

3D 프린팅 금속계 소재 시장동향 및 전망

이남석 책임연구원, 신훈규 연구부교수 (포스텍 나노융합기술원 연구개발부)

1. 머리말

3D 프린팅 기술은 대량생산 시스템과 노동력이 중심이 되어왔던 기존 제조업에 새로운 혁신을 가져올 차세대 생산기술 중 하나로 주목받고 있다. 오바마 대통령은 2013년 2월 국정연설에서 "3D 프린팅은 지금까지 모든 생산방식을 바꿀 만한 잠재력을 지녔다."고 밝힘으로써 3D 프린팅이 미래 제조업의 혁명을 일으킬 기술로 지목하였고, 영국 The Economist도 3D 프린팅이 제3차 산업혁명을 가져올 기술 중 하나로 소개 하였으며, 2013년 매킨지 보고서는 3D 프린팅을 12가

지의 잠재적인 경제 혁신기술 중 하나로 선정하였다 [1].

매킨지 보고서(2013)에 따르면 3D 프린팅은 전세계적으로 2025년까지 매년 2,300억 달러에서 5,500억 달러의 경제적 효과를 낼 것으로 추정하였으며 [1], 1986년 첫 출원한 3D 프린팅 기술은 당시 대량 생산시대의 흐름, 특허의 권리 등으로 시장 형성이 불가능하였으나 최근 특허 만료, 소비자들의 다양한 제품요구 및 저가 보급형 모델 개발로 최근 가장 큰 이슈로 주목하고 있다.

Stratasys사의 Scott Crump가 출원한 FDM의 원천기술 특허가 2007년 이미 만료되었고, 3D Systems사의 SLS 특허는 2014년 2월 만료

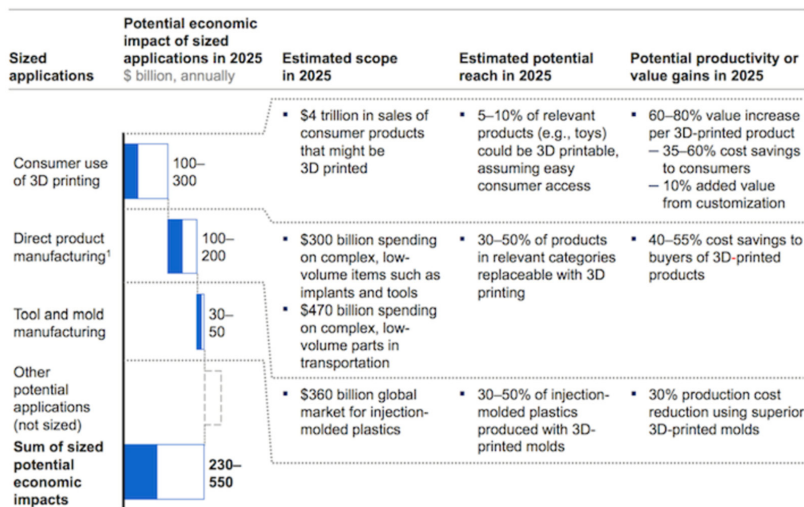


그림 1. 2025년까지 3D 프린팅의 잠재적 경제 효과 추정 (출처: McKinsey & Company (2013)).



되었다. 산업용 3D 프린터는 최소 1~2억에서 수십억 원을 호가하여 실용화되기 어려울 것으로 여겨졌으나 현재는 개인용 조립식 3D 프린터가 70만 원대에 시판 중이다. 3D 스캐너와 CAD 프로그램의 고도화로 다양한 상품에도 개인의 취향이나 욕구를 반영한 제품 생산이 가능해짐에 따라 소비자들의 니즈를 충족할 수 있으며, 또한, 3D 프린팅 기술은 가용 원료가 확대됨에 따라 산업 분야에서도 풍부한 잠재 수요 등 3D 프린팅 활용에 대한 관심이 집중되고 있다.

따라서 본고에서는 3D 프린팅 금속계 소재 시장동향과 전망을 살펴보고, 새로운 기회와 도전이 될 수 있는 요소들을 정리하여 국가 차원의 대응 방향에 대한 시사점을 도출하고자 한다.

2. 3D 프린팅의 정의 및 분류

3D 프린팅은 적층 제조(additive manufacturing) 기법으로 물체를 형상에 맞게 무수한 반복을 통해 쌓아올린 인쇄(McKinsey, 2013)로 정의할 수 있다. 3D 프린팅의 적층제조 방식은 전통적인 제품생산 방식인 재료를 깎거나 잘라서 생산한 절삭 제조(subtractive

manufacturing)의 방식과 대조된다. 3D 프린터는 사용하는 재료에 따라 액체기반형, 분말기반형, 고체기반형으로 구분하며 각 방식에 따라 조형 속도, 정확도 등에 있어 장단점이 존재한다 [2-4].

