

# 적층제조기술 응용사례 및 최신기술동향

이 재 향 · 박 성 준\*

한국교통대학교 기계공학과

## Review of Recent Trends and Technology for Additive Manufacturing

Jaehyang Lee · Sung-Jun Park\*

Department of Mechanical Engineering, Korea National of Transportation, 50

Daehak-ro, Chungju-si, Chungbuk 380-702, Korea

(Received 2016.02.24 / Accepted 2016.05.19)

**Abstract** : Additive manufacturing is converting a digitally designed object into a tangible three dimensional solid using an additive process where materials are applied in successive layers with no or very limited material waste. It can be distinguished from traditional manufacturing which begins with a fixed amount of raw material and removes excess to arrive at the final product. Generally there are five stages to the additive manufacturing supply chain, namely materials, systems, software, application design and production. In this paper, recent market trends and technology about additive manufacturing based on supply chain are analyzed and reviewed

**Key words** : Additive Manufacturing, 3D Printing, SLA(Stereolithography Apparatus), SLS(Selective Laser Sintering)

### Nomenclature

- AM : additive manufacturing technology
- STL : stereo lithography
- PP : photo polymerization
- MJ : material jetting
- ME : material extrusion
- PBF : powder bed fusion
- BJ : binder jetting
- DED : direct energy deposition
- SL : sheet lamination

는 적층 제조 기술(AM : Additive Manufacturing technology)의 일종이다.<sup>1)</sup>

2014년 세계경제포럼(WEF : World Economic Forum)은 3D 프린터를 세계 10대 유망기술 중의 하나로 선정하였고 MIT 테크놀로지 리뷰(MIT technology review)도 2014년 세상을 변화시킬 10대 기술 중 하나로 3D 프린팅을 선정 하였다.<sup>2-3)</sup>

따라서 본 논문에서는 적층제조기술의 최근 기술 동향 파악 및 응용 사례들을 정리하였고 향후 전망에 대해 분석한다.

### 1. 서 론

3D 프린팅 제조 기술이란 제조 대상의 3차원 그래픽 설계 데이터를 기반으로 고분자 물질이나 금속 분말 등의 소재를 한층 한층(layer-by-layer) 적층하여 형상화하

### 2. 적층제조기술 동향

컨설팅 기업 Wohlers Associate에 따르면 2014년 전 세계 3D 프린팅 장비 및 서비스의 시장 규모는 약 41억 달러로 2013년 30억 달러보다 약 35% 성장률을 보이고 있다. 이 중 서비스 시장의 규모는 약 21억 달러로서 2013년 15억 달러에서 약 38.9% 성장을 보이고 있

\*Corresponding author, E-mail: park@ut.ac.kr

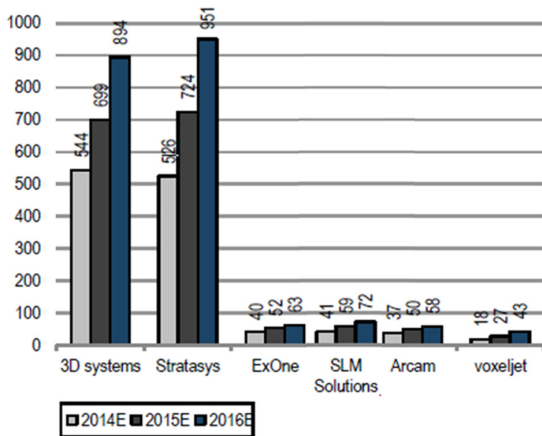


Fig. 1 Revenue profile [Euro]  
(Source : the BLOOMBERG PROFESSIONAL service for Arcam and Voxeljet, Credit Suisse estimates for all others)

으며 장비 관련 매출은 20억 달러로 2013년 15억 달러 대비 약 32.5%의 성장을 보이고 있다.<sup>4-5)</sup>

2015년에는 시장의 성장세가 이전에 비해 다소 주춤한 모습을 보이고 있으나 다른 분야에 비해 지속적으로 성장할 것으로 예상되어진다. 2016년 시장 규모는 약 73억 달러로 예상되며 2020년에는 2016년의 4배 규모인 210억 달러가 될 것으로 예측 되고 있다.<sup>6)</sup>

지금까지 산업용 3D 프린팅 시장을 선도하는 업체는 Stratasys 社로 2014년 6654대의 프린터 판매 기록으로 시장의 51.9%를 점유하였다. Stratasys 社주요 FDM(Fortus) 및 Polyjet(Object) 방식을 판매 하고 있으며 2014년말 누적 판매 대수는 41,869대로 집계되었다. 2위는 3D Systems 社로 약 22%를 점유하고 있다.

