

장신구 활용에 적합한 3D프린팅 방법론 비교 연구

장진희¹, 고승근^{2*}

¹원광대학교 귀금속보석공예과 박사, ²원광대학교 귀금속보석공예과 교수

Comparative Study on the 3D Printing Methodology suitable for Jewelry

Chin-hee Chang¹, Seung-Geun Ko^{2*}

¹Ph. D., Department. Metal Jewellery Craft, Wonkwang University

²Professor, Department. Metal Jewellery Craft, Wonkwang University

요약 3D프린팅의 활용은 매우 혁신적이면서 유용한 기술이다. 하지만 장신구 분야에서는 3D프린팅 기술은 제작방법의 한 분야로서 한정적으로 사용되는 기술이다. 이러한 3D프린팅의 한계를 극복하기 위해 3D프린팅 출력방식 중 가장 대중적이며 조형활동에 적합한 출력방식을 선정하고 출력시간, 조건을 한정하여 장신구에 적용 가능성을 알아보기 위해 비주조과정과 주조과정 각각의 방법을 통해 시제품까지 완성하고 이를 비교해 보았다. 그 결과, FDM출력 방식은 비용과 시간적인 측면에서 매우 긍정적인 장점이 있지만 표면에 적층구조가 지워지지 않으며 출력과정시 발생하는 필라멘트의 잔여물로 인해 선 조형을 표면시 완성도가 떨어지는 단점이 있었다. DLP출력방식은 표면처리가 고르며 완성도가 높은 반면, 비용과 시간적인 측면에서 효율성이 떨어지는 단점이 있었다. 하지만 두 출력방법 모두 장신구 활용 가능하며 향후 디자인에 맞는 다양한 출력방법연구가 이루어져 장신구에 3D 작품연구가 활발히 수행되기를 바란다.

주제어 : 3D프린팅, 장신구, 수지 압출 적층 방식, 광경화 적층 방식, 조형방법론

Abstract Using the 3D printing method in the product manufacturing is a very innovative and useful technology. However, in the field of jewelry, it is a limited technology used only in a field of manufacturing process. To overcome this limitations in the jewelry production process, most popular and easy 3D printing method was selected, and the printing time and condition was limited. In this study, to find out the 3D printing method applicability to jewelry work manufacturing, the prototypes through casting and non-casting methods were completed and compared. As a result, the FDM printing method has a very positive advantage in terms of cost and time, but there is a disadvantage that the layered structure is not erased on the surface and the completeness of the surface forming is poor due to the residue of the filament generated during the printing process. The DLP printing method has the advantage that the surface treatment is even and completion is high, while the cost and time are inefficient. However, both printing methods were found to be suitable for the use of jewelry manufacturing, and if the efficient printing method was selected for the design of the jewelry in the future, better work research could be conducted.

Key Words : 3D printing, Jewelry, FDM, DLP, Methodology of form

*This paper was supported by Wonkwang university in 2019.

*Corresponding Author : Seung-Geun Ko(kogeun@wku.ac.kr)

Received December 24, 2019

Accepted February 20, 2020

Revised January 20, 2020

Published February 28, 2020

1. 서론

4차 혁명 시대가 시작하면서 인공지능, IOT기술과 함께 3D프린팅 시장은 최근 몇 년 사이 폭발적으로 커지고 있는 실정이다. 제조업, 의료, 생활 전반에 3D 프린팅을 활용한 제품들이 늘어나고 있으며 예술전반에서도 3D프린팅을 활용한 작품들이 증가하고 있으며 이로 인해 디자인 패러다임 또한 변화하고 있는 추세이다[1-3].

특히 장신구 분야는 제품디자인을 넘어 고부가가치 산업으로 활용되기 위해 다양한 3D프린팅 방법을 활용하여 외형제작에 활용하려는 움직임이 활발히 진행되고 있다. 하지만, 아직까지 장신구 제작에 있어 전반적인 제작 과정의 기계화가 아닌, 3D프린팅의 활용은 단순히 외형 제작에서의 한부분인 주조과정에만 머물고 있다[4,5]. 따라서 연구자는 장신구 제작에 있어 주조과정에 한정되지 않고 장신구를 직접적으로 표현의 한 수단으로서 활용하기 위한 3D프린팅 방법론을 비교 연구하고자 한다. 더 나아가 주조과정을 생략하고 3D프린팅 이후 표현처리 과정만을 거쳐 장신구로 활용할 수 있는 가능성을 알아보기 위한 목적이다.