3. 금속계 소재의 적층 가공 (additive manufacturing) 개발동향

금속계 재료를 사용하는 3D 프린터는 [5] 이미 병원에서 보철용 뼈 등을 제작하는데 이용이 확대되고 있다. 특히, 치과 분야에서 임플란트 기술 전 모형물 제작에 활용하고 있고 암 수술에서는 뼈의 골격을 3D로 측정해 얼굴과 눈의 ham몰을 최소화하는 데 성공한 바 있다. 최초 금속계 프린팅 시도는 1880년대로 거슬러 올라간다. 이 시기 최초의 용접공들이 카본 일렉트로드 아크(carbon electrode arcs)를 사용하여 두 개의 금속계를 융합하였다. 대중이 손쉽게 3D 프린팅을 접할 수 있게 한 결정적인 이유는 레이저였다. 스프레이 용접은 수십 년 동안 사용된 테크닉으로서 낡은 모터 축들을 재건하는 데 사용되지만, 통제된 침식 출력(additive printing)에 쓰이기엔 많이 부족하다.

최신의 공법들과 경쟁할 수 있는 가장 빠른 금속계 프린팅 공법은 아마도 결합제를 함유한 분말 금속계 복합체를 침전시키는 것이다. 각 층들이 침전된 이후에 결합제가 녹아 금속계가 일시적으로 함께 고정되게 되고, 이어서 최종적으로 오븐에서 굽게 되면 융합이 일어난다. 부품들 또한 이 방식으로 프린트하거나

표 1. 3D 프린터의 분류.

재료	재료 종류	조형방식	제품 예
액체 기반형	액체 형태의 재료	레이저나 강한 자외선을 이용하여 재료를 순간적으로 경화하여 형상 제작	미국 3D systems의 SLA 시스템
분말 기반형	미세한 플라스틱 분말(powder), 모래, 금속 성분의 가루 등	분말 형태의 재료를 가열한 후 결합하여 조형. 재료 형태에 따라 접착제를 사용하거나 레이저를 사용하는 프린터가 있음	· 미국 3D systems의 SLS 시스템 · 독일 EOS의 SLS 시스템
고체 기반형	와이어 또는 필라멘트 형태의 재료	필라멘트 등 열가소성 재료를 열을 가해 녹인 후 노즐을 거쳐 압출되는 재료를 적층하여 조형	미국 Stratasys의 FDM 시스템
	약스 성질을 가진 패렛(작고 둥근 알 또는 공 모양의 일경이)	재료를 헤드에서 녹여 노즐을 통해 분사	이스라엘 Objet사의 Polyjet 시스템
	얇은 플라스틱 시트나 필름 형태의 재료	플라스틱 시트를 접착하면서 칼을 사용해 절단 후 적층하여 조형	미국 Helisys의 LOM 시스템

출처: KB금융지주 경영연구소(2013)

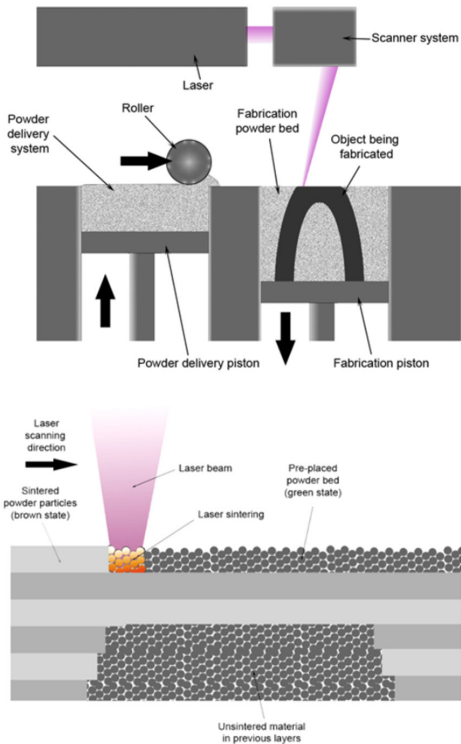


그림 2. 선택적 레이저 소결 조형(selective laser sintering, SLS) (출처 <http://xyzist.com/wp-content/uploads/2013/04/SLS.jpg>).

셸(shell)을 프린트하여 더 낮은 용점을 지닌 금속계를 위한 주형틀로 사용할 수 있다.