전체 시장 규모가 크지 않기에 수익을 내기 힘든 소규모 기업들은 대형 기업과의 M&A를 활발히 진행 하여 3D 프린터 장비 및 생산에 필요한 재료 판매, 관리를 통해 수익을 확대 하고 있다. 이처럼 3D 프린팅 이 세계적으로 주목을 받는 만큼 관련 제도 기반 구축 및 규격화 또한 진행 되고 있다.

### 3. 적층제조 방식 분류

3D 프린팅은 사용하는 재료에 따라 고체형, 분말형, 액체형 으로 구분할 수 있다. 각 재료에 따라서 조형 속도, 방식이 다르며 정확도나 기계적 특성에 있어 장단점이 존재한다. 재료에 따른 제품의 예시를 Table

Table 1 Classification according to material

Material	Example
Solid	FDM, LOM, Polyjet
Powder	SLS, SLM
Liquid	SLA, DLP

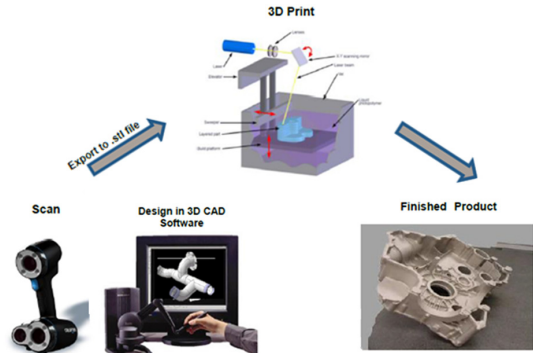


Fig. 2 AM Printing process  
(Source : Credit Suisse research, 3D System, Stratasys)

1에 나타내었고 기본 적인 적층제조공정의 예를 Fig. 2에 나타내었다.

고체형 재료 중 와이어 또는 필라멘트 형태의 재료인 경우 열가소성의 필라멘트를 열을 가해 녹인 후 노즐을 거쳐 압출 되는 재료를 적층 하여 조형 한다.(FDM) 왁스 성질을 가진 패킷 종류의 경우 재료를 헤드에서 녹여 노즐을 통해 분사(Polyjet)하며 얇은 플라스틱 시트나 필름 형태의 재료는 플라스틱 시트를 접착하면서 칼을 사용해 절단 후 적층하여 조형(LOM)하게 된다. 고체형 재료의 경우는 제작 비용과 시간 면에서 가장 큰 효율을 보이고 있다.

분말형 재료의 경우 분말 형태의 재료를 가열한 후 결합하여 조형 하거나 재료 형태에 따라 접착제 사용 또는 레이저를 사용하여 적층(SLS)을 하게 된다. SLS 방식은 높은 정밀성을 가지며 폴리머 또는 금속 분말을 소결 하는데 사용하게 된다. SLS 방식은 Fig. 3에 나타내었다.

액체형 재료의 경우 레이저나 강한 자외선을 이용하여 재료를 순간적으로 경화하여 형상을 제작(SLA)하게 된다. 액체형 재료의 경우 치수 정밀도가 높아 얇고 미세한 형상을 제작하는데 적합하나 고체형 및 분말형 재료에 비해 기계적 특성이 낮다는 단점을 갖고 있다.

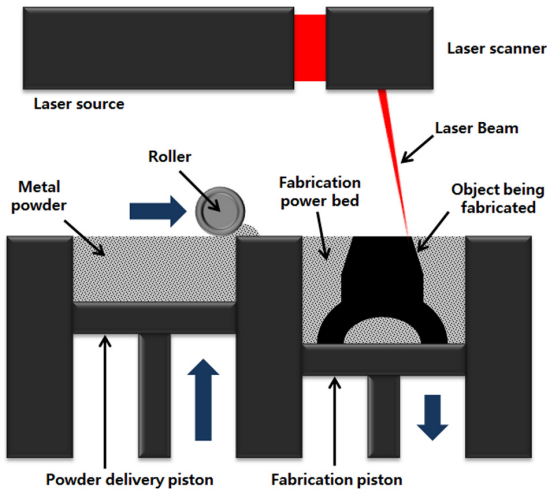


Fig. 3 Selective laser sintering

Table 2 Classification according to AM method(ASM)

