기술력 확보	<ul style="list-style-type: none"> 2-1. 소재·장비·SW 기술 자립화 2-2. 시장 지향 3D프린팅 응용기술 개발 2-3. 지능화 및 통합 플랫폼 기술 확보
3. 혁신·성장 중심 산업기반 고도화	<ul style="list-style-type: none"> 3-1. 산업밀착형 선도인재 육성 3-2. 중소기업 활용·성장 기반 고도화 3-3. 기술 표준 및 평가 체계 고도화 3-4. 법·제도 재정비

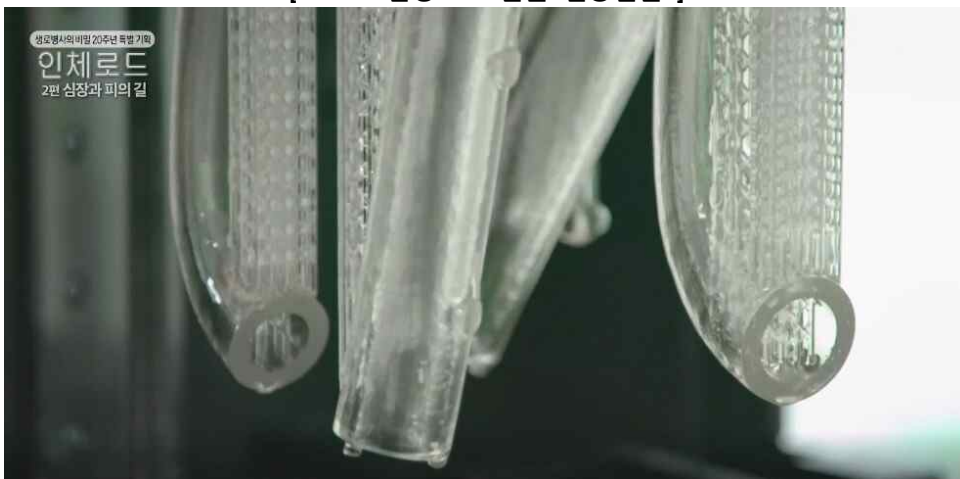
* 출처: 제2차 3D프린팅산업 진흥 기본계획 (2020~2022) (관계부처합동, 2020. 06)

III. 3D 프린팅 적용 사례 및 전망

1 의료 및 헬스케어 분야⁸⁾

- 의료 및 헬스케어 분야에서 3D 프린팅은 CT, MRI 등 환자의 개개인의 특성을 기반으로 보청기, 틀니, 의족, 인공관절, 임플란트 등 환자 신체와 꼭 맞는 보형물 및 의료기기를 제작할 수 있게 도움을 주고 있어 ‘환자 맞춤형 솔루션’을 제공하는 기술로 인정받는 중
 - 앞에서 언급한 Gartner의 3D 프린팅 Hype Cycle에서도 의료분야와 관련된 기술이 8개가 언급된 바 있으며, 수송기계 분야와 더불어 3D 프린팅 기술의 적용이 가장 활발한 분야라고 판단됨
- (시뮬레이터/수술 가이드) 인체 장기 및 해부 모델을 제공하는 시뮬레이터/ 수술 가이드는 임상 치료 및 의학 교육에서 중요한 역할을 수행하는데 3D 프린팅은 저렴한 비용으로 맞춤형 의료 모델을 신속하게 제작할 수 있는 장점
 - (Tsinghua University) Hela cells와 gelatin/alginate/fibrinogen 하이드로겔을 3D프린팅하여 제작하였으며, 2차원 세포배양에 비해 종양세포의 특성을 더 잘 드러내어 종양의 증식/ 분화/ 확산 효과적 인식에 기여
 - (Monash University) CT와 레이저 스캐너를 이용하여 실제 해부학 표본을 스캔한 후 분말/플라스틱으로 3차원 인체 해부 모델 제작하여 의과대학 혹은 병원에서 교육용 모델로 사용
 - (Spectrum Health Helen DeVos Children’s Hospital) CT와 3차원 심장초음파를 이용하여 정밀한 환자 심장 모델 개발하여 수술 절차 시뮬레이션을 통하여 잘못된 진단에 의한 합병증 감소 및 수술 계획 지원에 활용

[3D 프린팅으로 만든 인공혈관]



* 출처: 생로병사의 비밀(KBS)

8) 의료용 3D 프린팅 기술 동향(이동진, BRIC View 동향리포트, 2020)

