



4차 산업혁명 신산업 기술 이해

4차 산업혁명과 3D 프린팅



한국기술교육대학교
온라인평생교육원

학습내용

- > 3D 프린팅의 정의
- > 3D 프린팅의 역사
- > 3D 프린팅 종류 및 원리
- > 3D 프린팅 활용
- > 4차 산업에서의 3D 프린팅

학습목표

- > 3D 프린팅 기술을 이해하고 설명할 수 있다.
- > 3D 프린팅의 역사에 대해 말할 수 있다.
- > 3D 프린팅의 종류와 원리에 대해 설명할 수 있다.
- > 현재 3D 프린팅이 활용되고 있는 분야에 대해 설명할 수 있다.
- > 4차 산업혁명과 3D 프린팅 기술의 역할에 대해 설명할 수 있다.



3D 프린팅의 정의

1. 3D 프린팅의 정의

- 기존에 우리가 사용하고 있는 종이프린터의 개념을 그대로 적용하여, 높이 방향으로 겹쳐서 인쇄해 3차원의 물체를 제작하는 기술
- 사전적 정의
 - 사물이나 그림 등 3차원으로 설계된 데이터를 기반으로 다양한 원료를 프린트해 입체적인 형태를 만들어 내는 기술
 - 같은 의미 : Additive Manufacturing, Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Solid Fabrication

2. 전통적인 제조방식 VS 3D 프린팅

① 전통적인 제조방식

- 만들려고 하는 형태보다 큰 원소재를 가지고 각종 절삭 기술(선반, 밀링, 연삭, 방전)을 통해서 깎아가는 방식

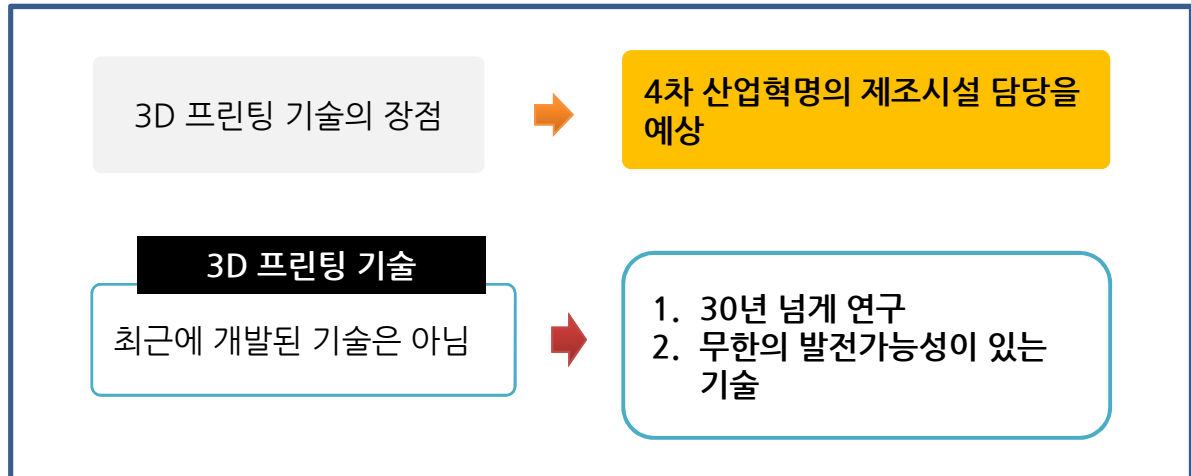
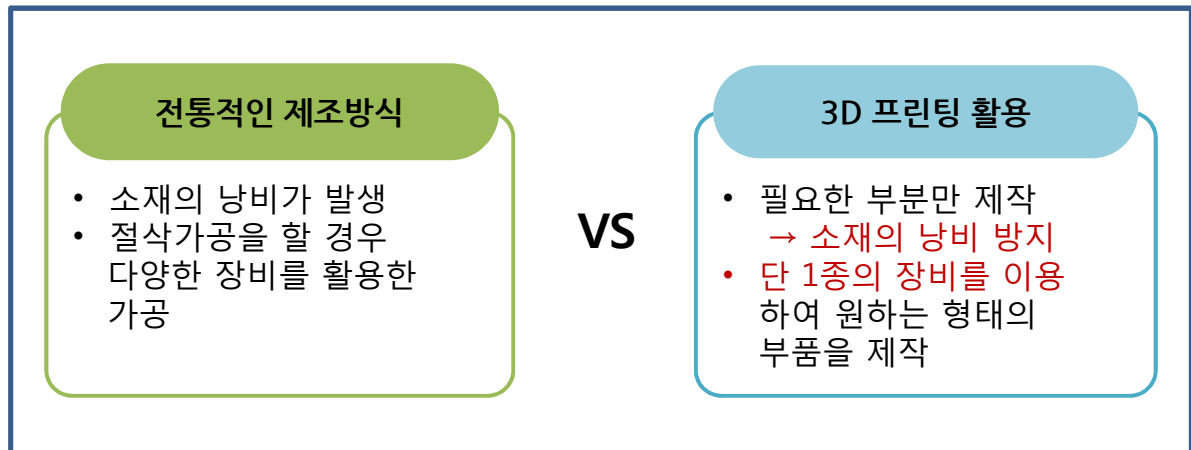
② 3D 프린팅

- 전통적인 제조방식과 반대의 개념
- 원소재를 쌓아가면서 제작하는 기술



3D 프린팅의 정의

2. 전통적인 제조방식 VS 3D 프린팅

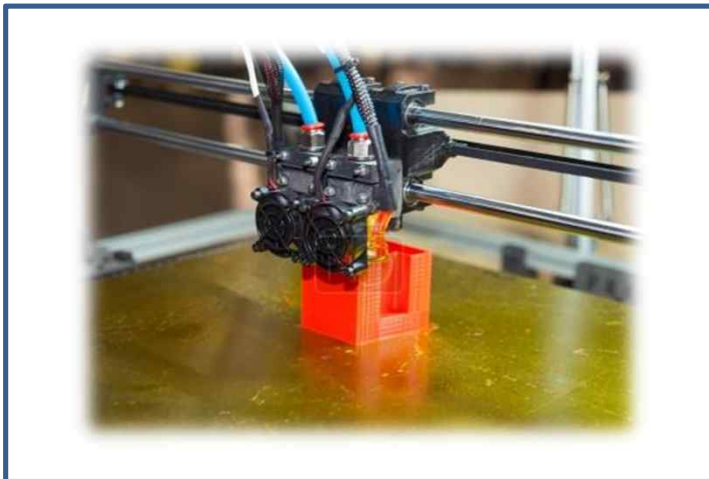




3D 프린팅의 정의

3. 3D 프린팅의 요소

- ① 3D 모델링
 - ② 3D 프린터
 - ③ 슬라이싱 소프트웨어
 - ④ 3D 프린팅 소재
 - ⑤ 적층 기술
 - ⑥ 고체화 기술
 - ⑦ 후처리 방법
- 3D 프린팅의 핵심기술
 - 독자적인 적층 기술
 - 액상 및 파우더 재료를 고체화하는 기술