Category	Description
PP	Liquid photo-polymer selectively cured by light activation
MJ	Droplets of build material selectively deposited
ME	Material Selectively dispensed through nozzle or orifice
PBF	Thermal energy selectively fuses regions of powder bed
BJ	Liquid bonding agent selectively deposited to join powder
DED	Focused thermal energy melts materials as deposited
SL	Sheets of material bonded together

재료에 따른 분류 외로 적층 제조 방식에 따라서도 3D 프린팅을 분류 할 수 있다. 대표적으로 미국재료시험학회(ASM)에서는 적층 제조 방식에 따라 7가지 3D 프린팅 방식을 분류 하였으며 Table 2에 나타내었다.

#### 4. 적층제조 기술 활용

3D 프린팅의 큰 장점은 맞춤형 설계 및 제작이 가능하다는 점이다. 지금까지는 수요자가 좋아할 만한 제품의 형상을 몇 가지로 국한 하여 대량 생산 및 판매로 수익을 올리는 구조였다.

그러나 3D 프린팅 기술의 등장으로 수요자가 원하는 맞춤형 다품종 소량 생산이 가능 하게 되었다.

특히나 신속하게 만들 수 있고 형상 수정이 쉽고 다시 만들어 검토 하는 것도 가능하기 때문에 시제품 제작에 주로 활용 된다.

복잡한 모양의 구현도 가능하기 때문에 혁신적이고 창의적인 디자인이 나올 수 있다는 가능성이 있으므로 예술 공예 분야에서도 활용 가능성이 무궁무진하다.<sup>7)</sup>

실제 자동차 산업에서 적용되는 사례를 들어 보면 GM은 말리부 차량의 개발과정에서 센터 콘솔에 이용되는 다양한 표면 질감을 프린터로 재현함으로써, 비싼 주형 제작을 거치지 않고 최적의 디자인을 찾을 수 있었다.(Fig. 4)

FCA 그룹에서는 차동장치 하우징을 3D 프린팅 기법으로 투명한 재료를 이용해 제작 하면서 내부를 볼 수 있고 기계적 특성이 뛰어난 부품을 만들고 있다.<sup>8)</sup>(Fig. 5)

그리고 유럽항공방위산업체는 3D 프린터를 항공기 생산에 도입할 계획을 세웠으며 2050년 에어버스



Fig. 4 GM enter console<sup>8)</sup>

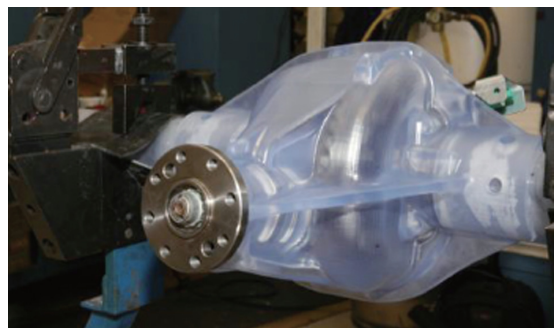


Fig. 5 FCA differential housing<sup>8)</sup>

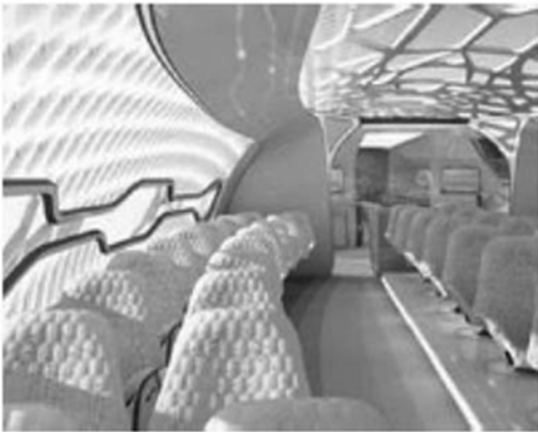


Fig. 6 2050' Air bus concept design(from : Airbus, 2013)

