3D 프린터의 종류와 활용 실태

Types and Applications of 3D Printers

신영문 | Young Moon Shin

Prototech Inc., 285, Digital-ro, Guro-gu, Seoul 08381, Korea
E-mail: daniel_shin@prototech.co.kr

1. 서론

기본적으로 3D 프린터는 CAD(computer aided design)를 사용하여 제품을 디자인하고, 그 데이터를 바탕으로 소재를 한 층씩(layer by layer) 인쇄하여 3차원 구조물을 만드는 기기이다. 3D 프린터는 출현한 지 30년 이상이 지났고 새로운 제조 방법들도 그 과정에서 제시가 되었지만, 제조업의 혁명을 일으킬 것으로 특히 최근에 각광을 받고 있다. 기존의 기술과 비교하여 3D 프린터는 다음과 같은 장점을 가진다고 평가를 받고 있다. 과거에는 대량 생산뿐만 아니라 시제품을 만들기 위해서 고정된 구조를 가지는 금형을 만들어야 했다. 이런 틀을 제작하는 과정은 적지 않은 시간과 고정 비용을 필요로 한다는 단점이 있었지만, 3D 프린터를 사용하게 되면 금형을 제작하는 과정을 건너뛸 수 있게 된다. 또한 과거에는 기존의 금형을 만드는 방식으로는 가능하지 않았던 형상을 자유롭게 제작 가능해진다. 따라서 유체역학적으로 효율적인 디자인이 가능해지고, 예를 들어 기존 방법으로 구현하기 어려운 격자 구조를 구현하여 경량화가 가능할 것이라고 많은 사람들이 예상하고 있다. 또한 기존의 제조 분야는 중앙에서 생산한 물품들을 지역으로 운송을 해야 했다면, 3D 프린터의 경우에는 지역 특성에 따라 분산 생산이 가능하게 된다. 또한 각 생산 단계에서 필요할 때마다 물품을 생산하고 부품을 집적하여 재고를 크게 줄일 수 있을 것이라고 예상하고 있다. 마지막으로 오랜 기간 동안 축적된 금형 기술에 대해서 제대로 이해를 하는데 필요한 시간과 노력에 비하여 상대적으로 신속하게 기술에 대해서 습득하고 작업이 가능해지는 장점이 있다. 따라서 기술 장벽이 낮아짐에 따라서 다양한 배경의 사람들이 경쟁을 할 수 있고, 최종 사용자들이 물품을 구매하기 보다는 소량의 물품을 직접 디자인하고 생산하는 것 또한 가능해질 것이라고 생각하고 있다. 이런 측면에서 볼 때 3D 프린터를 사용하게 되면, 단순한 제조 방식의 변화뿐만 아니라 기업이 운용되는 방식과 물품이 유통되는 구조 자체에도 큰 영향을 줄 가능성이 존재한다. 3D 프린터가 적용되었을 때 큰 가치를 창출할 수 있는 기존 산업 분야로는 자동차 분야, 항공 분야, 의료 분야 등을 사람들이 꼽고 있다. 이 글에서는 3D 프린터의 역사, 기술의 분류, 사용 재료의 종류, 활용 분야 및 시장 동향을 알아 본다. 마지막으로 3D 프린터가 실제 제조 분야에 적용되기 위해서 극복해야 하는 부분들에 대해서 간단히 언급하고자 한다.