- (애니메디솔루션) ‘애니메디솔루션’은 국내 맞춤형 수술 솔루션 전문기업으로 3D 프린팅, AR, VR, 로봇 등 다양한 첨단 기술을 적용해 환자 맞춤형 솔루션을 제공하고 있으며, 최근에는 인공혈관 등을 3D 프린팅하여 적용시켜 주목을 받음
 - 애니메디솔루션은 혈관 위치를 고려하고, 해부학적 형태를 정교하게 반영한 인조혈관을 출력해 시뮬레이션에 사용하면서 수술 시간을 줄이고 정확도를 개선하는데 성공하여 실제 2015~2019년 사이 흥복부 대동맥류 환자 20명을 대상으로 한 연구에서 사망환자가 발생하지 않았으며, 95%의 환자에서 영구적 신경학적 장애가 나타나지 않았다고 보고

- (맞춤형 의료보형물) 치과 및 정형외과에서 일반적으로 사용되는 의료보형물은 의료용 3D 프린팅 적용에서 가장 큰 시장성이 기대되는 분야로 3D 프린팅 기술은 구조 및 형상 최적화를 통해 강성이 조절된 경량의 맞춤형 임플란트를 제공
 - (맞춤형 의수/ 의족) 환자의 체형에 맞는 신체 동력 손 장치의 3D 프린팅 재료 비용은 \$20-50이고, 팔 장치의 재료비용은 \$50-150로 기존의 보형물 가격이 \$4,000~10,000임을 고려하면 매우 경쟁력 있는 가격임
 - (맞춤형 임플란트) 주로 기계적 강도 및 내구성이 우수한 티타늄 금속을 이용하여 골 이식재, 골 지지체, 인공관절 등에 활용
 - (치아 보철물) CT 혹은 3D 스캐너를 이용하여 환자의 치아구조 데이터를 획득한 후 3D 프린팅 기술을 이용하여 치아 교정 장치와 임플란트를 제작하면, 기존 보철물과 달리 일정한 품질의 제품을 저비용으로 단기간에 제작하는 것이 가능

- (조직 재생용 지지체) 조직 재생용 지지체는 손상된 인체조직을 재생시키기 위한 조직공학의 주요 분야로 체내에서 활용되기에 생체 적합성 및 생분해성이 요구되며 3차원적으로 상호 연결된 다공성 구조를 형성하는 것이 핵심

[3D 프린팅 기반 주요 지지체의 장단점]

구분	장점	단점
세라믹 기반 지지체	<ul style="list-style-type: none"> • 일반 뼈와 가장 유사한 성질을 보이며 높은 다공성, 제어된 팽윤 프로파일, 향상된 생광물화 및 골 형성 특성을 지님 	<ul style="list-style-type: none"> • 일정 이상의 하중을 견뎌야 하는 • 용도에는 적합하지 않으며 상대적으로 압축 강도가 낮고 깨지기 쉬움
하이드로겔 기반 지지체	<ul style="list-style-type: none"> • 높은 수분함량; 상대적으로 높은 인장 강도; 높은 신축성; 우수한 단백질/세포 담지력; 생체분자/약물 제어 방출 가능; 마이크로/나노 다공성 구조 	<ul style="list-style-type: none"> • 압축 강도가 낮고, 성능이 빠르게 저하됨
폴리에스터 기반 지지체	<ul style="list-style-type: none"> • 단순한 제작공정; 우수한 재현성; 친환경; 고해상도 제작 가능; 세포 균집화 및 증식 향상; 바이오세라믹 입자와 결합하여 기계적 특성 및 습윤성 개선 가능; 천연 중합체 코팅으로 세포부착 특성 향상 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오세라믹 입자가 고르지 않은 분포를 보임; 바이오세라믹 입자와 폴리에스터 사이에 결함이 발생할 수 있음 • 다공성이 높아질수록 기계적 강도가 낮아짐; 빠르게 생체분자가 방출됨

* 출처: 의료용 3D 프린팅 기술 동향(이동진, BRIC View 동향리포트, 2020)