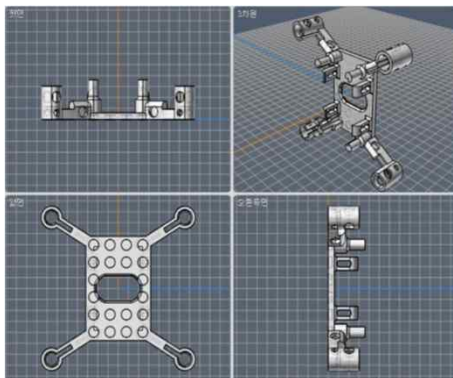


3D 프린팅의 정의

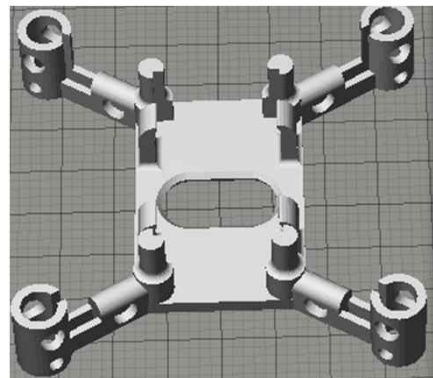
4. 3D 프린팅의 절차



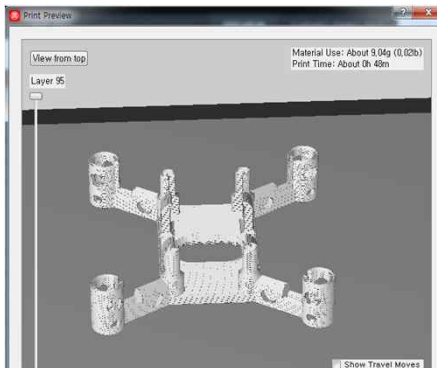
[제작하고자 하는 정확한 3D 모델링]



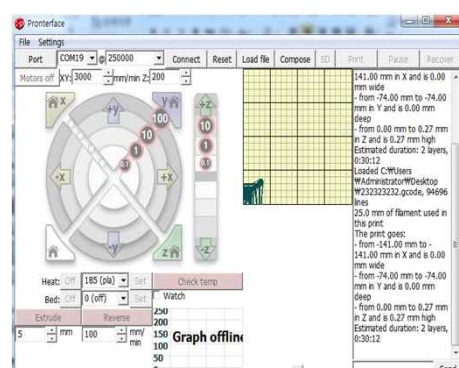
CAD 컴퓨터의 모델링 디자인



3D 스캐닝 시스템



프린터 선택



슬라이싱 파일로 변환 후 인쇄



3D 프린팅의 역사

1. 최초의 3D 프린팅 기술

- 히데오 코마 [나고야시공업연구소]
 - 지금의 3D 프린팅 방법을 생각한 사람
 - 1981년 발표한 기술 보고서를 통해서 이론적인 부분들을 문서화
 - 광경화성 폴리머를 가지고 3차원의 형상을 자동으로 만들어 주는 기술적인 아이디어 이론 → 상용화 시키지 못함

2. 최초의 3D 프린팅 상용화

① 찰스 헐 [미국]

- 3D 시스템즈 창립
- SLA-1 3D 프린터 출시, 판매
- 현재 세계에서 두 번째로 많은 3D 프린터를 판매하는 기업으로 성장
- SLA 방식의 프린팅으로 최초로 제작한 물건은 아내에게 선물로 줄 찻 잔

② 척 헐

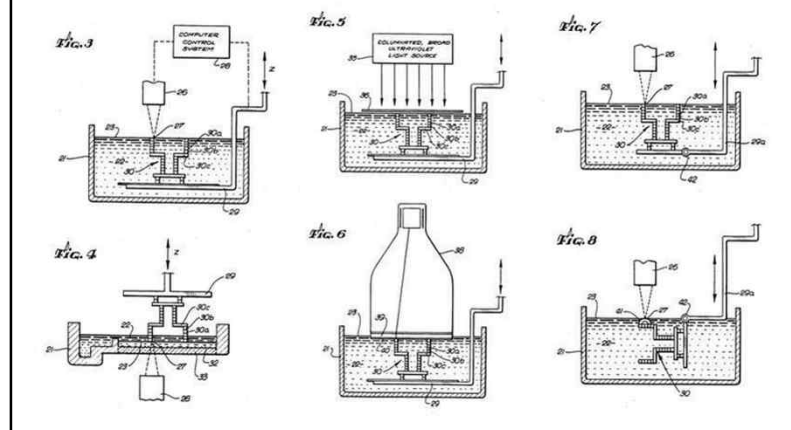
- 다니던 가구회사에서 자외선을 통해 플라스틱 판을 경화시키는 공정을 보고 아이디어를 얻어 3D 프린팅 기술을 개발하고 특허까지 출원



3D 프린팅의 역사

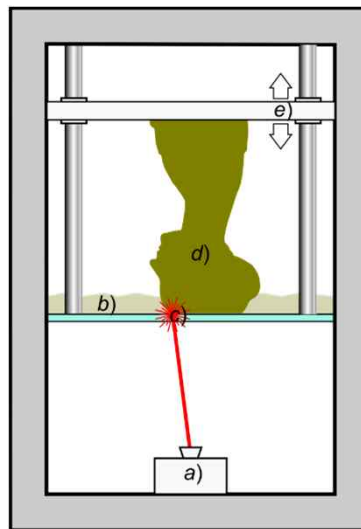
2. 최초의 3D 프린팅 상용화

[척 혈이 개발한 3D 프린팅 기술]



<특허번호: US 4575330 A>

[SLA 방식]



- SLA 방식은 액상의 수지를 빛에 노출시켜 노출된 부분만 경화되는 기술을 활용하여 프린팅 하는 기술
- 3D 프린팅의 독보적인 기술로 보임
- 몇 년 후에 경쟁할 만한 기술이 등장