2. 본론

2.1 3D 프린터

2.1.1 기술의 출현

1960대 말부터 레이저를 이용한 3차원 입체 형상 가공에 대한 연구가 계속 진행되다가, 1980년 일본 나고야

Author

신영문

1978 LG전자㈜ 기획조사부 입사
1983 LG전자㈜ 전자개발실 과장
1989 LG정보통신㈜ System사업팀 부장
1994 스타메카트로닉스㈜ 3D 프린터 담당이사
2005 ㈜프로토텍 대표이사

표 1. 3D 프린터 방식들 연혁

년도	업체	기술	기타
1987	3D Systems	SL	미국
1988	CMET	SOUP	일
1989	D-MEC	SCS	일
1990	EOS	SL	독, 중단
1991	Stratasys Cubital Helisys	FDM SGC LOM	이스라엘, 중단 미국, 중단
1992	DTM	SLS	미국, 3D Systems
1994	Solidscape EOS	ModelMaker EOSINT	미국,WAX 독일
1996	Z Corp	3DP	MIT,분말
1998	Optomec	LENS	금속
1999	Ex One	ProMetal	MIT, 3DP
2000	Objet POM	Polyjet DMD	Stratasys와 합병, Laser cladding
2001	Envisiontec	Perfactory	DLP

시립산업연구소의 Hideo Kodama가 광경화성 수지를 단일 레이저 UV 광을 이용하여 경화 시키는 기술을 발표하게 되었다. 곧, 1984년 미국 3D Systems 사의 Chuck Hull이 Kodama와 같은 기술을 이용하여 SLA 방식의 3D 프린팅 기술을 개발하였으며,[1] 그는 지금까지 모든 장비에서 사용되고 있는 *STL* 파일 양식을 고안 제시하였다.[주1)]

2.1.2 산업의 출현

1987년 3D Systems의 창업자인 Chuck Hull은 최초의 상용화 3D Printer인 SLA-1을 출시 하였다. 이 장비는 광경화성 수지를 UV laser를 이용하여 경화 시켜서 입체 형상을 만들어 내는 3D 프린터의 대표적 기술인 SLA 방식을 이용하였다. 미국에 이어서 일본의 NTT Data CMET(현재의 Teijin Seiki)와 Sony/D-MEC(현재 D-MEC) 또한 각기 1988년과 1989년도에 SOUP와 SCS라는 이름으로 3D Systems와 유사한 기술의 장비를 출시하였다. 1990년도에는 독일의 EOS사가 같은 SL 방식의 장비를 출시하였고, SL 이외의 기술도 여러 업체에 의해서 소개되기 시작하였다. 1991년에는 Stratasys 사의 창업자 Scott Crump가 또 하나의 대표적인 기술인 FDM 방식을 상용화 하였는데, 지금까지 FDM 방식은 전세계적으로 가장 많이 판매된 방식으로 많은 개인용 3D 프린터 업체들이 채택한 기술이다. 같은 해인 1991년에는 현재는 중단되었지만 이스라엘의 Cubital 사가 SGC(solid ground curing) 방식을, Helisys 사가 LOM(laminated object manufacturing) 방식을 상용화 하였다. 1992년도에는 DTM 사(참고: 2002년 3D Systems 사에 합병)가 또 다른 대표 방식인 SLS(selective laser sintering) 방식을 상용화하였다. 이렇게 상용화된 다양한 3D 프린터 방식들을 표 1과 같이 정리할 수 있다.

주1) 이 때 STL 파일 양식이란 3D 프린터 장비에 입력되는 3차원 데이터를 의미하게 된다. CAD에서 표현되는 3차원 이미지를 STL 파일 양식에서는 여러 개의 삼각형으로 표시를 하게 된다.

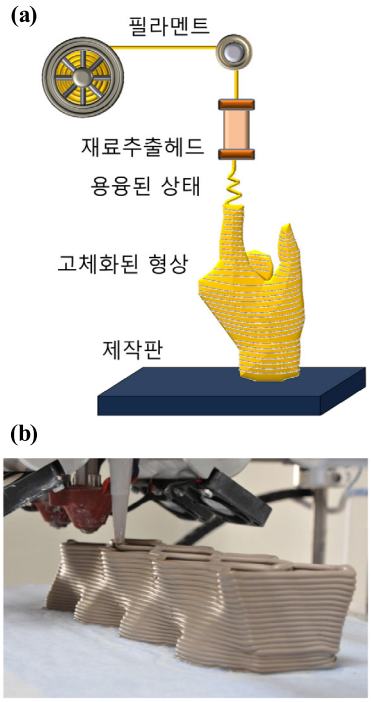

그림 1. (a) Material Extrusion 방식 개요(www.3dprintingindustry.com), (b) 세라믹 재질의 물품을 프린팅하는 모습.[8]

2.2 3D 프린터의 종류

많은 종류의 장비들이 개발 및 판매되고 있으며, 다양한 분류 방법이 존재한다.

