

금속 3D 프린터와 CNC로 제조혁신

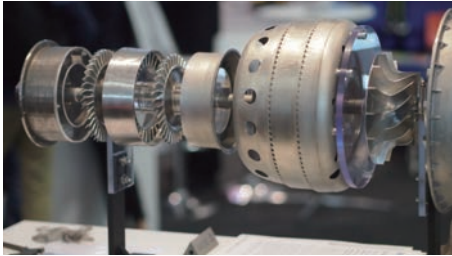
I. 금속 3D 프린팅, 실용성 있는 부품제작

3D 프린터의 활용이 일반인들의 제품개발은 물론 산업용으로 그 활용범위가 산업 전분야에 걸쳐 확대되고 있다. 특히, 제조산업분야에서 3D 프린터 기술을 발전시켜 미래산업의 변화에 매우 큰 영향을 줄 것으로 예측하고 있다. 3D 프린팅을 위한 기술로서 플라스틱 소재를 하는 3D 프린팅 기술은 ABS소재를 기반으로 한 용융수지 압출방식인 FDM(Fused Deposition Modeling), 나일론 계열 소재를 기반으로 선택적 레이저 소결 방식인 SLS(Selective Laser Sintering), 액상 레진 재료를 레이저 광조형 방식인 SLA(Stereo Lithography Apparatus)와 다중 분사 프린팅 방식인 Multi-jet 방식으로 지금까지 가장 널리 소개되며 활용되고 있는 3D 프린터 기술들이다. 또한, 금속 3D 프린터는 독일 EOS사의 선두로 DMLS방식의 시스템이 전세계 시장의 대부분을 점유하고 있으며 최근 항공분야와 의료산업 및 자동차산업에서 고품질의 첨단 금속분말 소재기술과 IT기술의 융합과 특정산업분야의 연계를 통해 고부가가치 시장을 형성하고 있다. 금속 3D 프린터 기술로는 PBF(Powder Bed Fusion)방식과 DED(Direct Energy Deposition)방식이 있으며 또한, DMT(Laser-aided Direct Metal Tooling)방식으로 금속분말을 이용하여 직접 제품을 제조하는 방법으로 분말을 적층시키면서 레이저나 전자빔의 고출력 소스를 이용하여 순간적으로 용융, 금속분말을 서로 결합시켜 제품을 만들고 CNC(Computer Numerical Control) 절삭공구를 이용하여 Micro 단위의 정밀절삭을 통하여 고품질의 제품을 생산하는 방식 등이 있다. 특히, 중국은 이분야에서 최근 몇 년간 공격적 투자가 이루어지고 있으며 우주항공 분야에서 금속 3D 프린팅 기술의 접목과 상용화에 노력하고 있는 추세이다.

산업용 제품생산을 위한 3D 프린팅 기술은 레이저 방식으로 적



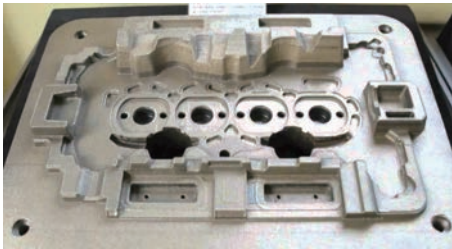
이양창
대림대학교 기계과 교수



〈그림 1〉 제트엔진 3D 프린팅



〈그림 3〉 3D프린터를 이용한 주조 샌드몰드제작(독일AC테크)



〈그림 2〉 금형 3D 프린팅



〈그림 4〉 프린팅 → CNC가공(터빈케이스-스테인레스강)

층하는 3D 프린터 기술로 금속과 주물사 소재의 적용이 가능하여 기계 부품뿐만이 아니라 약세서리, 의료 기구 등 다양한 제품을 생산할 수 있다. 해외에선 로컬모터스(Local Motors), 필립스(Phillips), 머티리얼라이즈(Materialise), 나사(NASA), 제너럴 일렉트릭(General Electric), 록히드마틴(Lockheed Martin), 보잉(Boeing), 구글(Google) 등이 소재개발은 물론 3D 프린팅 기술을 활용한 공장형태의 제조시설을 운영 중이며 특히, 컴퓨터로 인쇄물을 만들어내는 ‘데스크톱 퍼블리싱(Desktop publishing)’ 시장도 열리고 있다. 이처럼 출력물을 판매하는 시장이 열리자 3D 프린팅 출력물의 주요 성분이 플라스틱에서 금속으로 넓어지면서, 3D 프린팅 산업이 ‘1인 제조업(Officefactory), 자동화공장(Smartfactory)’의 형태로 발전하고 있다.