이러한 연구를 위해 연구방법 및 범위는 다음과 같다. 첫째, 3D프린팅의 개념과 정의의 활용범위에 대한 이론적 배경을 알아본다.

둘째, 현재 우리나라에서 시행되고 있는 3D프린팅의 종류와 분류에 대해 알아보고 예술분야에서 활용되고 있는 3D프린팅 방법론에 대한 선행연구에 대해 조사한다.

셋째, 이론적 배경을 바탕으로 장신구 활용에 적합한 3D프린팅 방법론을 선정하고 이를 Rhino CAD를 활용하여 시제품 장신구로 제작한 후 출력 결과 비교 한다.

넷째, 제작된 출력물을 바탕으로 주조를 실시하여 금속으로 구현할 수 있는 가능성 및 3D출력 후 장신구로 직접사용가능성에 대해 알아보고 시제품을 바탕으로 장신구에 적합한 3D프린팅 방법에 대해 제안한다.

본 연구의 범위는 장신구 제작에 있어 3D프린팅 후 후작업으로 후처리가 가능한 출력방법과, 출력조건에 있어 장신구의 크기와 출력비용을 업계 최대 평균 규격으로 한정하고 조형 분야에서 출력은 대부분 외주로 진행되고 있기때문에 비용적인 측면을 포함한다. 마지막으로 출력 색상은 다양한 컬러링이 가능한 반투명 흰색으로 한정한다.

2. 이론적 배경

2.1 3D프린팅의 개념

3D 프린터의 용어는 CAM으로 처음 공학에서 많이 사용되었으며 1990년 RP(패속조형기:Rapid Prototyping)의 등장과 2010년 들어 RP가 대중적으로 사용 되고, 최근에는 4차 산업혁명 이후 3D프린터 라는 용어가 쓰이고 있다[6]. 3D프린팅 기술은 컴퓨터로 설계된 3D모델링 또는 3차원 스캐너를 통해 솔리드 상태의 모델 데이터를 기계적 적층을 통해 한층 한층 손으로 만질 수 있는 물리적 형상으로 빠르게 제조하는 기술로 정의할 수 있다[7]. 기존의 Proto Type 출력을 위해서는 주물이나 금형 등의 제작으로 인하여 고비용이 들었으나 1986년 발명된 3D 프린팅 기술은 신속하고 저렴한 가격의 제품 생산이 가능한 장점으로 주로 Proto Type 출력에 많이 이용되고 있다. 3D 프린팅 기술은 STEM과 디자인 영역에서 혁신적인 방법으로 대두되고 있다[8]. 3D 프린팅의 출력방식은 크게 Table 1처럼 9가지로 세분화된다. 이중 국내 조형활동에서 가장 활발히 사용하는 방식은 SLA, SLS, FDM, DLP방식을 선정할 수 있다.

Table 1. Rapid prototyping[9]

System	Detailed name
SLA	Stereo Lithography Apparatus
SLS	Selective Laser Sintering
FDM	Fused Deposition Modeling
3DP	3D Dimensional Printing
LOM	Laminated Object Manufacturing
PolyJet	Photopolymer Jetting Technology
MM	ModelMaker)InkJet3D Plotting
MJM	MultiJet Modeling
DLP	Digital Light Processing