2.2.1 개인용과 산업용

3D 프린터는 초기에 rapid prototyping이라 불리우며 제품 개발 시 디자인 오류를 초기에 찾아냄으로써 개발 기간과 비용을 절감하는 것을 목적으로 산업용으로 사용 되었다. 최근 들어서 초기 특허들이 만료되고 오픈소스 기술인 RepRap의 보편화로 인하여 저가의 간편 장비들이 소개되고 있다. 보통 500만 원 미만의 장비를 개인용이라 할 수 있고, 10억 원이 넘는 고가의 장비들을 산업용이라고 분류할 수 있다.

2.2.2 제조공법에 의한 분류(ASTM)

2012년 ASTM International Committee F42에서 AM (적층 제조, additive manufacturing) 기술을 7가지로 분류 하였다.[2]

2.2.2.1 Material Extrusion

XY 평면에서 움직이는 재료추출헤드(또는 적층 제작판)

에 부착되어 있는 가열된 노즐을 통하여 재료를 추출하며 형상을 제작하게 된다. 한 층(layer)의 제작이 마무리가 되면, 재료추출헤드(또는 적층 제작판)가 Z 방향으로 움직인 후 다음 층을 제작하기 시작한다(그림 1).

사용 재료는 스풀에 감긴 열가소성 수지 필라멘트가 많이 사용되고 있으나, 점성 액체 또는 슬러리 상태의 재료를 노즐 끝에 용융 장치 없이 공급하여 형상을 제작하는 경우도 있다. 원재료는 세라믹, 복합재료, 시멘트, 음식 및 생체조직 등 다양하게 사용할 수 있다. 비교적 사용이 간편하고 가격이 저렴하다는 장점을 가지지만, 동시에 정밀성이 다른 방법들에 비해서 떨어진다는 단점을 가진다.

가장 많이 판매하고 있고 대표적인 회사는 FDM 기술을 쓰는 Stratasys 사이지만, 이외에도 오픈소스 기술인 RepRap을 기반으로 하는 Makerbot 사, Beijing Tiertime 사, Rocket 사 등 많은 회사들이 있다. Arburg 사의 Freeformer라는 장비는 방울 상태의 수지 알갱이 재료를 녹여서 적층하는 것으로 알려져 있다.

2.2.2.2 Material Jetting

하나 또는 여러 개의 잉크젯 프린팅 헤드가 움직이면서 방울 상태의 재료를 선택적으로 분사하는 방식이다. 사용 재료는 광경화성 수지 또는 wax류가 있으며, Stratasys사의 Polyjet, Solidscape 사, 3D Systems 사의 MJM 등이 대표적이다. Stratasys 사의 Connex 장비는 3가지의 다른 광경화성 재료를 선택적으로 분사하여 구조물이 다양한 투명도, 색상과 강도를 가지도록 구현한다. 3D Systems 사의 Projet 5500X 또한 하나 이상의 복합 재료를 사용하는 것으로 알려져 있다. 그림 2를 보면 실제 구현한 물품들을 확인할 수 있다. Solidscape 사는 wax 재료를 이용하는 정밀주조 기술을 사용하여 금속 파트로 치환 시킬 수 있는 패턴을 제작할 수 있다. 여기에는 UV광이 사용되지 않는다는 특징을 갖는다. 나노 입자 크기의 재료를 안개화하고 불활성 매개 가스와 섞어서 표면에 분무하는 direct-write 기술 또한 이 제조공법으로 분류할 수 있다. 이 기술의 경우 Optomec 사, nScrypt 사, 그리고 Voxel8 사가 대표적으로 알려져 있다.