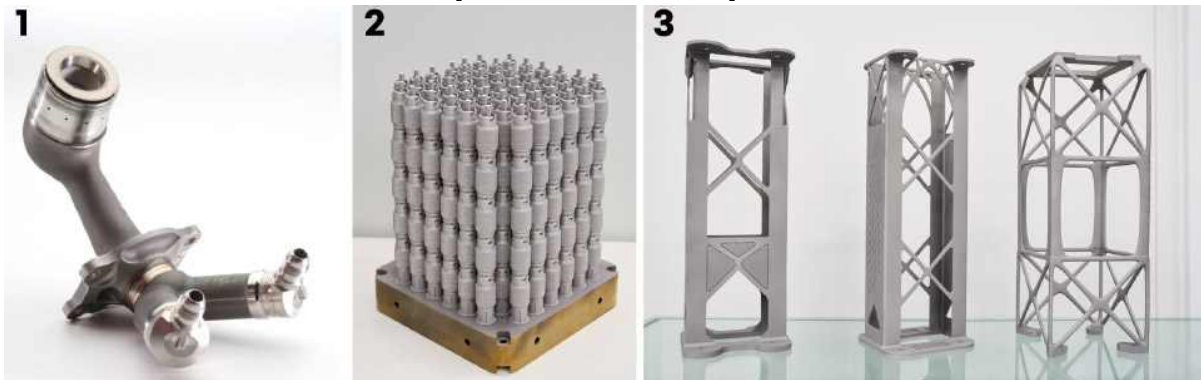
- (바이오프린팅) 3D 바이오프린팅은 기존 조직공학 기법에 비해 자동화 구축이 용이하고, 고정밀의 조직/ 장기를 제작할 수 있으며, 많은 기하학적 자유도 및 제어인자(기공 크기, 다공성, 상호 연결성)를 설정할 수 있고, 다양한 재료(단백질, DNA, 약물 등)를 프린팅 할 수 있음
 - (도야마 대학) 최초의 바이오프린팅 기술은 2008년 일본 도야마 대학의 마코토 나카무라 교수의 아이디어에서 출발
 - 잉크젯 프린터의 입자 크기가 사람 세포의 크기와 비슷하다는 점에 착안해 인체 조직이나 장기를 만드는 3D 바이오프린터를 개발
 - (Organovo) 2013년 미국의 바이오벤처기업 오가노보(Organovo)에서는 수만 개의 세포로 구성된 바이오잉크를 사용해 1cm 크기의 인공 간을 제작했으며 제약회사에 판매되어 신약개발 과정에서 발생하는 약물 독성시험 검사에 쓰이는 중
 - (3DBio Therapeutics) 2022년 미국 뉴욕의 재생의학기업인 3DBio Therapeutics는 자체 개발한 3D바이오프린팅 기술을 이용해 자신의 세포로 만든 귀를 이식하는데 성공하였으며, 그동안 귀 재건술은 플라스틱이나 금속을 재료로 쓰거나 늑골의 연골 조직을 채취해 시술했으며 본인의 몸에서 채취한 살아 있는 세포를 이용한 것은 최초의 사례
 - 귀 재건과 이식은 환자의 귀에서 연골 조직 0.5g을 채취한 후 연골세포(chondrocytes)를 분리한 뒤 배양용기에 넣어 수십억개의 세포로 증식시킨 다음 이를 콜라겐 기반의 바이오잉크와 혼합한 뒤 특수제작된 3D 바이오프린터에 주입하여 혼합액을 가늘게 압출하면서 귀 모양을 프린팅
- (국내 주요기업) 국내 기업들은 3D 프린팅 장비나 소프트웨어 개발 등 일부 한정된 분야의 기술을 보유하고 있으며, 의료용 프린팅 소재는 국내 기업 대부분이 수입에 의존
 - (메디씨이) 골 결손 부위 대체를 위한 정형용 임플란트 및 금속 소재 조직 지지체 개발
 - (시지바이오) 세라믹 3D 프린터 고도화
 - (로킷헬스케어) 3D 바이오프린터 판매: 경조직용 지지체와 연조직용 바이오잉크를 프린팅
 - (티앤알바이오팜) 세포외기질을 원료로 하는 바이오잉크 및 3D 바이오프린터 판매하는 중이며 3D 바이오프린팅 기반 환자 맞춤형 삽입형 구조체 상용화
 - (팡세) 프린팅 헤드 제어 기술 기반 3D 바이오프린터와 바이오잉크 판매
 - (EDmicBio) 신약 개발용 간, 간 질환, 근육 모델 제작 및 3D Organ-on-chips 제작 및 판매

2 수송기계 등 제조 분야

◎ 항공 분야⁹⁾

- 3D 프린팅은 소량 다품목, 맞춤형 생산에 유리해 부품 조달이나 재고 보유가 어려운 국방과 우주항공 등 특수 산업을 중심으로 활발하게 접목
 - 수요 기업들이 항공우주나 방산, 자동차 등 제조사에 몰려 있고, 자사 핵심 공정에 접목되는 기술 노하우인 만큼 사례들이 공개되지 않았을 뿐 그 수요가 빠르게 확산되고 있다는 게 전문가들의 분석
- (GE) GE는 자사가 제작하는 항공기 제트엔진의 약 35%를 금속 3D 프린팅 기술로 제작하고 있는 것으로 알려짐
 - 2014년부터 미국 앨라배마의 앨번에 대규모 생산 공장을 설립해 연간 4만 5,000개의 부품을 생산하고 있으며, 금속 3D 프린터 수백 대가 부품을 생산 중이고, 앞으로 GE사는 금속 3D 프린터를 1,000여 대까지 설치할 계획
 - GE는 2016년 전문회사를 인수해 금속 3D 프린팅 전문 자회사 'GE Additive'를 설립했고, 2018년에는 금속 3D 프린팅 양산시설까지 세워 현재까지 12만 개의 항공기 부품을 생산
 - 2020년 11월 파리에어쇼에서 GE항공은 3D 프린터를 이용해 엔진을 제작하여 운항 효율을 20% 향상시키며 독점 계약을 통해 항공기 제트엔진을 55조 원어치나 판매
- (보잉) 보잉은 3D 프린팅 항공기 부품을 최초로 상용화했는데 현재까지 7만 개의 플라스틱, 금속 부품을 양산해 항공기에 적용
 - 보잉은 2021년 스페이스X 팰콘에 탑재돼 발사된 AMOS-17 위성에 3D 프린팅으로 제작한 안테나를 적용했는데 부품 수를 57%, 제작원가를 90%가량 절감한 것으로 알려짐