현재 금속 3D 프린터를 활용하고 있는 대표적인 국가는 일본, 독일, 중국, 미국 등이다. 일본 고이와이는 최근 3D 프린터 주물 기업으로 급부상했으며 독일 AC테크는 CNC와 3D 프린터를 결합한 주조산업 형태로 운영되고 있다. 중국의 건설업체 윈선그룹은 두바이 건설사에서 3D프린터를 활용하고 있다. 미국 GE에선 금속 3D 프린터로 제트엔진 노즐을 제작했다. 기존엔 20개가 필요했던 제트엔진 부품이 하나로 결합되자 내구성이 5

배로 상승하였다고 한다. 또한, GE는 연간 75%의 생산비를 절감할 수 있게 되었고, 미 국방성(United States Department of Defense), 록히드마틴(Lockheed Martin), 신시내티 툴 스틸(Cincinnati tools), 오토리지 연구소(Oak Ridge National Laboratory, ORNL) 등 우주항공분야의 선두 그룹들도 금속 3D 프린팅을 활용한 제품을 생산하고 있다. 항공기 부품들은 내외부 골격을 3D 프린터로 프린팅 하는 방식이다. 한국에서는 (주)인스텍사에서 개발한 금속 3D 프린터로 한국형 미국산 전투기 F-15K 고압터빈(HPT)의 부품을 금속 3D 프린터로 제작해 장착한 사례도 있다.

또한, 금형 산업 역시 금속 3D 프린팅 기술을 활용하면 경쟁력을 갖출 수 있다고 평가되는 산업군 중 하나다. 제작공정이 현저히 줄어들어 단가가 낮아지고 설계와 생산 과정에서 소비자의 요구를 반영하기가 쉬워졌다. 의료 분야에서도 금속으로 제작할 수 있는 3D 프린팅은 매우 중요하다. 치아 보철, 수술용 가이드, 재활의료, 의료 교육 등 환자의 특성에 맞춰 개별 제작한 금속재 의료 기구가 쓰이는 곳이 많기 때문이다. 일본에선 산학관이 연계하여 의료분야는 물론 기초산업과 첨단산업을 융합하는 생산기술을 개발하기 위한 사업을 진행 중으로 알려지고 있다.

II. 3D 프린팅 제품 활용도 증가, 생산공정의 변화

미국의 전기 자동차 회사 로컬모터스(Local Motors)는 약 560평 크기의 작은 공장에서 대형 3D 프린터 두 대로 자동차를 제작한다. 첫 번째 프린터로는 플라스틱과 카본 섬유를 혼합한 원재료를 넣어 자동차 외형을 적층하고 다른 프린터는 이 외부 모형을 절삭가공(5축 CNC 머신)하여 최종 자동차 외형을 완성한다. 3D 프린터 한 대를 가동해 약 44시간 정도면 전기 자동차 1대를 만들 수 있다. 이처럼 3D 프린터가 이전의 제품생산 장비들을 대체하는 새로운 시장이 열리고 있다. 특히 3D 프린팅 산업은 컴퓨터를 비롯한 장치들이 인터넷을 매개로 하기 때문에 전세계에 산재한 3D 프린터로 제품을 생산할 수 있는 독특한 생산 환경도 구축하여 운영 할 수 있다.

또한, 자동차 타이어 제조업체는 3D 프린터를 이용하여 타이어 표면의 홈 무늬(Tread pattern) 성형용 몰드 제작에 사용하고 있다. 트레드 패턴은 미세한 변화에 따라 차량 구동과 제동, 선회 성능, 승차감, 소음 등 타이어 성능에 영향을 주는 핵심 요소다. 기존 밀링 방식으로는 복잡한 패턴을 정확하게 형성하기 어려웠지만 3D 프린팅 기술로 복잡한 트레드 패턴을 제작할 수 있기에 성능

개선을 위한 패턴 변화를 빠르게 양산 제품에 적용할 수 있고 오류 수정과 불량률 감소에도 크게 기여하고 있다.