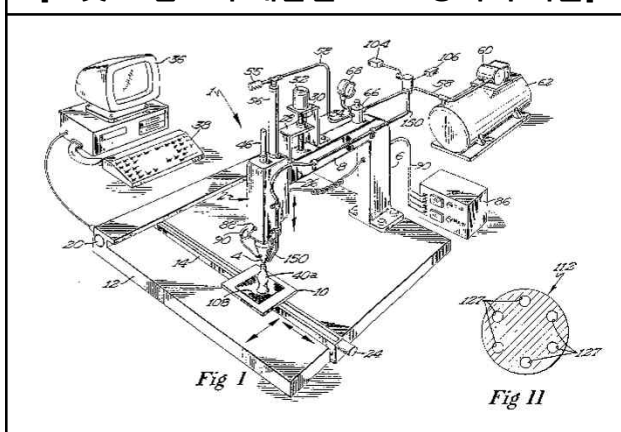


3D 프린팅의 역사

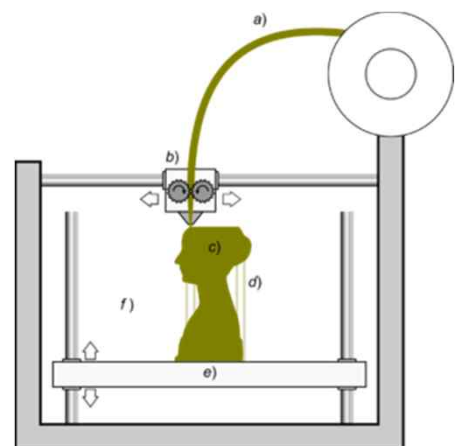
3. 경쟁기술의 등장

- 현재 우리가 주변에서 가장 쉽게 볼 수 있는 FDM 방식의 3D 프린팅 기술
- FDM 방식의 기술은 스트라타시스의 회장인 스콧 크럼프가 개발한 방식
- 스트라타시스는 현재 전세계에서 가장 많은 마켓을 가지고 있는 기업
- 딸에게 글루건을 이용해 장난감을 만들어 주는 과정에서 아이디어를 얻어 FDM 방식을 개발
- FDM 방식은 작은 노즐에 와이어 형태의 재료를 넣어 가열하는 3D 프린팅 기술
- SLA 방식에 비해서 작은 비용으로 제작이 가능
- 재료 관리가 쉬워 널리 이용되고 있는 방식

[스콧 크럼프가 개발한 FDM 방식의 기술]



[FDM 방식]



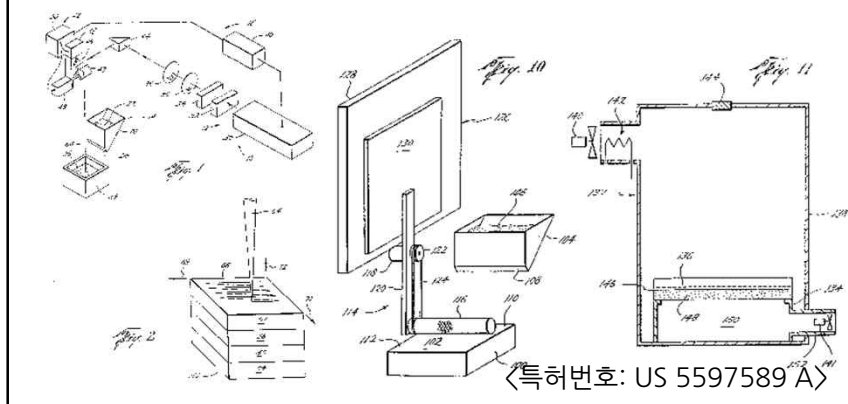


3D 프린팅의 역사

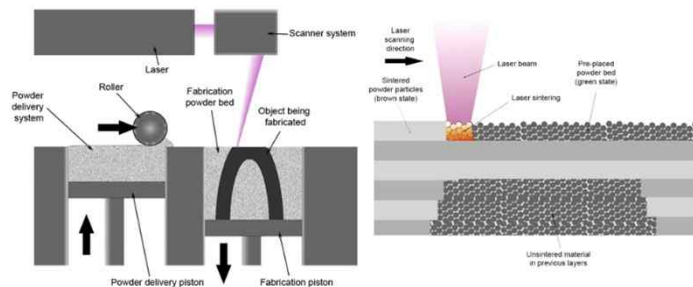
4. 다양한 소재의 3D 프린팅 기술 개발

- 플라스틱 소재가 아닌 금속에 대한 3D 프린팅 기술이 개발되기 시작
- 1994년에 SLS 방식이 특허 출원
- 텍사스 대학에서 기술 개발

[1994년 SLS 방식이 특허 출원]



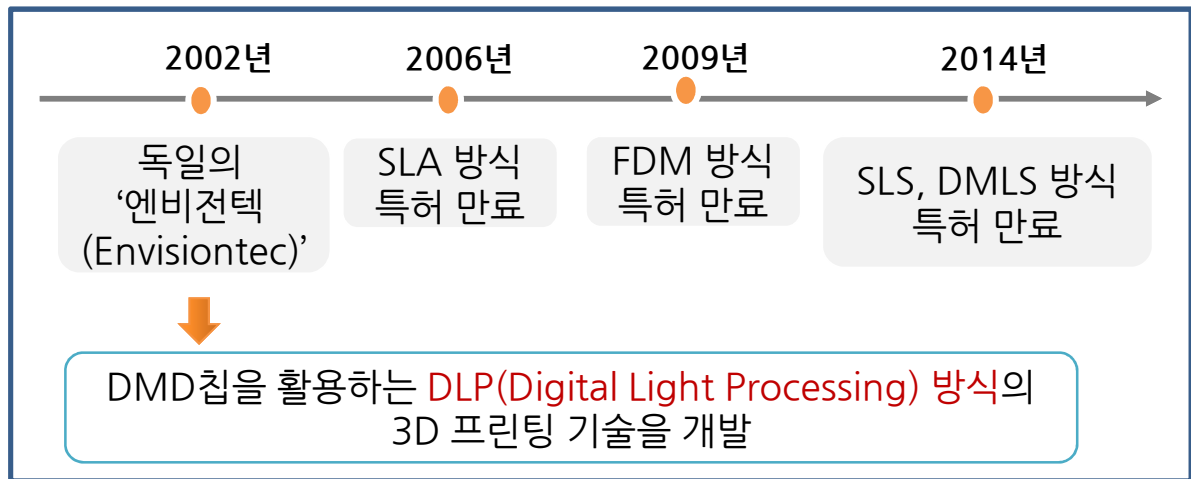
[SLS 방식]