[3D 프린팅 항공부품]



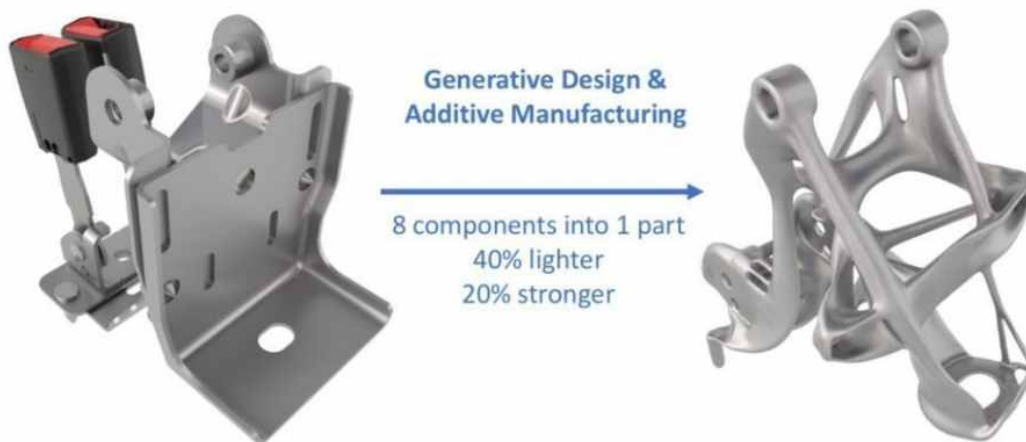
- ① GE항공이 3D 프린팅 기술을 활용해 선보인 제트 엔진용 연료분사 노즐
 - ② KAI AM센터에서 3D프린팅으로 만든 항공기 부품
 - ③ KAI가 기존 설계를 재해석하고 최적화시킨 3D 프린팅 인공위성 안테나 브라켓
- * 출처: 세계 3D 프린팅 산업의 발전과 전망(KAI 웹진, 2022. 06. 07)

9) 세계 3D 프린팅 산업의 발전과 전망(KAI 웹진, 2022. 06. 07)

◎ 자동차 분야¹⁰⁾

- 금속을 활용한 3D 프린팅 기술은 자동차 분야에서의 활용범위도 더욱 넓히고 있는 중으로 클래식카의 단종 부품의 생산이나, 경량화가 필요한 부품, 복잡한 형상을 가진 부품 등에 3D 프린팅 기술은 활용되고 있음
 - 전기 자동차에서는 배터리나 모터에서 발생하는 열을 식히기 위한 냉각부품에 3D 프린팅을 적용하여 부품의 부피를 줄이고, 여러 부품을 통합화하여 경량화하는 시도가 증가
 - 또한, 자동차의 현가장치(노면을 주행하며 생기는 충격이나 차체나 탑승자에게 전달되기 전에 흡수하여 차량의 내구성을 보존하고 탑승객의 승차감을 개선하는 역할)의 로우암(Low Arm)이나 어퍼 암(Upper Arm) 등의 경량화에 3D 프린팅 기술을 활용하는 사례도 증가

[GM의 Seat Bracket 사례]



* 출처: 자동차 분야의 금속 3D프린팅 사례(HS하이테크홈페이지, 2021. 4. 1)