2.2 조형활동에서의 3D 프린터 활용 범위

조형 활동에서 3D프린터의 연구사례는 산업디자인, 공업디자인, 제품디자인 등 디자인 전반의 조형활동에 걸쳐 매우 다양하지만, 본 논문에서는 장신구를 주요 주제로 다루고 있기 때문에 장신구와 같은 분류에 포함하는 신체 착용품에 대한 디자인 분야에서의 선행 연구사례를 중심으로 알아보았다. 김아름[10]은 3D프린팅을 활용하여 슈즈를 제작함으로써 기존의 수작업으로 이루어지던 작업공정을 3D모델링-프린팅-마무리 공정 등으로 축소하여 조형연구를 진행하였다. 프린팅 방법으로는 FDM, SLS, SLA등을 활용하였다. 비용 절감효과에서는 FDM 방식이 출력결과물에서는 SLS출력 방식이, 활용도에서는 SLA 출력방식이 우수하게 나타났다. 이소연[11]은 3D프

린팅을 활용하여 자연주의 의상디자인에 접목하였다. 조형 활동에 있어서 FDM 출력방식으로, 소재는 신소재로 개발된 플러세블 플라스틱을 사용하였는데 이는 일반적인 플라스틱보다 탄성력이 우수하며 부드러운 형태와 촉감을 지니고 있다. 의상 특유의 활동성을 위해 연구소재의 적층 탄성을 고려하여 1.5mm의 두께로 연구를 수행하였고 최대크기 가로*세로*높이 28.5*15.3*15.5(cm)로 한정하고 색상은 어두운 카키, 카키, 다크 회색, 검정 등의 4가지 색을 지닌 의상디자인을 전개 제작하였다.

최지연은[12] 바이오플라스틱 소재를 활용하여 플라스틱 핸드백을 디자인하고 3D 프린팅을 활용하여 독창적 디자인으로 표현하는 연구를 진행하였다. 바이오플라스틱 소재와 3D 프린팅 기법과의 표현 적합성을 고려하여 선택하고 내구성과 유연성이 우수한 PA, PLA, TPU, 복합소재 중 바이오플라스틱으로서 PLA를 사용하였으며, 서로 부딪히는 충격을 줄이기 위해 부분적으로 부드러운 TPE 소재를 사용하였다. 3D 프린팅 디지털 데이터 작업은 Fusion360을 사용하였고 이미지를 형태화하는데 활용된 노즐은 0.4mm, 0.6mm, 0.8mm, 1.0mm 사이즈로 출력하였으며 주요 색채는 Red, Blue, Orange, Yellow, Pink, White, Black 등 총 7가지와 무채색인 Black과 White를 가장 여러 작품에 적용하여 핸드백디자인 제작 연구를 진행하였다.

국내 주얼리 조형에서는 1990년대 후반에 RP 시스템으로 시작되었다. RP라는 이름은 최근 3D프린터라는 이름으로 불리고 있다. 고가의 3D프린팅이 본격적으로 주얼리 조형에 활용된 것은 저가의 3D프린팅이 보급되면서부터이다. 현재 국내 보급된 저가 3D의 프린터는 종류가 다양해지고 가격도 600만원대부터 다양하게 많이 판매되고 있으나[13] 장신구에서의 3D프린팅은 광경화수지만을 사용해야하며 정밀주조과정에서 예측 불가능한 결함이 계속해서 발견되고 있어 불량률이 다른 3D프린팅 방법보다 높고 따라서 소요되는 비용도 높은 편이다. 이밖에도 주얼리의 3D출력 방식에는 금속으로 직접 출력되는 SLS방식이 있으나 장비의 크기가 매우 크고 장비가격이 고가여서 대형기업체에서만 사용하고 있다[4].

3. 장신구 제작에서의 3D프린팅 방법론 비교

현재 국내 조형에서 활용되는 3D프린팅 방법은 크게 FDM, DLP, SLS방식이 있다. 이중 연구자는 가장 많은 조형활동에 사용되고 있는 출력방식인 FDM과 주얼리에

서 주로 사용중인 DLP 출력방식을 비교대상으로 선정하고, 3D프린팅을 실시하였다. 또한 3D프린팅 과정 후 직접 착색등의 실험을 위해 출력 색은 흰색의 불투명으로 한정하였으며, 금속으로 나타내기 위한 주조과정의 가능성을 알아보기 위해 주조 과정을 거쳐 시제품으로 완성하는 두 가지 방법을 실행하였다.