3D 프린팅의 역사

4. 다양한 소재의 3D 프린팅 기술 개발



1) 3D 프린터를 제작하는 기업이 급격하게 증가된 큰 요인

- 2005년 영국의 아드리안 보이어가 '랩랩프로젝트'를 통해 3D 프린팅을 직접 제작할 수 있는 오픈소스를 제공
- PolyJet, PBP, MJM, DED, DMD, SLM, DMT 등의 방식들 개발
 - PolyJet(Photopolymer Jetting Technology)
 - PBP(Powder Bed & inkjet head 3D Printing)
 - MJM(Multi Jet Modeling)
 - DED(Directed Energy Deposition)
 - DMD(Direct Metal Deposition)
 - SLM(Selective Laser Mating)
 - DMT(Laser Aided Direct Metal Tooling)



3D 프린터의 종류 및 원리

1. 3D 프린팅의 표준 분류

명칭	기술분류	설명	재료
Binder Jetting	<ul style="list-style-type: none"> • 3DP(CJP) • Ink-jetting • S-printer • M-printer 	파우더 형태의 재료를 접착제를 분사시켜 결합하여 물체를 형성	금속, 폴리머, 세라믹
Material Jetting	<ul style="list-style-type: none"> • PolyJet • Ink-jetting • Thermojet • MJM(MJP) 	액상재료를 프린팅 노즐을 통해 분사시켜 자외선으로 경화하여 물체를 형성	폴리머, 왁스
Material Extrusion	<ul style="list-style-type: none"> • FDM(FFF) 	고체 재료를 열을 이용해 노즐로 분사시켜 물체를 형성	폴리머, 나무 등
Direct Energy Deposition	<ul style="list-style-type: none"> • Direct Metal Deposition • Laser Deposition • Laser Consolidation • Electron Beam Direct Melting 	레이저나 전자빔으로 재료를 직접 증착 또는 녹여 형성	금속(파우더), 와이어
Powder Bed Fusion	<ul style="list-style-type: none"> • DMLS(DMP) • SLM • EBM • SLS 	파우더 재료를 베드위에 놓고 레이저나 전자빔을 조사하여 선택적 소결하는 방식	금속, 폴리머, 세라믹
(Vat) Photopolymerisation	<ul style="list-style-type: none"> • SLA • DLP 	광이나 레이저 조사로 액상재료를 경화하여 물체를 형성	폴리머, 세라믹
Sheet Lamination	<ul style="list-style-type: none"> • Ultrasonic consolidation • LOM 	얇은 필름 형태의 재료를 칼이나 레이저로 잘라서 접착제로 붙여 물체를 형성	Hydrids, Metallic, 세라믹

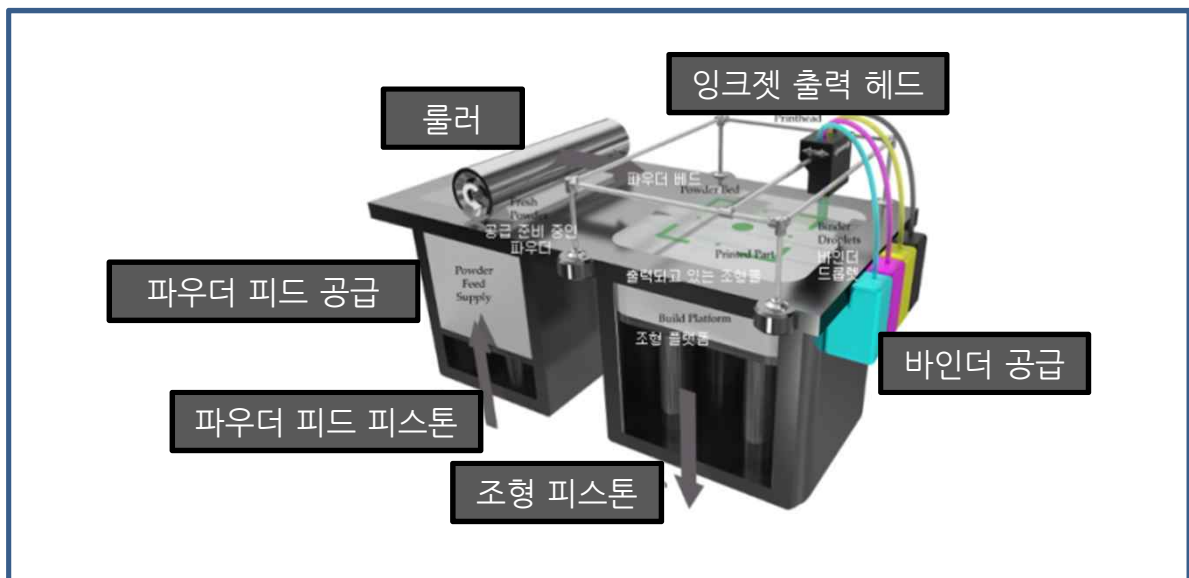


3D 프린터의 종류 및 원리

2. 3D 프린터의 원리

1) 바인더 젯팅(Binder Jetting)

- 풀이나 본드를 활용하여 3차원 물체를 제작하는 방식
- 원소재인 파우더를 균일하게 쌓은 다음, 3차원 형상에 필요한 부분에만 잉크를 인쇄하듯이 바인더를 뿌려주고, 이후 굳어지게 되면 바인더가 뿌려지지 않은 곳은 분말상태를 유지하고 뿌려진 부분만 고체 형태로 남아있게 되는 방식의 3D 프린팅 기술.