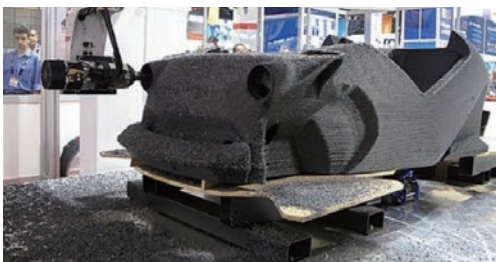
특히, 항공산업에서는 3D 프린터가 부품 양산에 직접 사용된다. 보잉(Boeing)과 제너럴일렉트릭(General Electric:GE), 하니웰(Honeywell), 록히드마틴(Lockheed Martin), 에어버스(Airbus) 등 글로벌 업체는 대부분 금속 소재와 플라스틱 소재 등 부품별로 3D 프린팅 기술 적용 분야를 분류해 범위를 늘려가고 있는 추세이다. 고부가가치 정밀 제품을 다품종 소량 생산하는 만큼 양산 효율성을 다소 떨어지더라도 복잡한 형상을 정확하게 만들 수 있는 3D 프린팅이 성능 향상에 유리하기 때문이다. 기존 공법으로는 8개 부품을 따로 만들어 조립해야 했던 부품을 일체형으로 만들 수 있고 부품 내부를 3차원 구조로 설계해 무게를 줄이면서 강도를 높일 수 있다. 향후 보잉(Boeing)은 2만 2,000여종 군용기와 여객기용 항공 부품을 3D 프린터로 만들어 공급할 계획이다. 플라스틱 소재로 구성된 인테리어 내장재와 에어덕트부터 금속 프린터로 직접 가공하는 제트엔진용 블레이드, 연료 노즐 등이다. GE도 별도 연구센터를 설립, 2020년까지 10만종 제트엔진 관련 부품을 생산할 방침이며 중국 항공·우주비행연구소는 길이 12미터에 달하는 3D 프린터로 에어버스, 보잉 등과 경쟁할 비행기용 부품 제



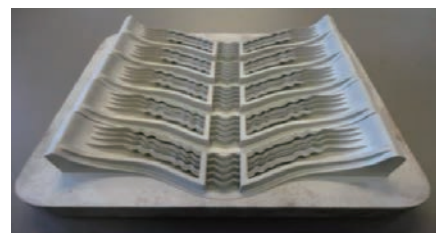
〈그림 5〉 3D 프린터에 의한 외형제작



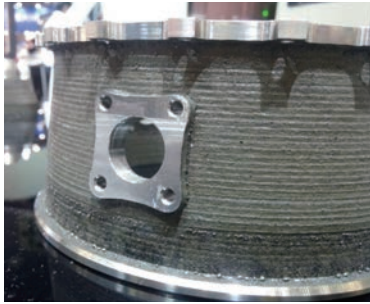
〈그림 7〉 타이어 금형 CNC가공



〈그림 6〉 5축 CNC를 이용한 외형가공



〈그림 8〉 타이어 트레드 3D 프린팅



〈그림 9〉 금속 3D프린터와 CNC머신을 이용 하여 제작된 제품



〈그림 10〉 DMT 장비에서 제작된 제품(금속프린팅 → CNC가공)

작을 연구하고 있다.

그리고, 스위스 명품 시계브랜드인 롤렉스(Rolex)와 같은 소비재 산업에서도 3D 프린터를 디자인과 성능, 조립성 검증 테스트용 시제품과 양산용 금형 제작에 이용하고 있다. 이런 분야에서 미국은 국가 3D 프린팅 연구기관 NAMI(National Additive Manufacturing Innovation Institute)를 중심으로 중소 금형, 주조 업체 3D 프린팅 적용 사례가 늘고 있다. 또한, 중국에서도 제품 양산 공정에 3D 프린팅을 응용해 품질과 성능을 향상시키는데 공을 들이고 있다” 이는 기존 공정을 그대로 사용하되 품질



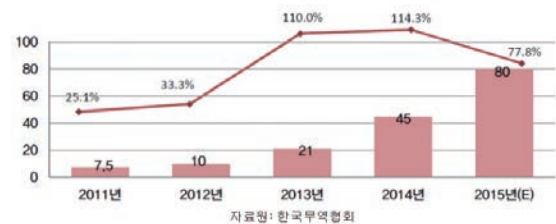
〈그림 11〉 3D 프린터로 제작된 롤렉스(Rolex) 시계

과 불량률을 낮추고 금형 개발과 제작기간, 제품 개발주기 단축 등을 위해 산업용 3D 프린터를 접목하고 있다.