다른 기술 방식에 비해 선택적 레이저 소결 조형(selective laser sintering, SLS)은 상업적으로 이용 가능한 넓은 범위의 다양한 원료를 사용할 수 있다는 장점이 있다. 원료들로는 나일론, 고분자 폴리스티렌, 금속, 티타늄, 합금 혼합물을 포함한 금속 및 녹색 모래 등이 있다 [6].

4. 금속계 소재 3D 프린터 주요 공급업체 동향

사우스캐롤라이나의 3D Systems와 미국

미니애폴리스에 위치한 선도적인 미국 기업 Stratasys까지 몇몇 업체들은 이미 수년간 금속계 소재 3D프린터 생산의 선구자 역할을 해오고 있다. 관련 업체들은 우주항공 분야부터 학문 분야까지 고객 저변을 넓히고 있다. 독일의 EOS와 스웨덴의 Arcam은 금속계 재질의 최종 소비자 단계 제품을 만드는 장비 제작의 유럽 선두업체들이다. 이 두 유럽회사는 단순히 다른 3D프린팅 결과처럼 프로토타입을 만드는 것에 그치지 않는다. Arcam은 전자빔 용해(electron beam melting, EBM)로 먼저 시작해 박차를 가했다. EBM 공정이 일어나는 동안 전자 빔은 금속계 파우더를 녹여서 층층이 쌓아 올리는 반복적인 공정을 거쳐 물리적인 물체를 만들게 된다. Arcam EBM 장치들은 파우더베드 설정을 사용하여 여러 파트를 같은 빌드(build: 물체가 만들어지는 과정과 연관된 물리적 공간을 의미)에서 만들어 낼 수 있다. Arcam은 두 종류의 메인 금속계 소결 기계 가공 시스템(main metal-sintering machine system)을 지니고 있는데, 이는 소규모 작업을 위한 A1, 비행기 부품과 같은 더 큰 작업을 위한 A2로 나뉜다. 이 시스템들은 전자빔 용융기를 이용하여 금속계 파우더들을 같이 융합하는 방식이다.

EOS는 2년 전 동사의 플래그십 모델 EOSINT M280 시스템을 출시했다. 이 모델은 기존 270 모델의 대체였는데, 270 모델 또한 이미 금속계 적층가공 분야에서 선두주자였다. EOS와 Stratasys는 주로 플라스틱 주입기술을 사용한다. 이 회사들은 자신들의 장치로 부품들을 프린트하여 그 부품들로 더 많은 프린터를 만들고 있다. 일부 보고서에 따르면, 유럽의 디자인과 생산업체들은 적층 기술을 만들어내고 사용하는 데에 미국보다 더 발전했다고 전해지고 있다.(특히 의료와 치과치료 분야) 또한 Boeing, Airbus와 같은 회사들과 심지어는 NASA까지도 이미 EOS나 Arcam과 같은 회사들의 시스템을 사용하고 있다.



5. 3D 프린팅의 금속계 소재

이미, 3D프린팅에 쓰이는 금속계의 종류는 시간이 지날수록 다양해지고 있다 [7]. 예를 들면, 마레이징 강(Maraging Steel)은 시리즈 툴링(series tooling)에 사용되었다. EOS Maraging Steel MS1은 마르텐사이트(martensite) 강화가능 강철로서, 이 강철의 화학적 구조는 US classification 18% Ni Maraging 300, European 1.2709, German X3NiCoMoTi 18-9-5와 일치한다. 이러한 종류의 강철의 특징은 강도가 우수하고 높은 인성을 지닌다는 것이다. 물체들은 구축과정 이후 어렵지 않게 가공할 수 있으며, 또한 추후 50 HRC 이상으로 강화될 수 있다. 이들은 또한 우수한 연마성을 지닌다. 이러한 종류의 강철들은 세리 사출 성형(serie injection moulding) 제품에 사용되며 알루미늄 압력 주조(aluminium die casting)와 같은 툴링 용도에도 쓰인다. 티타늄은 점진적으로 사용빈도가 늘고 있다. 널리 알려진 이 가벼운 합금의 특징은 우수한 기계적 성질들을 지녔다는 점과 부식에 대한 내성, 낮은 비중량, 생체 적합성 등으로 다수의 장점을 갖추고 있다. 이러한 특성들로 인해 티타늄은 바이오메디컬 임플란트에 매우 적합한 소재로 알려지고 있다.