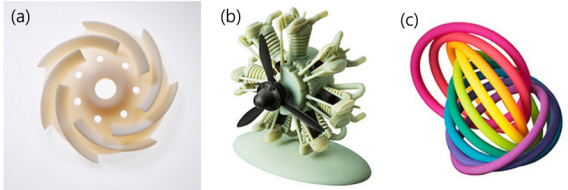

그림 2. (a–c) Material Jetting 방식을 사용해서 구현한 물품들(www.stratasys.com).

2.2.2.3 Binder Jetting

Inkjet 인쇄 헤드의 노즐을 통하여 선택적으로 분사한 액상의 접착제를 사용하여 분말 상태의 재료를 결합시키고, 이를 이용하여 형상을 만드는 기술이다. 접착제를 분사한다는 점에서 모델 재료를 분사하는 material jetting과 구별된다.

원천 기술은 MIT에서 개발된 3D printing(3DP) 기술이며, 이 특허를 Z Corp 사, ExOne 사, 그리고 Voxeljet 사 등이 사용하고 있다. Z Corp(3D Systems) 사의 projet 장비는 석고 분말, 수성 바인더재료, 아크릴 계열 분말을 사용하며, 다양한 색상을 구현 가능하다는 장점을 가지고 있다. ExOne 사의 장비는 대형 물품을 빠른 시간에 만들 수 있다는 장점을 가지고 있는데, 금속 또는 모래 분말에 액상 바인더를 분사하는 방식을 사용하고 있다. Voxeljet 사는 대형 프린트 헤드를 이용한 대형 시스템이라는 점에서 특이하다. 스테인레스 금속 분말을 사용하는 Digital Metal 사(스웨덴)의 기술과 열가소성 수지 분말을 이용하는 HP 사의 multi jet fusion(MJF) 기술도 이 제조공법으로 분류될 수 있다.

2.2.2.4 Sheet Lamination

접착제를 바른 종이 또는 금속 테이프나 금속 박편을 재료로 사용하여 판재를 적층하고 제작하는 기술이다. 최초의 제품은 종이롤을 사용하는 Helisys 사의 LOM 방식이었으며, 레이저를 사용하여 형상을 절단하게 된다. A4 또는 편지지 크기의 보통 용지를 사용하는 Mcor 사는 텅스텐 카바이드 칼날을 이용하여 형상을 절단한다. 마지막으로 Fabrisonic 사의 UAM(ultrasonic additive manufacturing) 기술은 초음파 용접으로 금속 테이프 또는 박편을 적층한 후 CNC 가공으로 형상을 제작하게 된다.

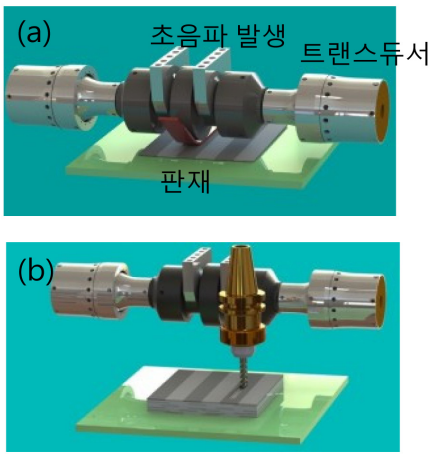

그림 3. (a) 판재의 재료를 초음파 용접으로 적층하고 (b) 적층된 구조물을 CNC 가공을 통하여 원하는 형상 모양으로 제조한다(fabrisonic.com).

2.2.2.5 Vat Photopolymerization

액상의 광경화성 수지에 광을 선택적으로 조사하여 경화시켜서 형상을 제작하는 기술이다. SL(stereo lithography) 방식이 최초로 특허로 나왔고 상용화되었다. 그림 4를 보면 알 수 있듯이, 스캐너를 사용해서 UV 레이저가 광경화성 수지와 만나는 부분을 조절하고, 제작판을 내리면서 액체 상태의 광경화성 수지가 한 층씩 경화되도록 한다.

