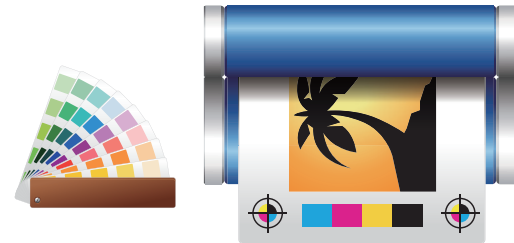




3D 프린팅 기술 현황 ①

+ 김완두 한국기계연구원 영년직연구원



개요

최근 3D 프린팅기술만큼 과학기술을 언론에서 관심을 가지고 소개해 준 사례는 그 유래를 찾아보기 힘들 정도이다. 미국 오바마 대통령은 2013년 연두교서에서 “제조업을 다시 일으킬 수 있는 혁신적인 기술”로서 3D 프린팅 기술을 언급하면서 산업계는 물론이고 일반 대중에게까지 큰 주목을 받게 되었다.

3D 프린팅 기술은 쾌속 조형(Rapid Prototype) 기술로서 오래전부터 잘 알려져 왔지만, 최근 다시 미래 신산업 혁명을 주도할 유망 기술로 각광받고 있다. 2013년 세계경제포럼에서 선정한 2013년 미래 10대 유망기술에 3차원 프린팅 기술이 포함되어 있으며, 세계 미래학회에서 발표한 2013~2025 미래예측에서도 이 기술이 생산 혁명을 유발할 것으로 예측하였다¹⁾. 또한 주요 선진국에서도 국가 미래 신성장 동력 산업으로 성장할 것으로 예견하고 국가 차원에서 적극적으로 지원과 육성에 앞장서고 있다. [표 1]은 3D 프린팅 기술에 대한 주요 보도 현황을 보여준다.

3D 프린팅 기술은 3차원의 설계도에 따라 인쇄하듯 한 층씩 소재를 쌓아 올려 원하는 3D 형태의 제품을 만드는 기술로, 개인 맞춤형 형 제조 생산이 가능하며 나노, 의료 및 우주항공 분야에서도 기술 혁신을 가속화 시킬 것으로 전망되고 있다^{2), 3)}.

앞으로 3D 프린팅 기술 현황에 대해 두 번에 나누어 소개하고자 한다. 이번 원고에서는 3D 프린팅 기술의 개념과 분류에 대해 알아보고 활용 분야에 대해 간단히 소개하며, 다음에는 각국의 기술 동향과 좀 더 구체적인 응용분야에 대해 소개하고자 한다.

기관/미디어	보도 내용
오바마 대통령 연두교서	3D 프린팅 기술, 미국의 제조업 혁신을 가져올 미래기술, 국가적 비전 제시
Gartner 조사보고서	세계 3D 프린터시장 규모: 16.8억 달러(2012) → 31억 달러(2016)
Financial Times	3D 프린팅: 인터넷 보다 더 큰 변화의 시작
세계 미래 학회	“2013~2025 미래 예측 20” → 3D 프린터가 생산 혁명 유발할 것
세계경제포럼(WEF)	2013년 미래 10대 기술 중의 하나로 발표
Time紙	2012년 최고의 발명품 26종에 3D 프린터 포함
Foreign Policy紙	2013년에 주목받을 10대 뉴스
Economist紙	3D 프린터가 내연기관과 컴퓨터에 이어 3차 산업혁명을 이끌 것

표 1. 3D 프린팅 기술에 대한 주요 보도 현황

3D 프린팅의 개념 및 분류

3D 프린팅 기술은 3차원의 설계 데이터에 따라 액체 또는 파우더 형태의 폴리머, 금속 등의 재료를 한층 한층 쌓아올려 3차원의 입체물을 제조하는 기술을 말하며, 3D 프린터는 3D 프린팅 공정을 구현할 수 있는 장비를 말한다. 3차원의 CAD 도면에 따라 만들고자 하는 형상을 레이저와 파우더 재료를 활용하여 빠르게 조형하는 기술을 의미하는 쾌속 조형(Rapid Prototyping)에서 유래되었으며, 입체형상의 소재를 기계가공 또는 레이저를 이용하여 자르거나 깎는 방식으로 원하는 모양을 만드는 절삭가공(Subtractive Manufacturing)과 반대되는 개념을 가지고 있다. 3D 프린팅에 대한 공식적인 기술 용어는 2009년 미국재료시험학회(ASTM)에서 적층가공(Additive Manufacturing)으로 정의하였으며, 적층공정(Additive Fabrication), 층 제조(Layer Manufacturing), 자유형상 공정(Freeform Fabrication) 등의 용어와 함께 사용되고 있다.