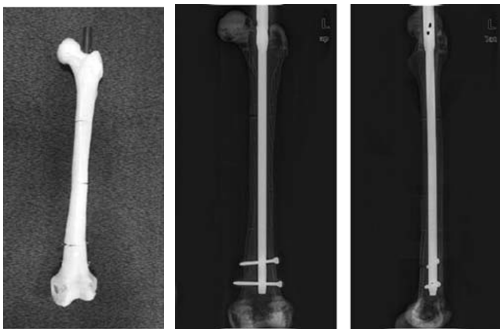


Fig. 7 Bone nailing simulation and x-ray image<sup>10)</sup>

의 컨셉 디자인을 구현하는 3D 프린팅 제조 기술을 사용할 것으로 기대 된다.<sup>9)</sup>(Fig. 6)

의료 분야에서도 3D 프린팅의 활용성은 뛰어나다. 이미 소규모의 제조 기업들은 3D 프린팅 제조 기술을 통해 개인 맞춤형 보청기, 치아, 의족 등 반드시 필요한 의료 분야를 필두로 기술 개발 및 제조가 확산 되고 있다.<sup>9)</sup>

한국방사선학회지 논문에 따르면 대퇴골의 골절 수술 전 CT 이미지를 이용하여 3D 프린터로 환자 맞춤형 대퇴골을 제작 후 시뮬레이션을 통해 수술 중 발생할 수 있는 2차적 손상을 방지 하였으며 시간단축 및 수술 정밀도를 높였다고 한다.<sup>10)</sup>(Fig. 7)

또한 순천향대 서울병원 소화기병센터 교수팀은 최근 3D 프린터로 출력한 내시경 수술기구를 이용하여 중년 여성환자의 위점막하종양을 하이브리드노츠 (bybrid NOTES) 치료법으로 제거하는데 성공하였다고 한다. 내시경 캡은 3D 프린터 제조 회사 프로토텍

과 의료기기 개발회사인 AMT가 공동 개발한 것으로 각 장기에 적합한 내시경 캡 디자인을 개발하는데 성공 하였다.<sup>11)</sup>

### 5. 적층제조 기술의 미래

미국의 오바마 대통령은 3D 프린팅 기술을 제 3차 산업 혁명으로 일으킬 것이라 하였으며 또한 많은 세계 포럼 및 단체에서 3D 프린팅을 혁신적인 기술로 꼽았다.

제조업, 의료, 전자 통신 분야 등 다양한 분야에서 기술 패러다임을 바꾸고 있으며, 전반적인 생산 분야의 산업 혁신을 일으킬 것으로 기대 된다.

3D 프린팅의 응용 분야는 보석, 가정용, 치과용은

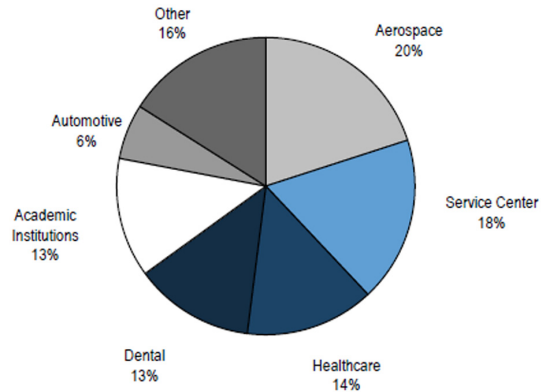


Fig. 8 Metal AM systems by end-market(2012)  
(Source : CODEX Partners)

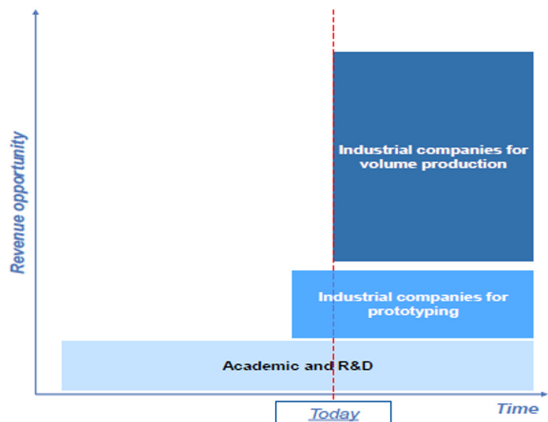


Fig. 9 Metal AM is getting closer to volume production  
(Source : SLM Solutions)

상용화 단계에 있으며 항공기, 스포츠, 의약, 건축 등으로 점점 더 상용화 될 것으로 예상된다.