Ⅲ. 기존 생산기술과 3D 프린터를 접목한 제조혁신

3D 프린터는 이미 많은 매체를 통하여 일반인에게 소개되고 다양한 산업에 접목되고 있는 현실과 달리 금속 3D 프린터는 고가의 장비 투자비용 및 기술적 Know-how를 필요로 하는 일반 기업에서 활용하기에는 현실적으로 어려움이 있지만 기존 생산기술(가공)에서 구현할 수 없는 공학시뮬레이션(CAE)을 통한 최적화된 형상설계로 복잡한 유로가 접목된 항공제품과 냉각을 최적화한 금형제작, Prototype parts, End-parts(3D 프린팅 → CNC가공)로 무한한 가능성을 가진 시스템으로 발전하고 있다.

국내 금속 3D 프린팅 기술력은 아직 미미한 수준이지만 관련 전문기업체에서 DMT방식을 채택한 금속 3D 프린터를 출시하여 유럽에 수출까지 하는 성과를 올리고 있다. 또한, 주조분야의 셀코어를 3D 프린팅하여 주조공정에 사용할 수 있는 3D 프린터를 국내기업에 개발에 성공하여 제품으로 출시하였다. 이처럼 산업용 3D 프린터 국산화를 위해 정부에서 주도하는 융합형 3D 프린팅 사업과 수요 산업과의 연계와 R&D 인프라 구축과 금속 3D 프린터에 대한 기존 사고의 틀을 깨고 전세계 글로벌 기업들의 활용에 대한 벤치마킹과 국내 산업과 연계하여 향후 시장 주도권을 확보할 수 있는 기술력을 축적하는 것이 시급한 실정이다. 현재 독일 3D 프린터 시장은 특정 기술이 선도하지 않는 미성숙 시장으로 보고 있다. 무엇보다 신기술 개발 기업의 발빠른 제품 홍보와 시장 진입



〈그림 12〉 중국 3D 프린터 시장규모와 성장추이(단위:억 위안)

이 향후 시장을 선도하는데 주요 요인으로 작용할 것으로 예상하고 있다. 따라서, 국내기업의 적극적인 기술개발은 물론 판로 개척이 필요한 시기라 말할 수 있다.

중국의 경우 3D 프린터 산업의 2014년 시장규모는 약 45억 위안이고, 2016년에는 1,000억 위안을 넘을 것으로 전망하고 있다. 3D 프린터 산업에서 비록 후발주자이긴 하지만 고속성장 중이며, '제조중국 2025', '2015~2016년 국가 적층가공산업 발전추진계획' 등 정부가 적극적으로 지원하는 산업이다. 중국의 3D 프린터 산업은 세계 30위 기업 중에 8개사가 포함돼 있고 기술특허 출원건수도 세계 3위를 차지하는 등 중국 3D 프린터 산업의 성장 가능성이 매우 높은 상황이다. 기술개발을 위해 정부차원에서 적극적으로 지원하고 있는 것이 3D 프린팅 기술발에 큰 도움을 주고 있다. 따라서, 의료, 바이오, 항공분야, 금형, 제품생산 기술력이 우수한 한국 기업들이 기존 생산기술력을 접목한 금속(기타 소재) 3D 프린터 개발로 진출한다면 중국뿐만 아니라 세계적인 3D 프린터 시장으로 진출이 용이할 것으로 예상된다.

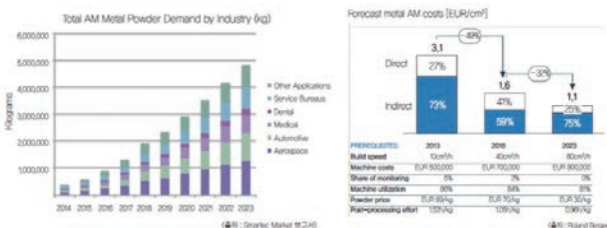
이처럼 금속 3D 프린터의 개발이 급성장 하는데 있어서 대표적인 기업은 독일 EOS사와 일본의 Matsuura사의 경우가 대표적인 기업이라 할 수 있다. 이들 기업들은 금속 3D 프린터 시장은 확보하기 위해 발빠르게 기술개발에 적극인 투자를 하고 있듯이, 기존 CNC공작기계 기업들도 기존 가공기술과 금속 3D 프린터와 CNC공작기계를 접목한 기술들을 개발하여 기존 생산시스템을 획기적으로 혁신하는 기술들을 개발하여 판매하고 있다. 대표적으로 CNC공작기계업체인 DMG MORI와 YAMAZAKI MAZAK인 경우로서 DMT방식을 이용한 금속 3D 프린터와 CNC 가공기술을 접목한 복합장비들

을 출시하고 있다.