6. 3D 프린팅 금속계 제품

6.1 의료제품

3D프린터에 적용될 수 있는 금속계소재가 늘어남에 따라 제작될 수 있는 제품의 수 또한 비례적으로 증가하고 있다. 3D프린팅은 이미 의료분야에서 사용되고 있는데, 주로 외과적, 진단적 보조기구들은 만들고 인공 신체부위와 의료제품, 조직엔지니어링, 의료 도구와 장비들의 디자인 등에 두루 쓰이고 있으며, 맞춤형 무릎 임플란트(implant)와 같은 의료제품이 더 만



그림 3. Knee implant(출처, EOS).

들어지고 있다. 무릎 임플란트(implant)는 직접 금속계 레이저 소결공법(direct metal laser-sintering, DMLS)에 의해 만들어 진다. 아래 임플란트는 생체적합 코발트크롬 합금으로 만들어 졌다. Stryker Orthopaedics(미국 미시건주에 있는 의료기술 업체)는 임플란트의 여러 부위를 하룻밤 새 자동으로 만들 수 있으며, 환자 개개인의 요구에 맞출 수 있다.

3D프린팅 기술은 의료목적의 모델들을 물리적으로 실현할 수 있는 가장 효과적인 수단이라고 할 수 있다. 3D 이미징 기술은 의료분야에서 사용되고 있으며(CT 데이터), 오늘날 흔히 CAD/CAD 기술과 함께 쓰여 외과 의사들에게 맞춤 솔루션을 제공한다. CT 데이터의 복잡함을 고려해 보면, 3D프린팅 기술에 기반한 자동 생산을 이용하여 환자의 데이터에 근거하여 모델을 제작하는 것은 탁월한 선택이라고 할 수 있다.

6.2 자동차 제품

자동차 산업은 3D프린팅이 가장 많이 사용되는 분야 중 하나이며, 전체 상업 3D프린팅 서비스의 약 20%를 소비하며 이는 소비재와 전자 분야 다음으로 많은 것으로 나타나고 있다. 현재, 응용 분야는 대형 3D프린터를 사용하여

제품 개발을 위한 고속 프로토타이핑에 국한되고 있지만, 점차 낮춰지는 가격과(개인용 3D프린터의 가격대는 수천달러 수준) 분야의 성숙해져 가는 성숙도(기계 제작, CAD 소프트웨어 개발자, 디자이너, 생산자, 수집기 사이트 & 유저)으로 보아 3D프린팅은 점차 주류로 자리 잡을 것이라 전망된다. Objet Ltd.는 2012년 2월 12일부터 15일 기간 동안 샌디에이고에서 열린 SolidWorks World에서 StreeScooter의 자동차 대시보드를 실물크기의 3D프린터로 구현한 것을 선보였다. 미국에서 첫 선을 보인 이 대시보드는 환전 조립된 프로토타입으로서 다중소재 프린팅 방식으로 만들어졌다. 이 다중 소재 중엔 ABS와 비슷한 Objet의 digital material도 있었으며, 디스플레이 스크린과 대시보드의 외관과 느낌, 기능을 모방하기 위해 다른 세부 사항들을 구현해냈다.

6.3 자전거

에어버스의 모회사인 방산업체인 유럽 항공방위우주산업(EADS)이 제작한 자전거 에어 바이크는 3D프린터에서 찍어내자마자 바로 탈 수 있다. 페달과 핸들, 바퀴까지 한 번에 찍어낸 뒤 체인과 타이어만 부착하면 바로 굴러간다. 인쇄한 직후 페달을 밟으면 바퀴가 굴러가며 조립한 것이 아니므로, 정기적으로 수리를 하지 않아도 된다. 에어 바이크는 나일론 가루를 붙



그림 4. 유럽 항공방위우주산업(EADS)의 에어 바이크.

인 레이어를 겹겹이 쌓아 인쇄했다. 강철이나 알루미늄으로 만든 기존 자전거보다 약 40%나 가볍다. 가장 매력적인 점은 3차원 설계를 수정하면 내 체형과 기호에 맞게 안장 높이와 바퀴 크기, 색깔과 디자인을 바꿀 수 있는 맞춤형 자전거이다.