최근의 많은 회사들은 DLP(digital light processing) 기술을 사용한다. DLP 기술은 광경화성 수지를 보관하는 용기 위 표면에 영상을 투영하는데, micromirror 배열을 사용하여 한 층을 동시에 가공할 수 있기 때문에 고속, 고해상도 가공이 가능하다는 장점을 가진다. 그러나 DLP 기술은 일반적으로 고가이며, 기술적으로 대형화가 어렵고, 광경화성 수지를 많이 보관할 수 없다는 단점을 가지고 있다. DLP 기반 광경화성 수지 기술을 판매하고 있는 회사로는 Envisiontec 사, DWS 사, Asiga 사, Rapid Shape 사, Lithoz 사, Prodways 사 등이 있다. 같은 방식의 저가 장비를 공급하는 업체로 Formlabs 사, B9 Creator 사, Peachy 사, LightForge 3D 사 등이 있고, 투명 필름을 이용하는 thin film photopolymerization 방식도 이 제조 방식으로 분류할 수 있다.

2.2.2.6 Powder Bed Fusion

열에너지를 이용하여 분말 재료를 선택적으로 소결하여 형상을 적층 제조하는 기술이다. laser sintering, selective laser sintering, selective laser melting, direct metal laser sintering, electron beam melting이라고 불리는 기술들 모두 이 방식에 포함된다. 이 방법의 경우 상대적으로 장비가 고가이고, 공정 과정 또한 복잡한 편이다. 또한 고가의 재료비, 수지 분말의 재생 처리, 불활성 가스와 안전을 위한 설비 등의 이유로 운영비가 높다고 평가를 받는다.

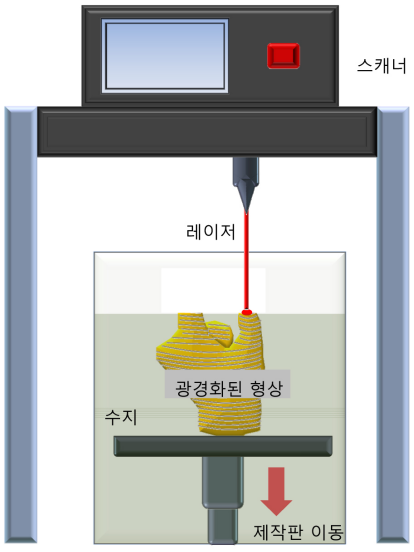

그림 4. Stereo-Lithography 개요.[7] Permission of *Analytical Chemistry*. Copyright (2014) American Chemical Society.

광원으로 레이저 또는 전자빔을 사용한다. 레이저 기반 시스템이 전자빔 시스템보다 표면 조도나 미세 형상 가공에는 유리하다. 반대로 전자빔 기반 시스템은 가격이 비싼 편이기는 하지만 제작 속도가 빠르고 잔류응력이 작아서 변형이 적고 고정지지대의 크기를 줄일 수 있다. 분말로는 수지 또는 금속을 사용할 수 있다. 수지를 사용할 때에는 받침대가 필요 없는 것에 반하여, 금속 재료를 사용하는 경우에는 형상을 고정하는 부분에서 고정 지지대와 형상이 없는 부분에서도 지지대가 필요하다. 제작 과정 중에 온도 분포의 차이가 크게 생길 수 있기 때문에 제조판을 사용하여 방열을 하고 제작판에 고정하지 않으면 구조가 구부러질 수도 있다는 것을 주의해야 한다.

이 제조 방법에는 다음과 같은 방식들을 포함한다: 3D Systems 사의 SLS 방식, EOS 사의 LS(laser sintering) 방식, SLM Solution 사와 Realizer 사의 SLM(selective laser melting) 방식, Renishaw 사의 laser melting 방식, concept laser 사의 laser cusing 방식, Arcam 사의 EBM(electron beam melting) 방식, Matsuura 사와 Sodick 사의 경우에는 금속 powder bed fusion 방식과 CNC 밀링 기술을 결합한 하이브리드 방식을 사용하고 있다.