3.1 출력방법, 조건 및 환경 설정

본 논문에서는 장신구에 적합한 3D프린팅 방법을 비교 연구하기 위해 출력방법으로 FMD와 DLP 출력 방식을 선정하였다.

FDM(Fused deposition modeling)출력 방법은 선 형태의 긴 필라멘트를 높은 온도의 노즐 팁(Nozzle tip)을 통과시켜 용융시키고, 용융된 필라멘트를 서로 일정한 형태로 붙임으로써 3D 형상을 만들어어나가는 기술이다[14].

DLP(Digital Light Processing) 출력방식은 액체 광경화 수지를 균해하며 쌓아올리는 적층 방식으로 강한 자외선이나 레이저 빔에 반응하는 광경화성 액상 수지를 경화시켜 모형을 제작하는 기술이다[15].

Fig. 1출력조건으로는 크기, 색상, 비용으로 선정하고 이를 실행하기 위해 3D출력이 가능한 Rhino CAD 6.0 프로그램을 활용하여 장신구 디자인을 전개하였다. 비주조용으로는 Fig. 1의 1번을 주조용으로는 2번을 제작하여 외주업체에 의뢰하였다. 출력크기는 비주조용은 예술장신구 중 브로치로 가장 평균적으로 작품에 활용되고 가로10*세로10*높이12(cm)로 주조용은 은으로 완성되었을 때의 무게를 감안하여 85%, 66% 축소하여 출력하였다. 색상은 비주조용은 컬러링을 위해 반투명의 백색으로 주조용은 왁스로 출력하였으며 비용은 높이 1mm당 1만원 이하로 한정하였다.

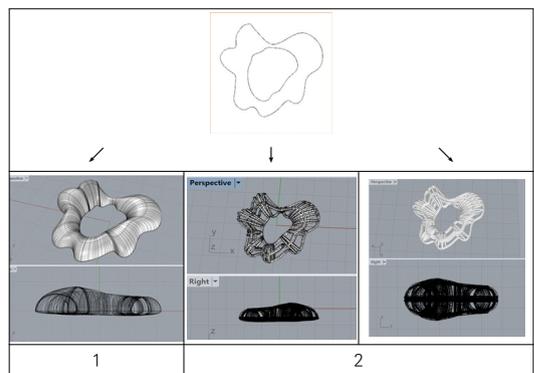


Fig. 1. Design development

3.2 3D 프린팅 결과 비교

3D프린팅 출력결과 수지압출 적층방식인 FDM 출력 방법은 와이어 필라멘트를 사용하여 출력하였는데 면 조형물의 경우 표면의 퀄리티가 낮고 적층 흔적이 남아 후 처리가 매우 어려웠다. 선 조형물의 경우에는 필라멘트의 잔여물이 너무 많이 보여 역시 후처리가 작품성으로 나타내기에는 불가능하였다. 하지만 출력비용이 저렴하며, 출력시간이 매우 빠른 장점이 있었다.

광경화 적층 방식인 DLP 출력방법은 레진을 재료로 사용되었으며 고밀도 출력이 가능하여 적층 구조가 표면에 거의 보이지 않아 출력결과물이 매우 우수하였다. 하지만 레진 재료 자체가 매우 고가여서 출력비용이 FDM보다 상대적으로 고가이고 시간도 오래 걸리는 단점이 있다.

FDM, DLP출력 방식 모두 최대 출력크기는 장신구용으로는 문제가 없었으며 외주 제작시 대중화된 출력방법이기 때문에 쉽게 업체를 찾을 수 있었다.