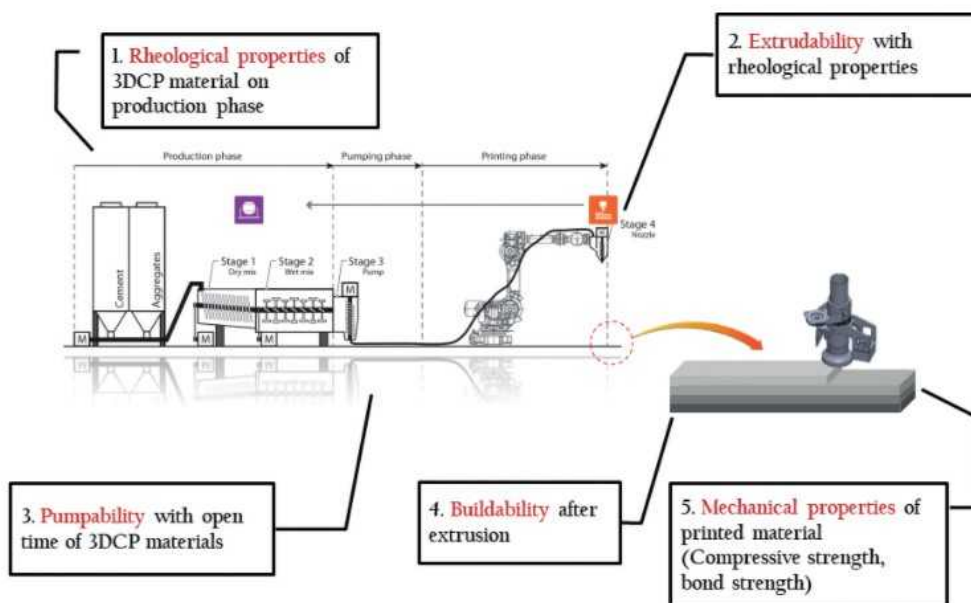
- (포르쉐) 포르쉐(Porsche)의 경우 클래식 카를 담당하는 ‘포르쉐 클래식’ 부서에서 부품 공급을 위해 3D 프린터를 활용
 - 현존하는 부품이 있을 경우 3D 스캔을 통해 데이터를 확보해 제작할 수 있고, 부품이 없을 경우에는 설계도만 있다면 생산하는 것이 가능한 것이 장점
 - 합금 부품에는 레이저 용융법을 적용하고, 플라스틱 수지 부품에는 SLS(Selective Laser Sintering) 방식을 이용
- (현대차) 현대차는 NTU(Nanyang Technological University) 싱가포르와 함께 2021년 9월부터 AI 및 적층 제조(AM) 전용 파일럿 프로젝트 4개를 시작으로 "첨단 미래 공장"을 구축할 예정
 - 자동차 부품의 맞춤화 및 전반적인 스마트 공장 운영과 같은 EV 제조에 3D 프린팅이 통합될 수 있는 방법과 인공지능을 활용한 이미지 처리 등을 연구할 예정

10) 자동차 분야의 금속 3D프린팅 사례(HS하이테크홈페이지, 2021. 4. 1)

3 건설 분야¹¹⁾

- 3D 프린팅 기술이 건설분야에 최초로 적용된 것은 2000년대 초반 서던캘리포니아 대학교(University of Southern California)의 베희록 코시네비스(Behrokh Khoshnevis) 교수가 개발한 등고선 건축술(Contour crafting) 기술
 - 건설용 3D 프린팅 기술은 이후 발전하여 2010년대부터 영국의 러프버러 대학교(Loughborough University), 네덜란드의 TU Eindhoven(이하 TU/e)를 중심으로 연구가 활발히 진행 중
 - 러시아의 Apis Cor는 2018년 단층 주택의 출력 성공 이후 2019년 높이 9.5m, 연면적 640㎡ 규모의 2층 Office를 현장에서 직접 출력하는 방식으로 건설하였다. 이를 통해 세계 최고 높이, 최대 면적의 건축물을 출력하는데 성공하였으며, 이를 통해 기네스북에 등재되는 기록을 달성
- 건설용 3D 프린터의 공정은 3P 단계(Production, Pumping, Printing)로 구성
 - 3D 프린팅 기술을 건설분야에 적용하기 위해서는 설계, 재료, 장비기술의 확보가 필수적이며, 각 기술의 유기적인 연계를 고려해야 함
 - 건설용 3D 프린팅 설계기술은 출력물을 디자인하고 상품화하는 부분, 출력물의 구조적 안전성을 확보하고 검증하는 부분, 출력물을 장비의 특성에 맞춰 기계의 준비기능을 나타내는 G코드로의 변환이 가능하도록 슬라이싱 하는 기술을 포함
 - 특히, 적층공법은 구조물에 다수의 계면이 발생하는 특징이 있는데, 이에 대한 충분한 성능과 안전성을 확보하며, 장비의 특성에 맞는 출력물을 설계하는 것은 상당히 어렵고 복잡한 과정을 포함

[건설용 3D 프린팅 공정]



* 출처: 건설 3D프린팅 기술(이호재, 한국건설기술연구원, 2021.02.26.)

11) 건설 3D프린팅 기술(이호재, 한국건설기술연구원, 2021.02.26.)