3D 프린터 시장은 크게 장비, 소재, 제품, 교육 및 소프트웨어 등의 서비스로 크게 나눌 수 있다. 2020년쯤에는 현재 시장의 약 3배 정도 성장할 것으로 예상되고 있으며, 프린터 설비보다는 소재와 제품 시장이 성장 가능성이 더욱 높아질 것으로 예상하고 있다. 2012년 전세계 금속 프린터는 총 190대가 판매됐으며, 독일 ConceptLaser사의 경우 2014년에 111대를 판매하는 등 EOS, SLM와 같은 독일기업이 시장의 70% 이상을 차지하고 있다. 시장조사 기관인 "Smartech Markets Publishing"사에 따르면 3D 프린터용 금속분말 시장 규모를 올해 약 600톤 정도의 수요를 예상하고 있으며 2019년 2,300톤, 2023년 4,800톤으로 현재의 약 8배 이상으로 증가할 것으로 보고 있다. 또한, 금속 3D 프린팅 산업의 확대를 위해 금속 잉곳 가격의 20~30배 수준인 분말 소재의 가격이 점차 낮아질 것으로 조사기관인 Roland Berger의 자료에 따르면 금속분말 소재 가격이 2023년쯤에는 2013년을 기준으로 1/3 정도로 떨어질 것으로 예상하고 있다. 소재 가격의 하락이 금속 3D프린팅 산업의 규모를 크게 확대시키는 데 기여할 것으로 전망하고 있다.

IV. 국내기업, 기술개발과 더불어 판로 개척 필요

현재 금속 3D 프린팅 기술을 접목하여 생산현장에 확산하기는 그리 쉽지는 않다. 제품의 가격과 사용되는 재료의 가격은 물론 생산된 제품의 신뢰성이 해결되어야 한다. 그러나, 모든 산업분야에서는 다양한 소재와 그 응용성을 국가차원에서 지속적으로 개발한다면 새로운 부가가치를 올릴수 있는 생산시스템을 개발, 적용할 수 있을 것이다. 또한, 이러한 복합적인 생산제조와 관련된 인력 배출에도 새로운 분야로 도전할 분야이다. 세계적인 글로벌 기업들의 우수한 기술과 생산능력과 마케팅 능력으로 세계적인 생산 시스템을 바꾸고 있는 이러한 변화속에서 부가가치를 높일 수 있는 생산기술의 개발로 생산성 향상은 물론 국가 경쟁력을 키워야할 때라고 할 수 있다. 현



〈그림 13〉 금속 3D 프린터 시장에서 금속재료(Powder)의 수요와 가격 변화 예측



재, 금속 3D 프린터를 접목한 생산 시스템 적용이 아닐지라도 개발 세계 경쟁속에서의 우위를 갖기 위해서는 관련 기술을 기존 기술과 융합한 기술을 적극 개발하여 현장에 적용해야 하는 중요한 시기이다. 세계적인 기업들이 금속 3D 프린터를 도입하여 실질적인 제품을 개발하고, 생산에 활용하면서 기술력이 크게 성장하고 부가가치가 매우 높은 제품들을 생산하고 있다. 따라서, 우리나라도 장비 개발과 금속 3D 프린터와 CNC 머신의 기술력을 접목한 기술을 개발하여야 하며 또한 관련 소재(분말)개발과 제조기술확보와 응용분야 개척을 통해 시장규모를 확대함으로써 경쟁력을 키워야 한다.

참고 문헌

- [1] 3D프린터, '자동화 공장' 형태로 발전뷰티플사인
- [2] Handelsblatt, MTU Aero Engines 및 KOTRA 프랑크푸르트 무역관 자료 종합
- [3] The Sciencetimes July 11, 2016
- [4] http://www.hellot.net/new_hellot/magazine/magazine_read.html
- [5] http://www.mirai-kougaku.jp/rep_teacher/pages/131004.php
- [6] <http://www.3ders.org/articles/20141105-mazak-unveiled-hybrid-metal-3d-printer-with-multiple-heads.html>



이양창

- 2007년 2월 경기대학교 기계공학과 공학박사
- 2002년 2월 경기대학교 기계공학과 공학석사
- 2015년 7월~현재 대림대학교 지식정보원장
- 2013년 1월~2015년 6월 대림대학교 기계과 학과장
- 2010년 3월~현재 대림대학교 기계과 교수

〈관심분야〉

CNC, CAM, 3DPrinter, MicroMachine, SmartFactory