7. 금속계 3D 프린팅의 전망

대두되고 있는 두 개의 기술(직접 금속 레이저 소결법: DMLS, SLS)들이 더욱 높은 해상도의 물체들을 만들 수 있게 해 줄 것이다 [6,8]. 이중광자레이저 양생공법은 레이저 흡수체들을 결합체에 적용하여 고도의 정밀함을 가능하게 한다. 결합체들은 오직 두 광자를 동시에 흡수할 때만 활성화된다. 점차 사용빈도가 늘어나는 다른 툴(tool)은 펨토초 레이저(femtosecond laser)라고 불리운다. 이 기술은 본래 미세 기계 가공이나 시력교정 수술과 같은 고급 시스템들에 쓰였지만 현재는 3D 프린팅에서 용도를 재발견하고 있다. 사파이어 크리스탈을 소재로 사용하는 것에서 볼 수 있듯이, 아직까지 펨토초 레이저는 비용 면에서 봤을 때 쉽게 쓰기 어렵다. 이 기술은 펄스 압축을 사용하여 대량의 광 에너지를 매우 짧은 펄스에 응축하여 낮은 파워를 지닌 레이저로 하여금 금속계를 융합할 수 있게 해준다. 산화알루미늄은 사파이어와 화학적으로 동일하지만 구조적으로는 사파이어가 가진 투명도를 지니지 않는다. 산화알루미늄은 프린팅 될 수 있고 융합될 수 있다.

8. 맺음말

3D 프린터에 사용될 수 있는 금속계는 많지 않다. 그 이유는 분말 제조기술이 난이도가 높고 각 합금마다 조건이 틀리기 때문이다. 현재 사용되는 금속계는 알루미늄 합금, 순티타늄 및 그 합금, 스테인레스 합금류, Fe-Cr-Ni 강, 마



르에이징강, Inconel 초내열 합금, 귀금속계 등에 제한적으로 사용되고 있다. 또한 국가과학기술정보시스템(NTIS) 및 산업통상자원부 과제관리 시스템을 통한 검색 결과 산업 분야별 3D 프린터 활용 산업적 이용률은 산업용 소비재 및 전자장치 21.8%, 자동차 18.6%, 의료기기 16.5% 등 1위에서 3위를 차지하고 있다.

그러므로 3D 프린팅 금속계 소재를 활용한 의료 산업(인공 치아, 인공 장기, 인공 관절, 인공 뼈, hemi-knee 조인트, human body 등), 자동차 산업(대쉬보드, 바디패널, 하이브리드 트랜스미션, 엔진 블록 코어 등), 전자산업(금형, GPS 디바이스, 반도체 집적레벨 등)에 과감한 투자와 소재 관련 물성기구 평가, 신뢰성 평가를 통한 3D 프린팅 소재개발을 선도하는 것이 매우 중요하다. 적층가공 분야 금속 소재 시장은 2025년 경 6천억 원 이상으로 성장할 전망이다(Wohlers Report, 2013) 본 개발을 통하여 국내 시장이 전무한 상태에서 향후 장비 및 재료의 내수 시장 대응이 가능하며, 더 나아가 수출 산업으로의 가능성을 선점할 수 있으리라 생각한다.

참고 문헌

- [1] 한국보건산업진흥원, '3D 프린팅 기술이 바꿀 보건산업의 미래', 보건산업브리프, 2014.
- [2] International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, '3D Printing,' 2013.
- [3] NIPA, '3D 프린터, 차세대 제조업 혁신 주도 전망', 주간기술 동향, 2013.
- [4] 3D 프린팅 기술 동향, 'CT 인사이트', 2013.
- [5] 분말야금기술회보, '3D 금속 프린팅기술의 국내외 현황과 과제', 2014.
- [6] 지식산업정보원, '3D 프린팅산업 시장/기술동향과 주요 산업분야별 활용사례분석', 2013.
- [7] IRS Global, '3D 프린팅(프린터, 소재) 시장, 기술 전망과 국내외 참여업체 사업전략', 2013.
- [8] KISTI market report, '금형산업과 3D 프린팅 기술의 짜릿한 만남', 2013.

저자약력



성명 : 이남석
 ◆ 학력
 • 2007년
 동아대학교 공과대학
 전기공학과 공학박사

- ◆ 경력
- 2007년 - 2008년 인제대학교 의생명화학과 박사후연구원
 - 2008년 - 2009년 계명대학교 화학공학과 연구교수
 - 2009년 - 2010년 한양대학교 화학과 연구교수
 - 2010년 - 2011년 순천대학교 인쇄전자공학과 연구교수
 - 2011년 - 현재 포스텍 나노융합기술원 책임연구원



성명 : 신훈규
 ◆ 학력
 • 1999년
 동아대학교 대학원
 전기공학과 공학박사

- ◆ 경력
- 1996년 - 1999년 일본 AIST 방문연구원
 - 2005년 - 2006년 미국 Univ. of Houston 방문 교수
 - 2006년 - 현재 포스텍 나노융합기술원 연구개발부 연구부교수