Table 2. Printing Result

	FDM (Fused Deposition Modeling)	DLP (Digital Light Processing)
Output method	Resin extrusion stacking method	Photocurable lamination system
Material	Filament (wire)	Resin
Advantages	Can be enlarged Easy to use and cost effective	High density output possible Good output
Disadvantages	Low surface quality	Expensive material
Other	Most popular in art work	Jewelry Industry Mostly Used casting possible
Time	30 minute	5 hour
Max size	240*190*200(mm)	310*310*350(mm)
cost (Stacking height)	less than ₩1000 per 1 mm	over ₩10000 per 1 mm
Example 1 (For non casting)		
		
Example 2 (For casting)		
		

주조용의 경우 FDM 출력방식은 재료가 주조용 재료가 없어 필라민트 자체를 사용하였고 주조용용이하게 하기 위해 사포를 사용하여 표면을 다듬고 락커를 분사하여 출력결과물이 잘 나올수 있도록 하였으며, DLP 출력방식은 주조용 재료를 사용하여 출력하였다. Table 2

4. 시제품 완성

출력 결과물을 장신구로 표현하여 시제품 Table 3을 완성하였다. 비주조용 결과물은 염색약품을 사용하여 컬러링과 금속을 사용하였고, 주조용용 작품은 주조과정을 거쳐 은으로 제작하여 브로치로 완성하였다.

시제품을 제작한 결과 FDM출력 방식으로 완성된 시제품은 비주조용과 주조용 모두 표면이 고르지 못하고 표면처리를 하여도 적층구조가 표면에서 없어지지 않아 전체적인 완성도가 떨어졌으며 주조시 높이가 높은 경우 주조가 되지 않았아 단면으로만 제작할 수 있었다.

DLP 출력방식은 비주조용과 주조용 모두 표면이 매끄럽게 출력되었으며 높이에 상관없이 주조가 잘 되었으며 표면 염색도 잘 되었다.

기존의 조형활동에서의 3D 출력 조형작품들은 출력 후 마무리 과정만을 거쳐 완성물 자체로 시제품이 되거나 주조과정으로만 사용되었다면 연구자는 FDM출력 방법을 통해 염색과 은침을 사용하고 은 브로치 뒷장식을 달아 금속과 융합된 장신구를 완성하였고 DLP 출력방식의 경우에는 장신구 주조에서 활용하던 DLP 출력방식만을 고수하는 것이 아닌 FDM 출력방식 또한 주조과정으로

Table 3. Work Result

	FMD (Fused Deposition Modeling)	DLP (Digital Light Processing)
Example 1 (For non casting)		
Example 2 (For casting)		
		

로 활용될 수 있는 시제품을 완성하여 FDM 출력방식을 통해 향후 장신구 제작에 있어 비용적인 측면에서 절약될 수 있음을 알 수 있었다.

5. 결론

장신구 활용에 적합한 3D프린팅 방법을 알아보기 위해 시작된 본 연구는 현재 3D프린팅 후 주조과정을 거쳐 장신구로 제작되는 제작방법의 한계를 벗어나고 대중적으로 사용중인 FDM 출력방식과 장신구 산업에서 주로 사용되고 있는 DLP 출력방식을 장신구로 활용가능성을 표현하기 위해 비주조용과 주조용으로 3D프린팅을 수행하고 시제품을 완성하였다.

그 결과 첫째, 장신구에서 3D프린팅을 활용함에 있어 지금까지는 주조과정을 거쳐 금속으로 표현하는 제작과정의 한 부분이 국한되었지만, 본 연구를 통해 주조과정을 거치지 않고 3D프린팅 후 장신구로 제작할 수 있는 가능성을 알 수 있었다.

둘째, FDM 출력방식의 경우 적층 구조가 표면에 남아 있어 매끄러운 표면처리는 불가능했지만, 컬러링과 견고하며 가벼워 장신구로 활용될 수 있었고, 적층 표현 자체를 장신구 디자인으로 활용한다면 기존의 DLP 출력방식보다 저렴하면서 빠르게 제작이 가능함을 알 수 있다.

셋째, DLP 출력방법으로 장신구에 활용함에 있어 기존의 주조방식을 거치지 않아도 컬러링과 다양한 재료와의 혼합을 통해 장신구로 활용될 수 있다.