- (건설용 3D 프린팅용 장비) 건설용 3D 프린터는 갠트리(Gantry) 로봇 형식의 장비가 주로 개발됐는데, 이는 장비의 정확하고 정밀한 제어가 쉬우며, 특히 기존 소형 3D 프린터 장비가 갠트리 로봇 형식으로 제작됐기 때문에 기술의 응용이 수월했기 때문
 - 건설용 3D 프린터 장비의 형식으로 가장 선호됐던 갠트리 로봇은 현장 기초면에 레일을 설치하여 레일위에서만 이동이 가능한 단점이 있으며, 출력물의 면적이 장비의 규모보다 커질 수 없으므로, 출력되는 구조물의 크기를 제한한다는 큰 단점이 존재
 - 최근 크레인형식, 로봇 팔 형식의 프린터는 장비는 갠트리 로봇과 비교하여 경량화가 가능하고 현장이동이 쉬워 최근 건설용 3D 프린터로 선호되는 장비

[건설용 3D 프린팅 장비]

(갠트리)



(크레인)



(로봇팔)



* 출처: 건설 3D프린팅 기술(이호재, 한국건설기술연구원, 2021.02.26.)

- (건설 3D 프린팅용 재료) 건설 3D 프린팅용 재료로는 50% 이상 널리 쓰이는 콘크리트 외에 메탈 혼합재료 등 다양한 재료가 적용 중
 - 이탈리아의 D-shape의 경우 결합제분사방식(Binder jetting) 방식을 이용해서 콘크리트와 메탈의 혼합재료로 출력
 - 프랑스 Batiprint3D의 경우, 우레탄폼을 이용해서 거푸집을 출력하는 방식으로 적용
 - 이탈리아의 WASP는 친환경 재료인 진흙을 이용하여 3D 프린팅을 시도
- (범용화를 위한 선결과제) 향후 건설용 3D 프린팅 기술의 지속적인 발전은 시공현장인력 투입 규모 축소를 통한 안전성 확보, 시간적 제약에서 벗어난 연속 시공으로 공기단축, 비정형 구조물의 출력 용이성을 바탕으로 한 거푸집 제작비용 절감 등 사회적, 경제적인 긍정적 효과 증대를 통해 건설 산업에 혁신적인 바람을 불러일으킬 것으로 예상
 - 3D 프린팅 시공법은 기존의 시공기술 보다 더욱 정확하고 정밀하게 이동해야 하는 특징을 갖고 있는데, 허용 공차가 수 mm 수준으로 매우 고정밀도를 요구
 - 만약 설계된 이동 경로에서 벗어나면 출력물에는 예상치 못한 결함이 발생할 수 있고, 최악의 상황에서는 이미 출력된 부재와 장비의 충돌로 인해 안전사고를 포함한 시공의 실패로 이어질 수 있기 때문에 높은 정확도와 정밀도를 필요로 함

4 패션 및 식품 분야

◎ 패션 분야¹²⁾

- 요즘 패션계에서 주목받는 제조 방식은 ‘온디맨드(On-demand)’로 기존의 대량생산과는 달리 주문이 들어오면 주문서를 공장에 보내고, 만들어진 제품은 창고를 거칠 필요 없이 즉시 주문한 고객에게 배송해주는 시스템을 말하고 ‘재고 없는 리테일’ 방식이라고 부르기도 함
 - 앞으로 3D 프린팅 패션은 개인 맞춤형 디자인과 변형의 용이성, 온라인 상에서 구매와 판매가 동시에 가능하다는 장점에 힘입어 신진 디자이너들의 창업에 유리할 것으로 예측
 - 추후 가정용 3D 프린터의 보급이 진행된다면 개인화된 맞춤형 의류를 보다 저렴한 가격으로 이용할 수 있게 될 것으로 전망
- (아마존) 세계 최대의 전자상거래업체 아마존은 3D 이미지 스타트업 바디랩스(Body Labs)를 인수하는 등 온디맨드 패션에 진출하고 이후 ‘메이드 포유(Made for you)’라는 맞춤형 티셔츠 제작 서비스를 출시
 - 메이드 포유는 소비자의 신장, 체중, 체형과 2장의 사진만 제공하면 티셔츠를 모델링해 개인이 원하는 다양한 조건별로 맞춤화 할 수 있는 개인화된 서비스를 제공
 - ‘메이드 포유’는 소재 종류, 색상, 길이, 네크라인 등 모든 세부 요소를 원하는 대로 지정할 수 있고, 비용은 단돈 25달러
- (아디다스) 아디다스는 미국 실리콘밸리에 위치한 카본(Carbon)사와 협력해 카본 사의 3D 프린트 기술을 더한 새로운 신발 모델 ‘퓨처크래프트 4D(Futurecraft 4D)’를 제작
 - 2016년 말 처음 아디다스와 카본 사가 파트너십을 체결했을 때는 신발 한 쌍의 미드 솔을 제작하는 데 90분이 걸렸지만, 점차 기술이 발전하면서 26분으로 시간을 대폭 단축
 - 아디다스의 ‘퓨처크래프트 4D’는 세계 최초 빛과 산소로 만들어진 미드솔이 특징으로, 몰딩을 없앤 3D 프린팅 방식에 따라 대량생산이 가능한 점이 크게 주목 받았고, 고정된 규격의 기성 제품이 아닌 각 개인의 발 크기나 니즈에 맞춘 제품이라는 것도 특징
- (얀네 키타넨) 유명한 디자이너인 얀네 키타넨의 ‘잃어버린 짐’ 프로젝트는 여행을 떠날 때 무거운 짐을 챙기는 대신 3D 프린터로 휴가지에서 필요한 물건(옷, 신발, 핸드백 등)을 프린트해서 사용할 수 있게 한 취지의 프로젝트
 - 실제 이 프로젝트에서 공개된 스웨터, 원피스, 신발, 선글라스, 시계 등은 3D 프린팅 아이템들로 모두 실생활에서 바로 사용해도 될 만큼 정교하게 제작됨