2.2.2.7 Direct Energy Deposition

이 방법은 재료를 공급하는 동시에 열에너지를 이용하여 그 재료를 용융 접착 시키고, 그 결과로서 형상을 제작하게 된다. 주로 레이저를 사용하고 금속 분말을 재료로 사용하게 된다. Blown powder AM 또는 laser cladding이라고도 불린다.

대부분 4-5축 회전 시스템(또는 로보트 팔)을 포함하고 있어서 평면 뿐만 아니라 수직면 가공이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 또한 기존 파트에 재료를 덧붙여서 마모된 파트나 기기를 수리할 수 있지만, 그만큼 복잡한 공정 때문에 이 기술을 사용하는 장비 가격은 상대적으로 고가이다. 이 기술을 사용하고 있는 대표적인 3D 프린터 기업에는 Optomec 사, BeAM 사, Trumpf 사, Sciaky 사 등이 있다. 최근에는 powder-fed direct energy deposition 기술과 CNC 밀링 기술을 혼합한 하이브리드 가공 기술이 많이 소개되었는데, 이 경우 대표적인 기업에는 DMG Mori Seiki 사, Hybrid Manufacturing Technology 사, Mazak 사, Hurco 사, Hermie 사 등이 있다.

2.2.3 3D 프린터 재료

재료는 크게 플라스틱과 금속으로 분류할 수 있다.

2.2.3.1 플라스틱 재료

일반적으로 제조에 사용되는 많은 플라스틱 재료들이 3D 프린터 분야에서 사용되고 있다. 재료를 선택하는 기준으로는 투명도, 색상, 인장강도, 경도(강한 재료에서 고무 재료까지), 생물학적 적합성, 열변형온도, 내습성, 살균소독 가능성, 방화성, 연기발생 등의 특성을 고려한다. 보통 플라스틱 재료는 열가소성과 열경화성으로 분류할 수 있다.

제조 방식에 따라서도 재료가 달라지기도 하는데, material extrusion system은 ABS, PC, PC/ABS blend, Nylon, PLA등의 열가소성 플라스틱을 주로 사용한다. 개인용은 주로 ABS와 PLA를 사용한다. Powder Bed Fusion 방식에서는 PA(나일론)가 가장 많이 사용되지만, PS, PP 등의 다른 고분자 재료 이외에도 유리나 탄소 섬유 또는 알루미늄을 혼합한 고분자 재료도 사용하게 된다. Material jetting/vat photopolymerization 방식은 아크릴, 에스테르 또는 에폭시 계열의 열경화성 수지를 사용한다. 다양한 물질들을 혼합 사용하여 1,000가지 이상의 재료 특성을 만들 수 있다고 알려져 있다.

2.2.3.2 금속재료

Metal powder bed fusion과 directed energy deposition 방식의 금속 3D 프린터에서 사용되는 재료는 tool steel, stainless steel, titanium, titanium 합금, 알루미늄 합금, 니켈 합금, 코발트 크롬 합금, 동 합금, 금, 은 등이 상용화되어있다. 하지만 물질이 이것에 한정되어 있지 않고, 사용할 수 있는 종류를 재료업체들이 계속 개발하고 있어서 그 수가 꾸준히 증가 하고 있다. 최근에는 장비업체가 재료개발에 참여하는 경우도 빈번하게 일어나고 있다. Binder jetting 방식의 장비에서 inconel, 코발트 크롬, 텅스텐, 텅스텐 카바이드 등이 사용되기도 한다. 대부분의 금속 재료를 사용해서 형상을 제작한 경우, 그 제작물의 밀도가 낮아서 이로 인해 파손이나 피로도 특성이 불완전한 문제가 발생할 수도 있다.