의료 분야에서 미래에는 인간의 세포와 조직을 프린팅 할 수 있는 기술이 개발 되어 골격, 피부, 신장, 혈관 까지 재생 및 대체할 수 있는 연구 개발이 이루어지고 있으며 수년 내로 개발될 수 있을 것으로 기대 되고 있다.

특히 지속적으로 개발 및 양산이 이루어지고 있는 금속 3D 프린팅 분야는 기계, 의료 산업은 물론 우주, 항공 분야까지 점유할 것으로 예상된다.

## 6. 결 론

3D 프린팅 제조 기술은 세계적으로 빠르게 확산 되고 있으며 국내 외 제조 업계에 큰 변화를 가져다 주고 있다. 특히 의료 분야에서 기대 되는 인간 세포 조직의 프린팅 연구는 엄청난 혁신을 일으킬 것으로 예상된다.

현재 개인용 프린터로써 FDM 방식의 3D 프린터는 각종 커뮤니티에 제작 방법 및 사용법 까지 설명되어 있을 만큼 상용화 되어 있으며 앨범 제작, 조명 제작, 벽화 제작 등 다양한 분야에서 사업 활동이 활발히 진행 되고 있다.

Fig. 8은 2012년 금속 3D 프린팅 활용 분야의 비율 그래프를 보여 주고 있으며 Fig. 9의 금속 3D 프린팅을 통한 대량 생산이 멀지 않았음을 보여준다. 이를 통해 산업용 금속 3D 프린터 장비에 관한 관심이 높아지고 있음을 예상할 수 있다. 해외에서는 금속 3D 프린팅과 절삭 가공이 가능한 복합 3D 프린팅 장비가 개발되어 이미 판매 중에 있다. 대표적으로 Matsuura 社の LUMEX Avance 25와 Sodick 社の OPM250L을 예로 들 수 있으며 제작 품질 또한 높이 평가 받고 있다.

그러나 금속 3D 프린팅은 장비는 물론 금속 분말의 가격이 매우 높으며 공정 시간 또한 타 공정에 비해 매우 길기 때문에 해결해야 할 몇 가지 문제가 남아있는 실정이다. 따라서 서둘러 금속 3D 프린팅의 국내 기술을 확보하고 이전 공정에서는 제작 할 수 없었던 어플리케이션을 찾아 공정 연구 및 기술 개발을 수행해야 할 것이다.

## Acknowledgement

이 논문은 2015년도 한국교통대학교의 지원을 받아 수행한 연구임.

## References

- 1) Chandani S. Jain, Deepali V. Vibhandik, and Gade S. A., "3D Printing", IJETAE, Vol 3, Special Issue 4, 2013.
- 2) Michael Altendorf, "The top 10 Internet and technology trends for 2014", WEF, 2014. (<https://www.weforum.org/agenda/2014/01/the-top-10-internet-and-technology-trends-for-2014/>)
- 3) David Rotman, "10 Breakthrough Technologies", MIT Technology Review, 2014. (<https://www.technologyreview.com/lists/technologies/2016>)
- 4) Fort Collins, "Wohlers Report 2013", Wohlers Associates, 2013.
- 5) Fort Collins, "Wohlers Report 2014", Wohlers Associates, 2014.
- 6) Fort Collins, "Wohlers Report 2015", Wohlers Associates, 2015.
- 7) CT Insight. "3D Printing Technology Trend", KOCCA, 2013.
- 8) Jaewon Lee, "3D Printing in Automobile Development Process", the Korea Society of Automotive Engineers, pp.36-39, 2016.
- 9) Gilseon Hong and Jik Lee, betanews, April, 2013. (<http://www.betanews.net/article/577049>)
- 10) Wangkyun Oh, Kiseon Lim and Taesoo Lee, "Additive Manufacturing of Patient-specific Femur Via 3D Printer Using Computed Tomography Images", the Korea Society of Radiology, Vol 7, No. 5, pp.359-364, 2013.
- 11) Byungki Song, kukinews, December, 2013. (<http://news.kukinews.com/article/>)