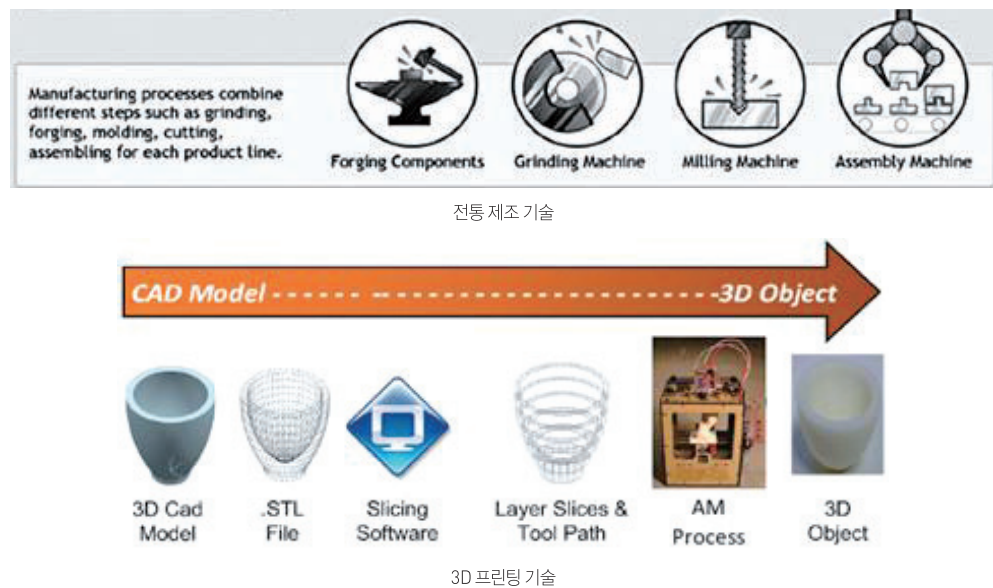


그림 1. 기존 전통 제조 기술과 3D 프린팅 기술과의 비교⁴⁾

3D 프린팅 기술은 미국 '3D systems Corp.'를 설립한 Charles W. Hull에 의해 1984년 입체 인쇄술(stereolithography, SLA)이라는 제목으로 특허를 출원하면서부터 시작되었으며, 1988년에 빛을 받으면 굳어지는 액체플라스틱을 이용하여 원하는 부위만 응고시키는 방법으로 세계 최초의 3차원 프린터를 선보이게 되었다.

3D 프린팅 기술은 적층 방식과 사용되는 재료에 따라 구분된다. 적층 방식에 따라 압출, 분사, 광경화, 소결, 인발, 침전, 접합 등으로 구분되며, 활용 가능한 재료는 폴리머, 금속, 종이, 목재, 식재료, 생체재료 등으로 다양하다. [표 2]와 [그림 2]는 3D 프린팅 기술의 다양한 적층 방식과 개념도를 보여준다. [표 3]은 3D 프린팅에 사용되는 재료를 보여준다.

프린팅 재료의 상태에 따라 구분하는 방식으로 SLA 방법은 액체 기반, SLS 방법과 3DP 방법은 파우더 기반, FDM 방법과 3D plotting 방법은 고체 기반 방식이다.