2.3 3D 프린터 시장 규모[3]

2014년 전세계 3D 프린터 관련 장비와 서비스 합친 시장 규모는 41억 달러로 2013년의 30억 달러에서 35%의 성장률을 보였다. 이 때 서비스에는 파트제작, 보수유지, 교육, 전시 등을 포함하고 있으며, 장비는 산업용과 개인용 모두 포함하고 있다. 이 중 장비 관련 매출은 20억 달러로 2013년 15억 달러에서 32.5%의 성장을 보였고, 서비스 시장의 규모는 21억 달러로서 2013년 15억 달러에서 38.9% 성장을 보였다. 2014년뿐만이 아니라 3D 프린터 시장은 지난 5년간 25-35%의 유례 없는 성장을 이루었고, 비록 2015년에는 그 성장세가 조금 주춤하였지만 여전히 다른 분야에 비해서 높은 성장세를 유지할 것으로 많은 사람들이 예상하고 있다. Wohlers Report에 따르면 2016년 시장 규모가 73억 달러로 예상되며 4년후인 2020년은 4배 성장되어 210억 달러가 될 것으로 예측하고 있다. 현재 3D 프린터 시장에서 시제품 제작 분야는 초기 성숙기에 들어선 것으로 보이며 제조 분야는 "얼리 어답터 시장" 단계에 있는 것으로 보고 있다. 금속 장비는 최근 많은 관심을 받고 있는데, 2014년 543대의 금속장비가 판매되어 2013년 351대에 비하여 54.7%가 성장을 하였다.

산업용 장비와 개인용 장비에 대해서 비교를 한다면, 산업용 장비는 2014년 12,850대가 판매되어 2013년 9,870대에서 30% 성장한 것으로 본다. 500만 원 미만의 개인용 3D 프린터의 경우에는 2014년 판매대수는 139,584대로 2013년 72,503대에서 92.5% 성장한 것으로 집계되었다. 금액으로는 2014년 173.5백만 달러로 2013년 87.6백만 달러에서 98.2% 성장했다. 이는 전체 3D 프린터 매출액에서 13.4%를 차지하게 된다. 참고로 2014년 3D 프린터 평균 판매가는 개인용이 1,243 달러, 산업용이 87,140 달러이다.

장비 업체별 점유율에 대해서 언급을 하면, 지난 13년간 계속해서 산업용 시장을 선도하고 있는 업체는 Stratasys 사로 2014년 6654대를 판매하여 51.9%의 시장 점유율을 보이고 있다. Stratasys 사는 FDM과 polyjet 방식을 판매하고 있으며 2014년말 누적 판매대수는 41,869대로 집계되고 있다. 누적판매 제 2위 업체는 3D Systems 사로 17,792대를 판매하였으며 이는 합병된 Z Corp 사의 7029대가 포함된 것이다.

2.4 3D 프린터의 활용

과거 3D 프린터는 다양한 분야에서 사용되고 있는데 크게 4가지 분야로 나누어 볼 수 있다. 첫번째 활용분야는 디자이너들이 컨셉을 확인하는 디자인 목업(mock-up)이며, 두번째는 functional prototyping으로 엔지니어들이 조립성 및 기능성을 확인하는데 필요한 워킹 목업이다. 이 두 분야가 개발 분야의 활용으로 전통적인 3D 프린터의 활용

그림 5. 3D 프린터를 사용해서 제작한 인공 귀.[6] Reproduced with permission of *Nano Letters*, Copyright (2013) American Chemical Society.

분야라고 할 수 있다. 셋째가 제조 라인의 치공구 또는 사출 금형, 프레스 금형, 진공주형 패턴, 정밀주조용 패턴 및 사형주조용 목형 등 각종 도구 제작 분야이다. 마지막으로 다양한 제품들을 소량 생산하는 경우에도 일부 사용이 되었었다. 미래에는 3D 프린터가 자동차, 항공 그리고 의료 분야에서 가장 먼저 적용이 되고 큰 영향을 줄 수 있을 것이라고 많은 사람들은 예측하고 있다. 실제 보잉사의 경우 항공 분야에서 사용하는 일부 부품들을 기존의 제조방법이 아닌 3D 프린터를 사용해서 제작하고 사용하기 시작 했다.[4] 자동차 회사들의 경우에도 시제품을 만드는 것을 넘어서서 실제 부품을 제조하는 용도로 3D 프린터 기술을 연구하고 있으며, 특히 부품의 경량화는 연비 향상과 환경 문제와 직접적인 관련이 있기 때문에 매우 큰 관심을 받고 있다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 의료 분야의 경우 인체 장기 또는 피부조직들을 개인에 맞추어서 디자인 및 제작할 수 있다는 큰 장점을 가지기에 많은 연구가 진행되고 있다.[5,6] 이외에도 소비자들이 직접 완구 또는 장신구를 제작하고, 건물 모형을 만드는 등 많은 가능성이 있을 것이라고 예상하고 있다.