① 장점

- 금속, 폴리머, 세라믹 등 다양한 소재를 활용

② 사용분야

- 디자인 검토용 목업 제작
- 세라믹을 이용하는 경우 주조에 사용되는 몰드로 사용

③ 대표기술

- 3DP, ink-jetting, S-printer, M-printer

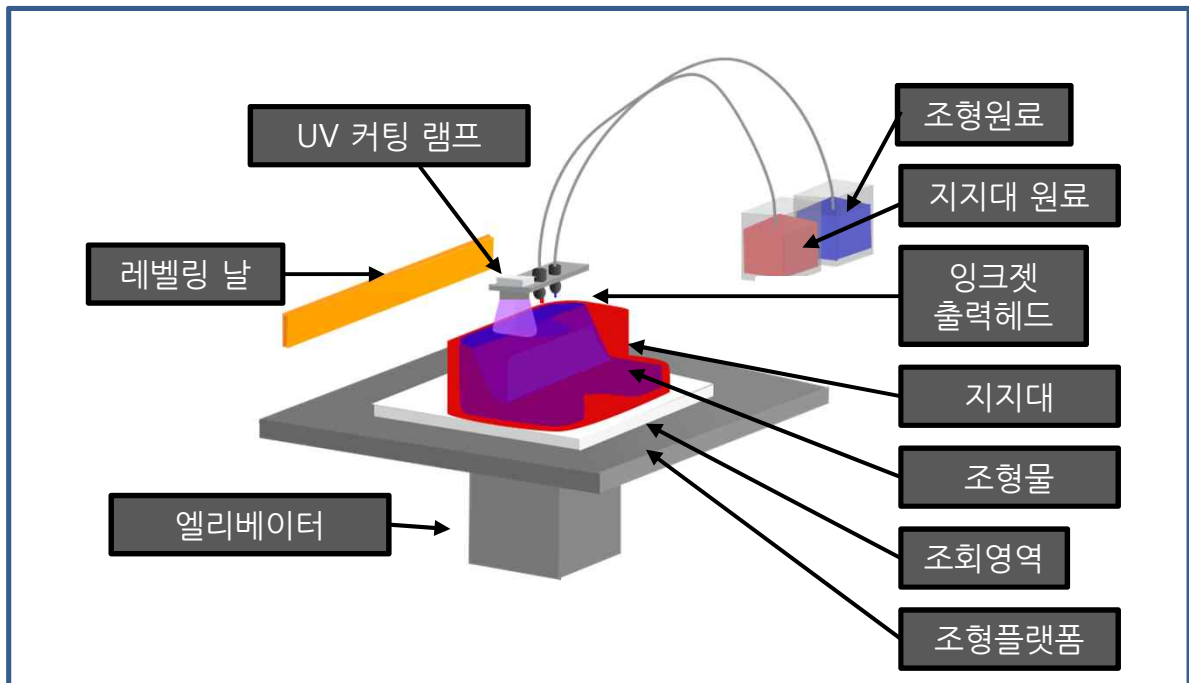


3D 프린터의 종류 및 원리

2. 3D 프린터의 원리

2) 머티리얼 젯팅(Material Jetting)

- 우리가 일반적으로 사용하는 잉크젯 프린터와 가장 유사한 형태
- 무수히 많은 미세한 노즐을 통해서 액체상태의 광경화성 소재를 플랫폼 위에 뿌려주고 자외선을 이용하여 고체화 시키는 방식



- 장점
 - 미세한 노즐을 사용하여 정교한 형태의 3D 부품을 얻을 수 있음
 - 액상수지를 변경하여 다양한 소재의 부품 사용이 가능
- 단점
 - 광경화성수지만 제작 가능

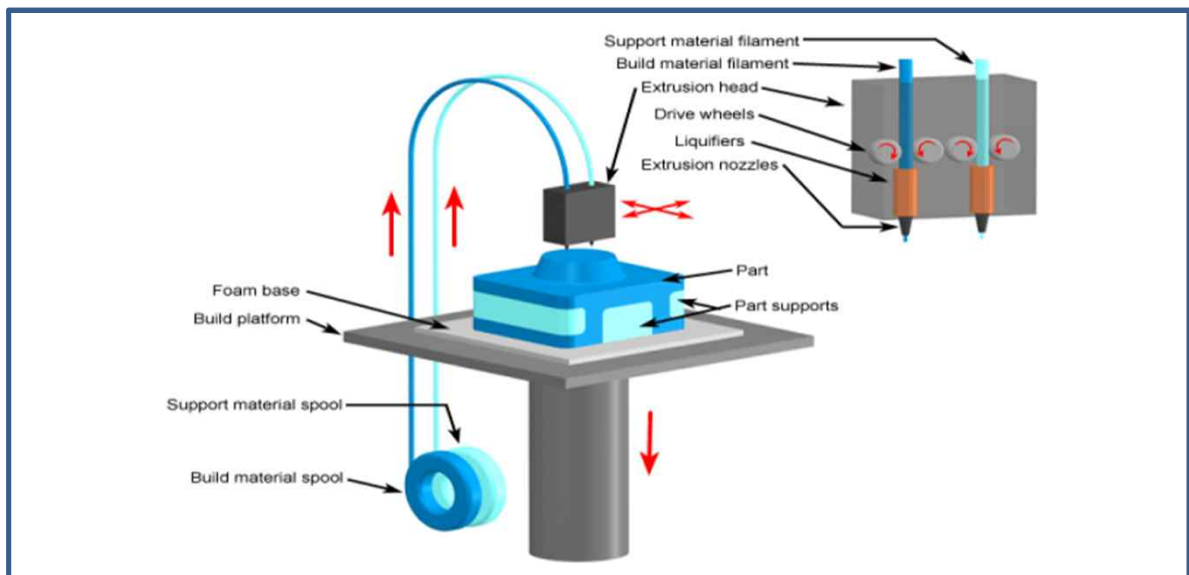


3D 프린터의 종류 및 원리

2. 3D 프린터의 원리

3) 머티리얼 익스투르전(Material Extrusion)

- 우리가 주변에서 가장 흔하게 접할 수 있는 3D 프린팅 기술
- FDM, FFF 장비
- 프린팅 방식은 얇은 와이어 형태의 플라스틱 원소재를 가열된 노즐을 통해 녹여서 적층제조 하는 방식