SLA 방법은 상업적으로 가장 먼저 도입되었으며, 액상의 광경화 재료 표면에 레이저를 이용하여 경화시키는 원리로서, 한 층이 경화되면 한층 두께만큼 내리고, 다시 레이저를 이용해 다음 층을 생성시키는 방법이다. 이 방법은 정확한 조형이 가능하다는 장점이 있으나, 경화 재료가 시간이 지나면서 마모될 수 있어 내구성이 떨어진다는 단점이 있다. 또한, 레이저를 통해 경화 가능한 재료만

사용이 가능하여 재료의 한계성이 있고, 생체분야에 적용하는 경우, 재료의 독성이 문제가 될 수 있다.

SLS 방법은 SLA 방법과 거의 유사한 과정이라고 할 수 있는데, 파우더 형태의 재료를 레이저에 조사하여 고형화시킴으로써 층을 형성하고, 그 위에 다시 파우더를 얇게 뿌리고 다시 레이저를 조사하여 새로운 층을 형성하여 층층이 쌓아올리는 방식이다. 이 방법은 조형속도는 빠르게 할 수 있으나, 조형 정밀도는 다소 떨어지는 단점을 가지고 있다.

FDM 방법은 폴리머 필라멘트 선을 이용해 노즐 안에서 가열하여 노즐을 통해 분사시켜 한 층이 굳어지면 다음 층을 적층하는 방법이다. 이 방법은 조형속도가 느리며, 필라멘트선의 가장자리만을 녹여줌으로써, 결합이 약해질 수 있는 단점을 가지고 있다. 3DP 방법은 얇은 분말을 롤러를 이용하여 균일하게 펼친 후, 결합제를 뿌려 한 층씩 생성시키는 방법이다. 이 방법은 분말을 사용함으로써 3차원 형상물의 정밀함이 떨어진다. 마지막으로 3D Plotting 방법은 폴리머를 가열하여 용융시켜 노즐을 통해 한 층씩 적층하는 방법이다.

적층 방식	정의	3D 프린팅 기술
Extrusion (압출)	필라멘트(실) 또는 펠렛 형태의 열가소성 재료를 고온으로 녹여 압력을 가해 노즐로 압출하여 성형하는 방식	FDM (Fused Deposition Modeling) FFF (Fused Filament Fabrication) 3D Plotting
Jetting (분사)	고압의 액체 원료를 분출시키는 방식	MJM (Multi Jetting Modeling) Polyjet 3DP (Inkjet Head 3D Printing)
Light Polymerised (광경화)	빛의 조사에 의해 광경화성 플라스틱에서 일어나는 중합반응을 이용하여 재료를 고형화하는 방식	SLA (Stereo Lithography Apparatus) DLP (Digital Light Processing)
Granular Sintering (파우더 소결)	분체를 융점 이하 또는 부분적인 용융이 일어날 정도로 가열하여 고형화하는 방식	SLS (Selective Laser Sintering) SHS (Selective Heat Sintering) SLM (Selective Laser Melting) DMLS (Direct Metal Laser Sintering) EBM (Electron Beam Melting)
Directed Energy Deposition (직접침전)	레이저 등의 에너지를 활용, 재료를 완전히 녹여서 기존의 구조물 및 손상 부위에 적층하는 방식	DMD (Direct Metal Deposition)
Wire (인발)	끝이 좁은 다이스를 통해 생성된 실 형태의 폴리머 재료를 이용해서 이를 조형물 적층에 활용 (진공상태 사용)	EBF (Electron Beam Freeform Fab.)
Sheet Lamination (시트 접합)	얇은 필름 모양의 재료를 접착제를 사용하거나 열접착방법으로 접착시키는 방식	LOM (Laminated Object Manufact.)

표 2. 3D 프린팅 기술의 적층 방식

재료	종류
폴리머	PLA, ABS, HDPE, 폴리스티렌, 나일론, Resin, 생분해고분자
금속	거의 모든 금속(티타늄, 알루미늄, 코발트, 스테인리스 스틸 등)
종이(Film)	종이, 필름 형태 플라스틱
기타	목재, 식재료, 아크릴, 석회가루, 왁스(밀랍)