3. 결론

3D 프린터는 시제품 제작(prototyping) 분야에서는 도입기를 지나 초기성장기에 진입하여 많은 기업이 사용하고 있다. 이 기술이 가지고 있는 더 큰 가능성을 실현하기 위해서는 대량 생산 분야에 적용이 되어야 하지만 아직까지 제조 분야에서 3D 프린터 시장은 초기 도입기 상태라고 볼 수 있다. 다만, 기존의 제조 분야에서 수년간 사용하고 있는 절삭 가공 기술과 확연히 구분 되는 장단점을 가지고 있는 만큼 선택적인 분야에서부터 적용될 가능성은 크다고 할 수 있다.

3D 프린터가 더 광범위하게 사용되기 위해서는 다음과 같은 문제들이 해결되어야 한다. 우선 초기 장비 투자가 크고 재료비가 비싸다는 한계를 가지고 있다. 게다가 기존의 제조 기술에 비교하여 제작 속도가 느려서 큰 모형을 만들거나 같은 부품을 대량 생산할 때 생산성이 떨어지게 된다. 재질에 따라서 차이가 있지만, 여전히 3D 프린터를 이용해서 만든 제품들의 강도와 정밀도가 상대적으로 떨어지는 편이고, 무엇보다도 과거에 전통적으로 사용해온 기술에 대한 고정 관념 및 편애 또한 존재한다는 부분들이 3D 프린터가 더 많이 도입되는 것을 어렵게 하고 있다. 마지막으로 제조 방법에 따라 다른 재료를 사용하게 되는데, 제품의 용도와 디자인에 적합하도록 기계적인 특성 등을 만족하는 소재를 개발하는 것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다.

이런 기술적인 부분 이외에도 3D 프린터의 사용률을 늘리기 위해서는 문제를 접근하는 기존 인식의 변화가 필요하게 될 것이라고 예상할 수 있다. 새로운 방식의 기술인만큼 더 큰 효과를 보기 위해서는 개발 초기 단계부터 전혀 다른 방식으로 접근해야 한다는 것이 공론이다. 이런 의미에서 Design for AM(3D 프린터)의 개념을 숙지하는 것이 필요하며, 이를 위한 맞춤형 교육 및 훈련이 요구될 것이라고 예상한다.

참고문헌

1. C. W. Hull, U.S. Patent 4,575,330 (1986).
2. ASTM International Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies 2012 (http://www.astm.org).
3. (a) *Wohlers Report 2013*, Wohlers Associates, Fort Collins, 2013. (b) *Wohlers Report 2014*, Wohlers Associates, Fort Collins, 2014. (c) *Wohlers Report 2015*, Wohlers Associates, Fort Collins, 2015.
4. http://www.prnewswire.com, "Boeing Launches New Manufacturing Venture", 2002.
5. V. Mironov, T. Boland, T. Trusk, G. Forgacs, and R. R. Markwald, *Trends Biotechnol*., **21**, 157 (2003).
6. M. S. Mannoor, Z. Jiang, T. James, Y. L. Kong, K. A. Malatesta, W. O. Soboyejo, N. Verma, D. H. Gracias, and M. C. McAlpine, *Nano Lett*., **13**, 2634 (2013).
7. B. C. Gross, J. L. Erkal, S. Y. Lockwood, C. Chen, and D. M. Spence, *Anal. Chem*., **86**, 3240 (2014).
8. http://www.dezeen.com.