① FDM 기술

- 부품을 만들어주는 부품 소재와 제작 과정에서 필요한 지지대 재료를 분할하여 사용
- 추후 지지대 소재를 쉽게 제거

② FFF 기술

- 파트와 지지대를 같은 소재를 사용
- 제작완료 후 지지대를 물리적으로 제거
- 1개의 노즐을 사용하여 가격이 저렴하고 누구나 손쉽게 사용

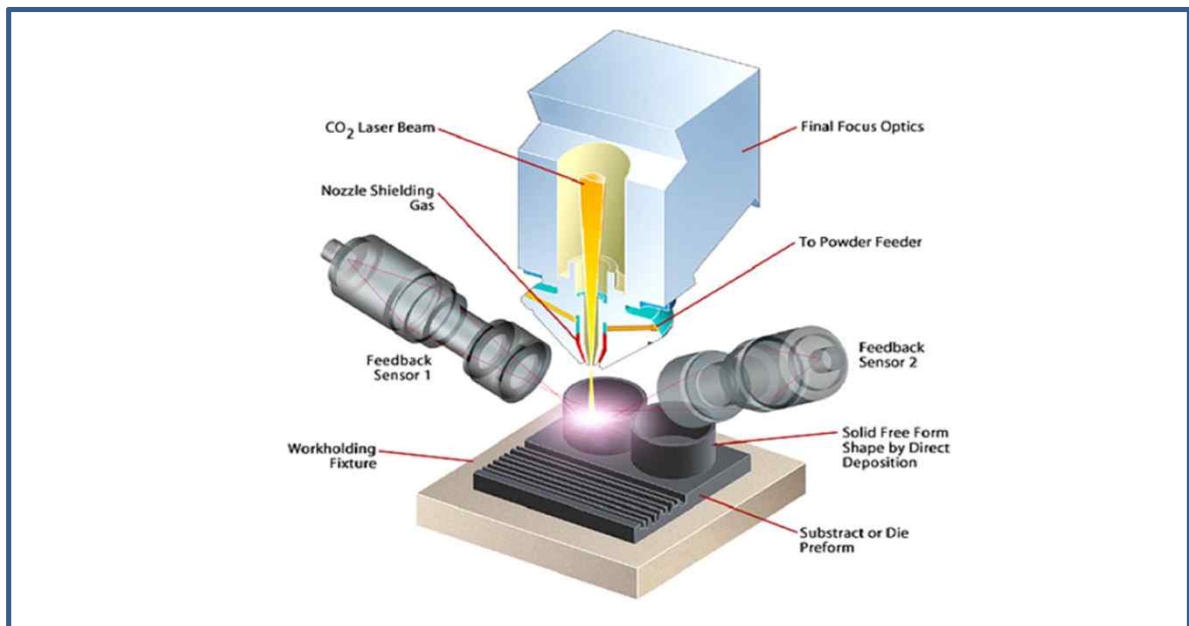


3D 프린터의 종류 및 원리

2. 3D 프린터의 원리

4) 다이렉트 에너지 디포지션(Direct Energy Deposition)

- 금속파우더나 와이어 형태의 재료에 레이저나 전자빔을 직접 조사하여 증착 또는 녹여서 물체를 형성하는 방식
- 티타늄과 같은 특수소재의 3D 프린팅에 많이 사용



5) 파우더 베드 퓨전(Powder Bed Fusion)

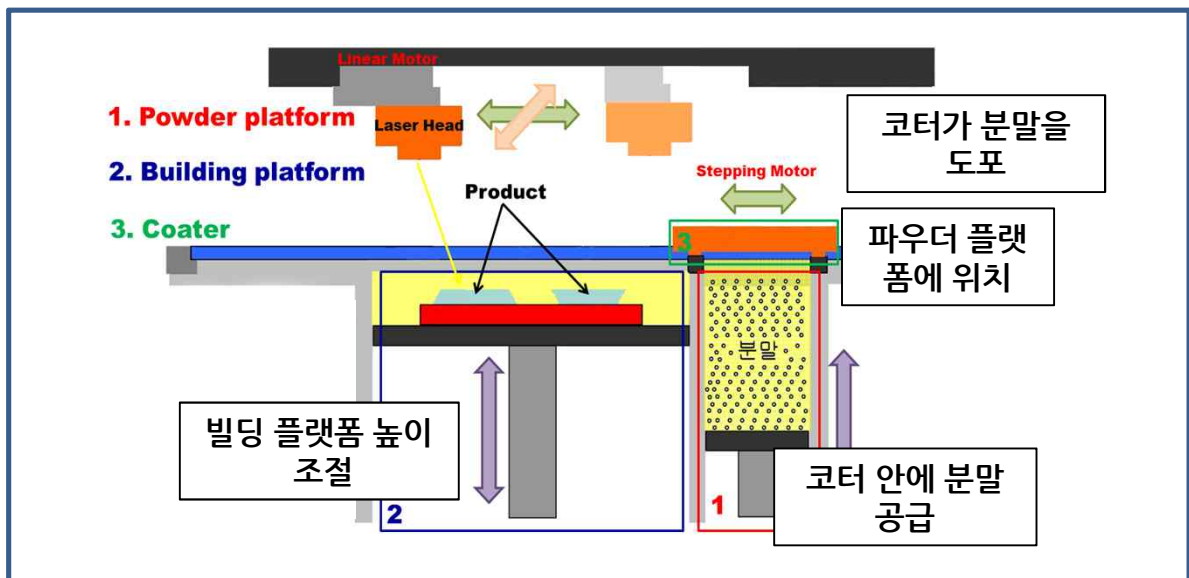
- 재료는 파우더 형태
- 분말을 공급해주는 파우더 플랫폼(Powder platform)
- 제품이 제작되는 빌딩 플랫폼(Powder platform)부분
- 파우더를 이송 시켜주는 코터(Coater)로 구분



3D 프린터의 종류 및 원리

2. 3D 프린터의 원리

5) 파우더 베드 퓨전(Powder Bed Fusion)



- ① 인쇄과정은 우선 빌딩 플랫폼에 정확한 높이를 조절
- ② 코터가 파우더 플랫폼 위에 자리하게 되면 분말을 높여 코터 안에 공간에 분말을 공급
- ③ 코터는 가장 왼쪽방향으로 이동하면서 빌딩 플랫폼에 일정한 높이의 분말을 도포하면서 지나감
- ④ 레이저를 통해서 분말을 녹여서 소결 시키는 방식으로 인쇄가 진행
- ⑤ 미세한 분말을 활용하기 때문에 작업 시 작업자는 안전복 및 마스크를 필수적으로 착용
- ⑥ 또한 레이저나 고에너지를 사용하기 때문에 안전상 주의 및 관리가 필요한 방식