표 3. 3D 프린팅 기술에 활용되는 재료의 종류

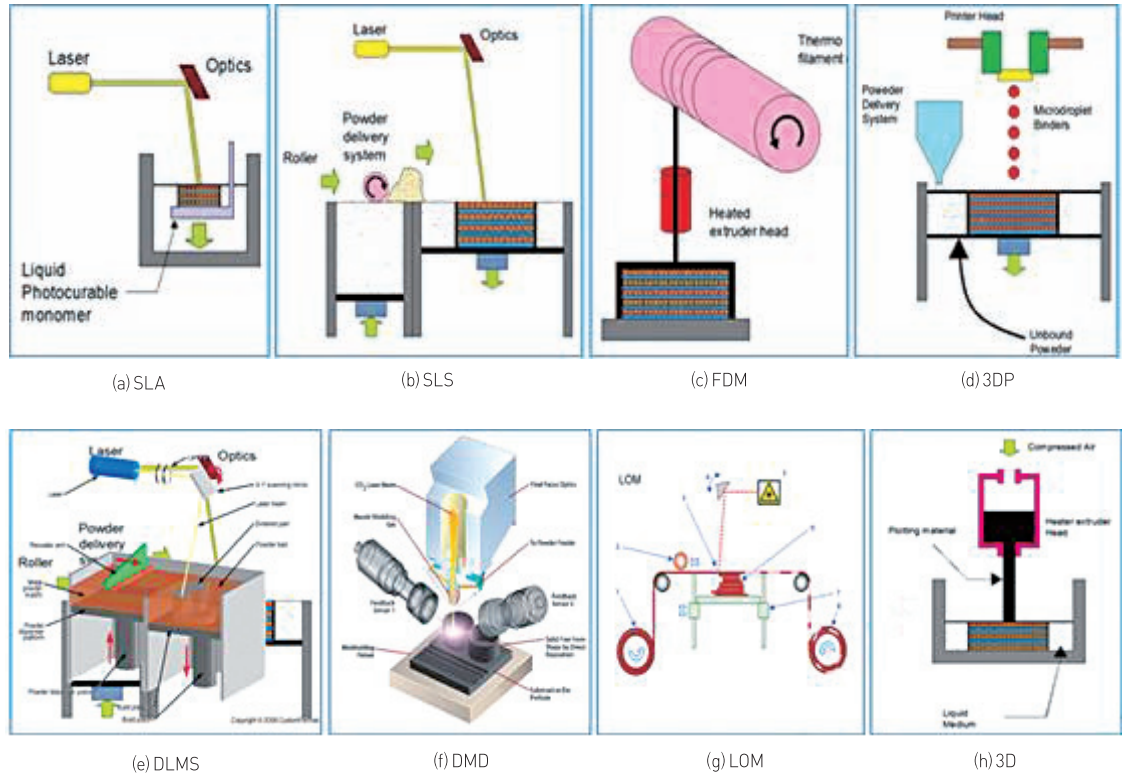


그림 2. 3D 프린팅 방식 개념도

3D 프린팅 기술의 활용

3D 프린팅 기술은 가공기계나 금형이 필요 없이 손쉽게 제품을 만들 수 있어 생산 비용 절감은 물론이고 맞춤형 소량 생산이 가능하다. 3차원 CAD 도면에 근거하여 적용이 가능한 재료를 이용하여 입체적인 제품을 만들 수 있으므로 전통적인 가공생산기술에 비해 속도, 가격, 사용 편리성 등에서 우월성을 나타내고 있다. 또한, 금형을 사용하는 전통적인 대량생산 방식에서는 설계 변경 시 경제성, 시간적 제약이 뒤따르는데 반해, 컴퓨터 상에서 간단한 설계 변경을 통하여 다양한 제품을 만들 수 있어 높은 생산성 향상 효과를 기대할 수 있다.