12) 신도리코 블로그의 내용을 토대로 작성

IV. 결론 및 시사점

- 3D 프린팅이란 적층가공(Additive Manufacturing)이라고도 불리며, 원하는 3D설계 데이터를 만들고 이를 2D 단면 데이터로 분할한 후, 분할된 단면 데이터에 따라 특정 소재를 한 층씩 적층하여 구조물, 부품 등 3D 물체를 제작하는 활동을 의미
 - 절단/절삭 가공을 통해 특정 부분을 제거하여 형상을 만들던 기존 제조공정과 달리, 3D 프린팅 기술은 소재를 layer-by-layer 방식으로 결합하여 3차원의 형상을 만들 수 있는 장점이 있어 제조기술의 혁신 중 하나로 인정받음
 - 타임(Time)은 2012년 최고의 발명품 26선 중 하나로, 이코노미스트(Economist)는 2012년 내연기관 컴퓨터에 이은 제3차 산업혁명의 주역으로 꼽은 바 있고, 파이낸셜타임스(Financial Times)는 같은 해 6월 인터넷보다 더 영향력이 클 것으로 예상
 - 글로벌 3D 프린팅 전문협회 Wohlers Associates에 따르면, 세계 3D 프린팅 산업의 규모는 2020년 128억 달러로 전년비 7.5% 성장

- 2020년 국내 3D 프린팅 시장은 4,135억 4,100만 원의 시장규모를 형성
 - 국내 3D 프린팅 장비·소재의 기술수준에 대해 살펴보면, 3D 프린팅 선도국 미국과 비교하여 약 67.5%의 기술 수준을 보이고 있으며, 기술격차는 3.8년 수준으로 나타남
 - 우리나라는 2014년 4월 3D 프린팅 산업 발전을 위한 전략을 수립하여 관계부처 합동으로 발표하는 것을 시작으로, 2015년 12월 삼차원프린팅산업 진흥법을 제정하고 2020년 6월 2차 기본계획을 수립

- 3D 프린팅은 의료, 제조업, 건축, 패션 등 매우 다양한 분야에서 산업적으로 성공사례를 만들고 있으나 국내의 경우는 적용 사례가 한정되어 있음
 - 의료 및 헬스케어 분야에서 3D 프린팅은 환자 개개인의 특성을 기반으로 맞춤형 보형물, 수술가이드, 바이오프린팅 등 다양한 분야에서 용처를 확대 중이며, 기존제품 대비 품질과 가격면에서 장점을 보유하고 있어 향후 가장 기대되는 분야
 - 3D 프린팅은 소량 다품목, 맞춤형 생산에 유리해 부품 조달이나 재고 보유가 어려운 국방과 우주항공 등 특수 산업과 자동차 분야에서의 활용범위도 더욱 넓히고 있는 중으로 경량화가 필요한 부품, 복잡한 형상을 가진 부품 등에 적극적으로 활용되고 있음
 - 건설용 3D 프린터는 장비, 소재 등의 발전에 따라 그 범위가 확대 중이며, 시공현장인력 투입규모 축소를 통한 안전성확보, 시간적 제약에서 벗어난 연속시공으로 공기단축, 비정형 구조물의 출력 용이성을 바탕으로 한 거푸집 제작비용 절감 등 사회적, 경제적인 긍정적 효과 증대를 통해 건설 산업에 혁신적인 바람을 불러일으킬 것으로 예상
 - 패션이나 식품분야에서도 3D 프린팅을 활용한 실험적인 시도가 많이 나타나고 있으며, 탄소중립이 강화됨에 따라 더욱 활용이 증가할 것으로 예상