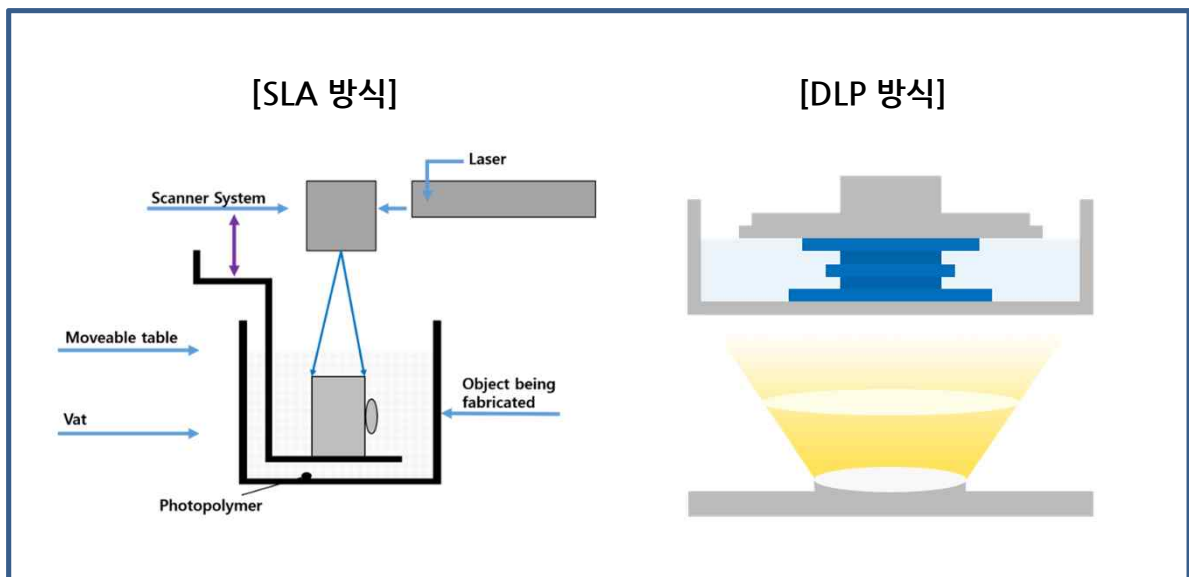


3D 프린터의 종류 및 원리

2. 3D 프린터의 원리

6) 포토폴리머리제이션(Photopolymerisation)

- SLA 방식과 DLP 방식
- 가장 큰 특징은 두 장비 모두 수조에 액상수지를 채워 넣은 상태에서 제작이 진행



① SLA 방식

- 수조의 상면부터 제품이 제작
- 가장 윗부분의 필요한 곳에 UV 레이저를 조사하여 고체화시키는 방식

② DLP 방식

- 아래부분을 투명한 재질로 만듦
- 가장 아랫부분에서 부터 제작이 진행
- 빔 프로젝터에 사용하는 방식인 디지털 미러를 활용
- 필요한 곳에만 빛을 조사하는 방식

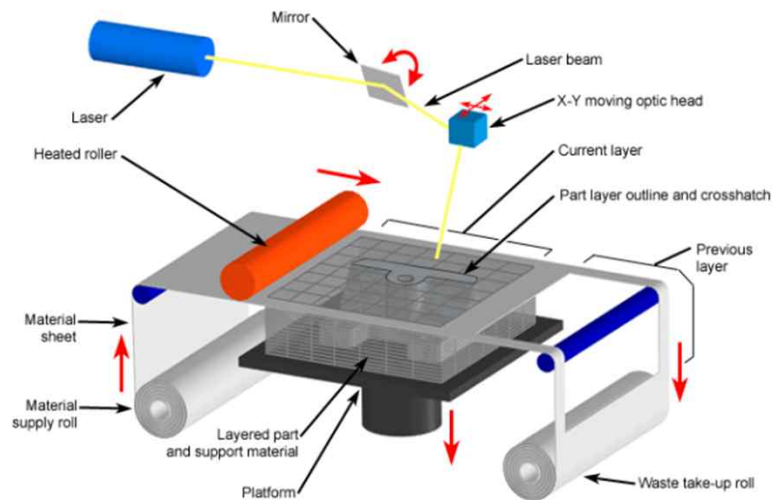


3D 프린터의 종류 및 원리

2. 3D 프린터의 원리

7) 시트 레미네이션(sheet Lamination)

- 얇은 필름이나 종이를 칼이나 레이저를 이용해 잘라내어 높이 방향으로 접착 후 쌓아가면서 형상을 제작하는 방식



원소재인 시트를 공급

정해진 위치에 레이저나 칼로 필요한 부분만 남기고 자름

3차원 형상에 필요한 부분만 접착

시트의 두께만큼 아래로 내림

필요 없는 부분은 다시 감겨져 나감



3D 프린터의 활용

1. 엔터테인먼트 및 생활용품 제작

1) 엔터테인먼트

- 산업용에서 데스크 탑까지 다양하게 용도에 맞춰 활용
- 영화산업에 활용되는 3D 프린팅 기술
- 트랜스포머4에 나오는 랠리파이터, 아이언맨 슈트와 같은 것들은 컴퓨터 그래픽을 사용하지 않고 오로지 3D 프린팅 기술을 통해 제작된 실제 소품을 활용해 촬영
- 국내 영화계에서는 오래된 유물이나 소품들을 제작하는데 많이 사용



[트랜스포머4 '랠리파이터']



[아이언맨 슈트]

2) 생활용품

- 우리가 사용하고 있는 제품들을 모델링하여 프린트 해서 사용
- 고장난 부품을 만들거나, 3D 프린팅 기술을 이용해서 아이디어 제품을 만들고 있음



3D 프린터의 활용

2. 설계 검증 및 기계부품

- 일반적으로 많이 접할 수 있는 플라스틱 재질의 프린팅 결과물이 있음
- 공구로 사용되는 프린터의 소재는 금속을 많이 사용
- 기능성 부품의 경우 티타늄이나 열에 강한 스테인리스 스틸을 활용하여 3D 프린팅 부품을 제작

[소량의 부품을 생산한다면?]

금형이나 다이캐스팅 제작

소요되는 시간 및 비용



3D 프린팅 제작

소요되는 시간 및 비용

획기적으로
감소

3. 교육 및 연구용

- FDM 방식을 많이 사용
- 재료에 대한 안정성 및 관리가 쉬우며, 프린팅 장비 역시 저가제품이 많이 판매되고 있음
- 설계기술을 배우는 학생들에게 직접 설계된 부품을 제작해보고 즉각 설계에 반영하여 변경하고 인쇄해보는 시스템을 활용하여 설계에 대한 이해를 높일 수 있는 장점이 있음
- 과거에는 설계를 완성하면, 선반이나 밀링 장비를 이용하여 가공을 해야 했지만, 3D 프린팅을 이용할 경우 바로 옆에서 즉각적으로 인쇄 가능



3D 프린터의 활용

4. 예술조형 및 디자인

- 3D 프린팅 기술을 활용한 의상을 만들기도 하며, 건축물 역시 3D 프린팅 기술을 통해서 제작되기 시작
- 기존에 기성품들이 아닌 새로운 제품들이기 때문에 3D 프린팅 기술은 더욱더 많은 역할을 차지할 수 있고 지속적으로 활용될 것으로 예상