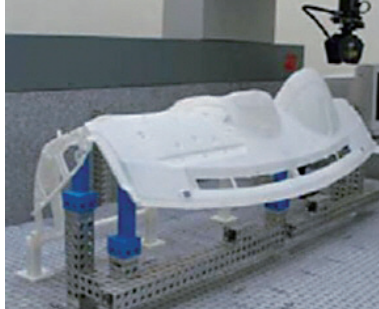
3D 프린팅 기술을 응용한 시제품 제작 비용과 시간 절감 사례, 개인 맞춤형 제품 생산 사례, 복잡 형상 제작의 비용 절감 사례, 그리고 콘텐츠 및 DIY 산업 분야의 적용 사례를 소개하고자 한다.⁵⁾

● 시제품 제작 비용 및 시간 절감 사례

- 람보르기니사에서는 스포츠카 'Aventador' 시제품 제작에 3D 프린터를 사용하여 기존의 시제품 제작 비용과 시간(4만 달러, 4개월)을 각각 1/6과 1/8로 절감하였다.
- 현대모비스에서는 FDM 및 SLA 방식의 3D 프린터를 활용하여 헤드램프, 대시보드, 에어백 등 다양한 부품의 시제품을 저비용·고속으로 생산하였으며, 헤드램프 시제품의 경우 제작 시간과 비용을 각각 1/30, 1/12 수준으로 절감하였다.
- 두산인프라코어의 3D 프린터로 제작한 컨셉 굴삭기 'CX'는 2009년 레드닷 디자인 어워드에서 대상을 수상하였으며, 최근에는 조이스틱 디자인에 3D 프린터를 적극 활용하고 있다.



람보르기니의 Aventador



현대모비스의 대시보드



두산인프라코어의 컨셉굴삭기

그림 3. 3D 프린터를 활용한 시제품의 제작 비용 및 시간 절감 사례

● 개인 맞춤형/다품종 소량 생산 사례

- Nike사에서는 3D 프린팅 기술을 적용하여 20분 이내에 개인 맞춤형 신발 밑창 제품을 생산하였다.
- 우리나라의 사회적 기업인 딜라이트는 2011년부터 3D 프린터를 활용하여 34만원짜리 맞춤형 보청기를 제작하여 저소득층에 보급하고 있다.
- 미국 Bespoke Inno.에서는 3D 프린터 기술을 이용하여 만든 의족 Bespoke Fairings를 개발하여 기존 의족의 비대칭성 문제를 극복하였다.



Nike사의 맞춤형 신발 밑창



딜라이트사의 맞춤형 보청기

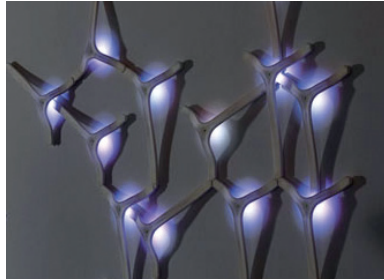


Bespoke Inno.의 Fairings

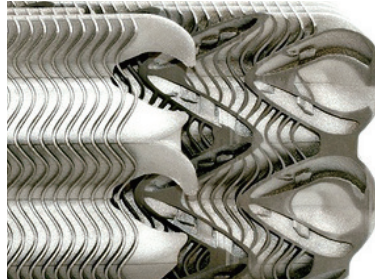
그림 4. 3D 프린터를 활용한 개인 맞춤형/다품종 소량 생산 사례

● 기존 절삭가공 대비 복잡한 형상 제작 및 재료비 절감 사례

- 벌집구조와 같이 복잡하고 내부가 비어있는 형상 제작에 용이하며, 가공 후 버리는 재료(Buy-to-Fly Ratio : 1kg의 제품 생산에 필요한 투입된 재료 무게의 비율)의 급격한 감소가 가능하여 알루미늄 등 고가의 금속을 절삭하는 경우에 비해 재료비를 크게 절감할 수 있다.
- 프랑스 NoDesign 사에서는 복잡한 형상의 벽 부착형 조명 Waelice를 생산하는데 나일론을 소재로 한 SLS 3D 프린터 기술을 적용하였다.
- 영국 Within Tech.와 3T RPD에서는 3D 프린트를 활용하여 격자 무늬를 반복적으로 적용한 판형 열교환기와 자동차 배기가스 배출구의 후프를 제작하는데 성공하였다.
- 네덜란드 DesignLabWorkshop 사에서는 3D 프린트를 활용하여 기존의 절삭가공 방식으로는 구현하기 어려운 형상의 벽돌 'Building Bytes'를 제작하였다.