- 앞의 여러 사례에서 보듯이 3D 프린팅은 교육용이 아닌 산업용으로 여러 분야에서 확대되고 있으나 아직 국내의 산업 적용은 해외에 비해 매우 부족한 실정으로 국내 3D 프린팅 산업 활성화를 위한 노력이 매우 필요
 - 유망분야 실증 확대를 위해 각 적용 산업 분야에 맞는 평가 방안을 위한 제도적 개선과 관련 전문기관들의 협력이 필요
 - 새로운 수요군을 발굴하기 위해서는 소재 R&D에 기반 한 완제품 적용 사업화 지원이 특별히 필요하고, 현재 부족한 금속소재 3D 프린팅이 더 확대되어야 함
 - 사업화 성공모델 발굴을 위해 적용 가능 산업에 대한 기술적용 R&D를 확대할 필요
 - 민관 협력체계 구축을 통해 응용산업군에 3D 프린팅 활용 확대가 필요

- 국내 3D 프린팅 기술력 확보를 위해서는 3D 프린팅 기술 자립화, 시장 지향형 응용기술 개발 및 통합 플랫폼 구축이 필요
 - 기술력확보를 위한 가장 중요한 문제 중 하나는 전문인력의 양성 및 유치이며 이를 위해 대학에 3D 프린팅 관련학과 신설 등 교육환경의 강화가 필요
 - 3D 프린터에 대한 오퍼레이션 수준을 넘어 엔지니어적인 지식을 갖춘 인재의 육성이 매우 중요하며, 하드웨어 뿐 아니라 소프트웨어적인 역량을 갖춘 인재가 필요
 - 기술 자립화를 위해 고부가가치를 창출할 수 있는 소재 R&D 확대가 필요하며 이를 위해 원천 기술 분야에 대한 연구비 지원의 확대도 필요
 - 시장지향형 응용기술을 개발하기 위해서는 수요연계 기반의 R&D 확대를 통해 응용산업별 맞춤형 소재 개발이 진행되어야 함
 - 원활한 3D 프린팅 공정을 위한 통합 SW플랫폼 구축 등 통합 플랫폼에 대한 기술력 확보가 필요

- 국내 시장은 협소하여 대형 수요처가 부족한 관계로 대부분이 영세한 3D 프린팅 관련 업계에서 선제적인 투자가 어려운 실정임을 감안하여 정부의 적극적 지원이 필요
 - 원천기술 분야와 선도 응용분야 발굴 등에 대한 연구비 지원 확대가 필요
 - 국내 시장의 마중물 역할을 위한 공공주도의 수요진작 프로그램 확대 등 정책적 지원이 절실
 - 3D 프린팅 관련 표준화와 인증제도를 마련하여 불필요한 투자 억제와 개발 방향성 제시 필요

참고문헌

1. 3D프린팅 산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책제언(산업연구원, 2021.07)
2. 제2차 3D프린팅산업 진흥 기본계획 (2020~2022) (관계부처합동, 2020. 06)
3. 3차원(3D) 프린팅 기술을 활용한 맞춤형 제품개발 증가(특허청, 2021.11.2.)
4. ISO/ASTM 52900 표준에 기반한 적층 제조 용어의 한글화(이인환 등, 한국정밀공학회지, 2020. 10)
5. 의료용 3D 프린팅 기술 동향(BRIC View 동향리포트, 2020-T38, 2020.)와 3D프린터의 변천을 재구성
6. Hype Cycle for 3D Printing(Gartner, 2018.06)
7. Wohlers Associates(2021)
8. 제조업 3D프린팅 ‘붐’ 일다(자동화기술, 헬로티, 2021.10.26.)
9. 3D프린팅 산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책제언(산업연구원, 2021.07)
10. 2021년도 3D프린팅 산업실태조사 보고서(정보통신산업진흥원, 2022. 04. 05.)
11. 2020년 기술수준평가(KISTEP, 2021. 04)
12. 2021년도 3D프린팅 산업실태조사 보고서(정보통신산업진흥원, 2022. 04. 05.)
13. 중국의 3D 프린팅 굴기와 한국의 대응 전략(과학기술정책연구원, 2019. 8. 8.)
14. 바이든 대통령, 미국 3D프린팅 활성화를 위한 AM Forward 정책 발표(3D Guru, 2022.05.10.)
15. 3D프린팅 산업의 가치사슬별 경쟁력 진단과 정책제언(산업연구원, 2021.07)
16. 제2차 3D프린팅산업 진흥 기본계획 (2020~2022) (관계부처합동, 2020. 06)
17. 생로병사의 비밀(KBS)
18. 의료용 3D 프린팅 기술 동향(이동진, BRIC View 동향리포트, 2020)
19. 세계 3D 프린팅 산업의 발전과 전망(KAI 웹진, 2022. 06. 07)
20. 자동차 분야의 금속 3D프린팅 사례(HS하이테크홈페이지, 2021. 4. 1)
21. 건설 3D프린팅 기술(이호재, 한국건설기술연구원, 2021.02.26.)
22. 신도리코 블로그