마지막으로 장신구 제작 및 디자인에 있어 3D프린팅 출력방법인 FDM 출력방식과 DLP출력 방식을 적절하게 사용할 경우 학문적으로 연구자의 시간과 비용을 축소할 수 있으며, 실무적으로는 제작 방법의 다양성을 통해 다양한 재료의 연구로 고부가가치를 상승시킬 수 있다. 본 연구에서는 3D프린팅의 종류에서 대중적으로 사용하고 있는 출력방법만을 비교하였지만, 향후 좀 더 다양하고 폭넓은 출력방법과 재료의 활용 방법을 복합적으로 비교한 작품연구가 수행되기를 바란다.

REFERENCES

[1] Y. J. Jung & T. W. Kim(2005). *RP techniques and applications in the formative field*. Seoul : Kookmin University Press.

[2] Klaus Schbab.(2018). *Shaping the Fourth Industrial Revolution*. Seoul: saelounhyeonjae.

[3] G. E. Jo & S. I. Kim. (2019). A study on competencies of designer in forth industrial revolution. *Journal of the Korea Convergence Society*, 10(2), 167-173. DOI:10.15207/JKCS.2019.10.2.167

[4] K. H. Whi. (2014). A Comparative Study on 3-Dimensional Printing Technologies Used in Jewelry Designing. *The Korean Association of art&Design*, 17(1), 137-161.

[5] C. H. Chang. (2019). A Study on Jewelry Design Using 3D-Printing- Focusing on Curved Form.*Journal of the Korea Convergence Society*, 10(4), 189-194. DOI:10.15207/JKCS.2019.10.4.189

[6] K. H. Ryu. (2018). *A Study on Sensibility Communication in Custom Jewelry Using 3D Printing*. Doctoral dissertation. Seoul National University of Science and Technology, Seoul.

[7] H. Lipson & M. Kurman. (2013b). *New world of 3D printing*. Seoul: Hans Media

[8] S. H. Yi & K. Y. Joo.(2018). A Convergence Study on the Effects of Participation in teaching material Development Program Using 3D Printer on the Recognition of Universal Design of Early Childhood Special Education Pre-service Teachers. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(5), 113-119. DOI: 10.15207/JKCS.2018.9.5.113

[9] S. Kalpakjian & S. R. Schmid. (2008). *Industrial Materials Processing*. Seoul: Book Publishing Young.

[10] A. Kim. (2016). *A Study on the Design Characteristics of 3D Printing Shoes*. Master dissertation. Hongik University, Seoul.

[11] S. Y. Lee. (2014). *A study on Naturalistic Pattern Costume Design Utilizing 3D printing*. Master dissertation. Hongik University, Seoul.

[12] J. H. Choi. (2018). *Study of bio plastic handbag design using 3D printing (Focusing on the application of surface shape inside the Antelope Canyon)*. Master dissertation. Ewha Womans University, Seoul.

[13] K. H. Ryu & J. H. Seo. (2017). Utilization of 3D CAD and 3D Printer and UV Curavle resin Casting Defect. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(3), 169-176. DOI: 10.15207/JKCS.2017.8.3.169

[14] I. H. Ahn. (2018). Estimation of Process Window for the Determination of the Optimal Process Parameters in FDM Process. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(8), 171-177. DOI:10.15207/JKCS.2018.9.8.171

[15] Y. H. Oh. (2018). *Study of Developing Cell Image Jewelry by Using 3D Printer*. Master dissertation. Kyonggi University, Seoul.

장 진 희(Chin-hee Chang)

[정회원]



- 2006년 2월 : 원광대학교 귀금속보석 공예과(미술 학사)
- 2009년 9월 : 홍익대학교 금속공예과 (미술학석사)
- 2013년 2월 ~ 현재 : 원광대학교 귀금속보석공예과 박사
- 관심분야 : 조형, 3D, 주얼리디자인

· E-Mail : ineyejin@naver.com

고 승 근(Seung-Geun Ko)

[정회원]



- 1984년 2월 : 원광대학교 일반대학원 금속공예과 (미술학 석사)
- 2006년 2월 : 동신대학교 보석공학과 (공학박사)
- 1991년 2월 ~ 현재 : 원광대학교 교수
- 관심분야 : 디자인, 보석학

· E-Mail : kogeun@wku.ac.kr