NoDesign의 Waelice



Within Tech.의 격자무늬 열교환기



DesignLabWorkshop의 Building Bytes

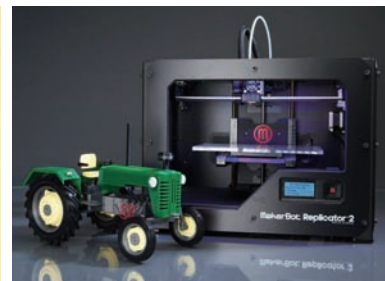
그림 5. 3D 프린터를 활용한 복잡한 형상 제작 및 재료비 절감 사례

● 콘텐츠 및 DIY 산업 분야 활용 사례

- 3D 프린터는 어떤 모형이든지 그 외형을 복사해 만들어낼 수 있기 때문에 기존의 캐릭터 산업에 큰 영향을 미칠 것으로 전망된다.
- Games Workshop은 인기 게임 Warhammer 40,000의 캐릭터들을 피겨로 제작해 판매하고 있으며, 일부 유저들이 이러한 피겨 제품들을 3D 스캔해 모델링 데이터를 공유하고 수정해 사용하는 사례가 등장하고 있다.
- 3D 프린터는 세상에서 하나밖에 없는 나만의 물건을 만들 수 있게 해 줌으로써, 개인의 취향에 맞는 최적화된 물건(DIY: do it yourself) 제작을 활성화시킬 전망이다.



Games Workshop의 게임 캐릭터



Makerbot사의 3D 프린터 및 DIY 제품

그림 6. 3D 프린터의 콘텐츠 및 DIY 산업 분야 활용 사례

참고문헌

- 1) 미래기술 글로벌어젠더 위원회, 2013, "세계경제포럼이 선정한 떠오르는 10대 기술," 세계경제포럼
- 2) 장성원 외, 2013, "미래 산업을 바꿀 7대 파괴적 혁신 기술," 삼성경제연구소
- 3) 홍일선, 2013, "3D 프린팅, 제조업의 개념을 바꾼다," LG 경제연구원
- 4) 장웅성 외(2013), '3D 프린터 제조혁명에 대한 한국 금속산업의 대응전략', KEIT PD Issue Report, Vol. 13-6, Cambell(2011), "Could 3D Printing Change the World", Strategic Foresight Report, Atlantic Council, October 2011
- 5) 광기호 외, 2013, "글로벌 3D 프린터 산업기술 동향 분석," 한국기계연구원

맺음말

제3의 산업 혁명이라고 불릴 만큼의 혁신을 가져올 잠재력을 가진 기술로 주목받고 있는 3D 프린팅 기술에 대한 개념 및 기술 분류, 그리고 현재까지의 활용 사례를 살펴보았다.

3D 프린팅 기술이 향후 제조업과 각종 산업의 혁신 동력으로 자리 잡을 것이라는 데는 이견이 없으며, 이에 따라 세계 각국에서는 3D 프린팅 기술의 활성화를 위한 연구기관 설립과 정책적 지원책을 추진하고 있다. 특히, 미국, 유럽, 중국 등 주요국에서는 3D 프린팅 기술이 국가 미래 신성장동력 산업으로 성장할 것을 예견하고 국가 차원의 지원과 육성을 아끼지 않고 있다.

3D 프린터와 관련된 시장은 매년 높은 성장세를 보이며 급속도로 성장할 것으로 전망되고 있으며, 3D 프린팅 기술이 촉발할 산업 혁신은 디자인 혁신, 생산시스템과 재고관리의 변화, 제품 3D 설계디자인의 유통, 맞춤형 DIY 생산 활성화, 의료 및 생명공학의 발전으로 이어질 것으로 예상된다. 과학기술 발전이 삶에 끼치는 영향을 사전에 평가하여 기술의 바람직한 발전을 유도하고 부정적인 요소를 사전 방지하기 위해 실시하는 기술 영향 평가의 주제로서 3D 프린팅 기술이 논의되고 있으며, 이 기술이 제조업 기술의 혁신은 물론이고 우리의 삶을 좀 더 편리하고 풍요롭게 하는데 기여해 주기를 기대해 본다. 