5. 의료 연구용 분야

- 최근 가장 주목받고 있는 분야 중 하나
- 바이오 프린팅 기술이라고 불리기도 함
- 3D 프린팅 기술 중에서 난이도가 가장 높으며, 비용역시 많이 소요되는 기술
- 초기에는 혈관 및 장기의 모형을 제작하여 눈으로 확인하고 수술 하기 전, 연습에 많이 활용
- 최근 금속 프린팅 기술이 발전하면서 금속 소재를 활용한 인공관절이나 인공 뼈를 제작하여 이식하기도 하고, 로봇팔이나 로봇다리를 만들어 인체에 인식하는 등의 연구가 진행되고 있음
- 세포를 직접 프린팅 하는 기술단계에 접근
- 손상된 외부의 장기를 프린트하여 이식하고 기능적인 측면을 추가
- 기존 장기보다 우수한 성능을 보일 수 있는 단계까지 이르렀음



4차 산업에서의 3D 프린팅

1. 제조업의 3D 프린팅 혁명

- 빠른 기술력 발전으로 지속적으로 새로운 제품이 만들어지고 있는 대량생산체제는 점차 현대 소비패턴과는 맞지 않는 상황
- 이런 상황에 3D 프린터는 제조업의 혁신을 가져올 수 있는 기술로 인정

1) 세계적인 제조업의 흐름

- 미국을 중심으로 생산시설을 내부로 복귀시키고있는 추세
- 기존에 저렴한 인건비를 위해서 해외에서 생산하던 시스템에서 내부의 자동화설비를 기반으로 하여 인력을 최소화 하여 인건비를 감당하는 것
- 내부 경제활성화라는 정부의 경제적 전략과도 일치해 흐름은 지속적 확대될 것으로 예상
- 다양한 분야에서 3D 프린팅 활성화
 - 자동차의 자체 경량화
 - 항공기의 부품 생산
 - 스마트폰의 외장 부품생산



4차 산업에서의 3D 프린팅

2. 스마트 팩토리의 3D 프린팅

- 사물인터넷이 적용되어 원격으로 필요한 부품을 최적의 프린팅 장비를 활용해서 제작될 수 있는 시스템으로 활용
- 단순한 제조 뿐만 아니라 라인에 부품이 기능을 못하는 상황이 발생하면 부품을 제작해 스스로 고장복구를 할 수 있는 기술까지 갖출 것으로 예상
- 3D 프린팅 장비를 이용하면 개개인의 성향에 맞춰서 최적화된 제품을 소비자에게 제공할 수 있음
- 소비자는 단기간에 본인이 원하는 제품을 손에 넣을 수 있는 스마트한 공장이 현실화 될 수 있음
- 완벽한 자동화
 - 위험한 현장에 더 이상 인력을 배치하지 않고 제품을 생산할 수 있다는 것을 의미
 - 완벽한 자동화 시스템을 갖추게 되면 현장의 일자리 감소는 자명한 수순
 - 단기적인 성과인 일자리 창출이라는 목표와는 반대로 다가올 수 있기 때문에 우리는 더욱더 적극적으로 4차산업에 대비하고 그에 맞는 능력을 갖추어야 함.

3. 주목해야 할 문제

- 3D 프린팅 기술의 발전은 인류에 긍정적 영향만을 가져다 준 것은 아님
- 3D 프린팅 장비를 이용해서 실체 총알이 발포되는 총기를 제작해 논란이 있었으며, 디자인에 대한 지적재산권 문제도 생김
- 3D 프린팅 소재에 대한 안전성 및 환경오염에 대한 문제점 등 인류에게 해가 될 수 있는 문제들은 기술 발전 이전에 제도적으로 앞서 준비하고 생각해봐야 할 부분



핵심정리

1. 3D 프린팅의 정의

1) 3D 프린팅이란

- 기존에 우리가 사용하고 있는 종이프린터의 개념을 그대로 적용하여 높이 방향으로 겹쳐서 인쇄해 3차원의 물체를 제작하는 기술

2) 3D프린팅의 요소

- 3D 모델링과 3D 프린터, 슬라이싱 소프트웨어, 3D 프린팅 소재, 적층 기술, 고체화 기술, 후처리 방법 등을 중요 요소로 볼 수 있음
- 특히 독자적인 적층기술과 액상 및 파우더 재료를 고체화 하는 기술이 핵심임

2. 3D 프린팅의 역사

1) 최초의 3D 프린팅 기술

- 일본 나고야시공업연구소 히데오 코마다는 광경화성 폴리머를 가지고 3차원의 형상을 자동으로 만들어주는 기술적인 아이디어는 있었지만 이를 상용화 시키지는 못함.

2) 3D 프린팅 상용화

- 최초로 3D 프린팅 기술을 적용하여 상용화를 성공시킨 것은 미국의 찰스 헐로 SLA-1 프린터임
- 현재 주변에서 가장 쉽게 볼 수 있고 널리 이용되고 있는 방식은 스콧 크럼프가 개발한 FDM 방식의 3d 프린팅 기술임



핵심정리

3. 3D 프린터의 종류 및 원리

1) 3D 프린팅의 표준 분류

- 바인더 젯팅 : 풀이나 본드를 활용하여 3차원 물체를 제작
- 머티리얼 젯팅 : 액체상태의 광경화성 소재를 뿌려주고
자외선을 이용하여 고체화 하는 방식
- 머티리얼 익스투르전 : 플라스틱을 노즐을 통해 녹여서
적층제조 하는 방식
- 다이렉트 에너지 디포지션 : 레이저나 전자빔을 조사하여
물체를 형성하는 방식
- 파우더 베드 퓨전 : 분말을 옥여서 소결시키는 방식
- 포토폴리머리제이션 : 필요한 곳에 레이저를 조사하여
고체화시키는 방식
- 시트 라미네이션 : 얇은 필름이나 종이를 잘라내어 높이
방향으로 접착시켜 제작하는 방식

2) 3D 프린터 활용

- 엔터테인먼트 및 생활용품
- 설계검증 및 기계부품
- 교육 및 연구
- 예술조형 및 디자인
- 의료분야



핵심정리

4. 4차산업에서의 3D 프린팅

1) 제조업의 3D 프린팅 혁명

- 자동차의 차체 경량화, 항공기의 부품 생산, 스마트폰의 외장 부품생산 등 다양한 분야에서 3D 프린팅 활성화가 시작되고 있음

2) 스마트 팩토리의 3D 프린팅

- 완벽한 자동화는 단기적인 성과인 일자리 창출이라는 목표와 반대로 다가올 수 있기 때문에 적극적으로 4차산업에 대비해야 함

3) 주목해야 할 문제

- 인류에 해가 될 수 있는 문제들은 기술 발전 이전에 제도적으로 앞서 준비하고 생각해야 함