

캐릭터 상품 제작 교육에 적합한 3D프린터 연구

- I. 서론
 - II. 3D프린팅 기술 구분 및 문제점들
 - III. 각 기술별 비교 분석
 - IV. 최종 기종 선정
 - V. 결론
- ABSTRACT

권동현¹⁾

초 록

1986년 특허등록으로 시작된 3D프린팅 기술은 당시에는 인식 부족으로 일부 기업 외에는 주목받지 못하는 기술이었다. 그러나 20년이 지나 만료되는 특허들이 나오는 오늘날에는 가격도 개인이 구매가능한 선까지 낮아졌고 컴퓨터 성능향상 및 인터넷 정보교류의 보편화로 3D 콘텐츠에 대한 인식이 보편화 되어 산업계는 물론 일반인들에게도 주목받고 있다. 수정 및 유통이 편리한 디지털 데이터를 기반으로 하면서 금형제작이 필요 없는 3D프린터는 제작 공정에서 획기적인 변화를 가져 올 수 있으며 캐릭터 콘텐츠상품 분야에서도 동일한 효과를 얻을 수 있다. 최근 들어 관심을 받고 있는 키덜트 문화의 가장 선두에 있는 다양한 캐릭터 상품 제작에는 3D프린터를 사용하는 것이 필수적인 공정이 되고 있으며 이 같은 캐릭터 콘텐츠 관련 산업현장 수요를 예측해 볼 때, 그리고 특허 만료 및 기술의 공유로 저렴해진 가격 등을 고려해 볼 때, 앞으로 교육현장에서 3D프린터를 활용할 수 있는 인재를 양성하는 교육과정을 도입하여 보다 창의적인 작업을 할 수 있는 인재를 양성하고 취업의 영역과 기회를 확대하는 것은 꼭 진행되어야 할 것이다. 그러나 학교 교육에서 3D프린터를 도입하고자 할 때 얻을 수 있는 정보는 한계가 있다. 언론이나 정보매체에서는 3D 프린터에 대한 장밋빛 미래가치나 산업규모 성장과 같은 일반적인 정보만을 거론하고 있으며 학계에서도 연구의 수준의 프린팅 기술 소개나 산업에서의 적용, 산업 규모 데이터 분석 등 개론수준의 내용 정리에 머무르고 있다. 이러한 정보의 부족은 교육현장에서 문제를 발생시킨다. 장점과 단점 비교와 같은 실질적인 정보 비교 없이 일단 도입 하여 시행착오의 과정 이후에서야 사용을 할 수 있게 됨으로서 시간적, 기회비용이 발생할 수밖에 없는 상황이다. 특히 많은 비용을 들여 도입한 장비가 학교 교육의 특성에 맞지 않는다면 그로 인한 비용손실은 클 것이다.

본 연구의 목적은 관련 전문가들이 아닌 기술관련 기반이 없는 일반 사용자들을 대상으로 하였다. 기존의 의 3D프린터 기술소개의 정도가 아닌 대표적 기술에 따른 사용상의 주의 점과 문제점을 분석하고 장단점을 비교하여 학교 교육, 특히 애니메이션 관련 학과에서 캐릭터 상품 개발과 관련한 교육에서 필요한 3D 프린터는 어떤 특성을 가져야 하는지를 설명하고 앞으로 3D프린터 이용한 교육을 시행하고자 할 때 실질적인 도움이 될 수 있는 정보를 제공하고자 하였다. 본론에서는 지지대 방식, 재료의 종류, 이차원 프린팅 방법, 삼차원 프린팅 방법과 같이 새로운 관점으로 기술을 구분하여 설명하였다. 이렇게 다른 구분 방식을 선택 하게 된 이유는 사용상의 실질적인 문제들을 상호 비교하기 용이하도록 하기 위함이다. 결론적으로 가장 적합한 3D프린터는 출력물의 품질은 다소 부족하지만 비교적 가격대가 저렴하고 재료 및 유지보수비용이 적게 드는 FDM방식의 프린터로 선정하였으며 부가적으로 기술지원이 잘되는 업체를 선정하기를 추천한다.

주제어 : 3D프린터, 교육, 캐릭터, 피규어

1) 본 논문은 경기대학교 2014년 교내 연구지원으로 작성되었음.

I. 서론

1. 문제제기와 연구목적

3D프린팅 기술의 최초 특허는 1986년 척 헐(Charles W. Hull)²⁾이 출원했으며 이후 출력방식이나 재료와 관련한 다양한 특허출원과 함께 지속적으로 발전해온 3D프린터 기술은 유용한 기술임에도 불구하고 특허로 인한 기술 접근의 한계와 3D라는 또 다른 전문 분야로 인해 접근성이 제한적이었다. 그러나 2005년 아드리안 보이어(Adrian Bower)교수가 시작한 오픈소스 프로젝트(RepRap: replicating rapid prototype)³⁾에 의해 중요 기술이 공개되고 때 마침 특허들도 만료되기 시작하였으며 3D에 대한 인식도 생활 속에서 다양한 경로로 접할 수 있게 되면서 오늘날의 3D프린터 붐을 이루게 되었다.

그러나 이러한 대중화와는 달리 여전히 그 기술적 내용의 어려움과 일반적으로 접하기에는 힘든 여건으로 인하여 언론이나 정보매체에서는 3D 프린터에 대한 장밋빛 미래가치나 산업규모의 성장과 같은 일반적인 정보만을 거론하고 있으며 학계 역시 연구의 수준이 프린팅 기술 소개나 산업에서의 적용 범위, 산업 규모 데이터 분석 등 여전히 개론수준의 내용 정리에 머무르고 있다. 그리고 이러한 정보들은 3D프린터에 대한 기대감을 높여 실질적인 사용자 경험정보를 접하기 어려운 상황임에도 지속적으로 저변이 확대되고 있다.

학교 교육에서도 3D프린터 도입의 필요성을 느끼고 있으나 개론적인 정보만으로는 한계가 있다. 지금과 같이 실질적인 정보를 얻기 어려운 상황에서는 일단 도입 하여 시행착오의 과정을 거쳐야만 사용할 수 있게 됨으로서 기회비용이 발생할 수밖에 없는

-
- 2) 최초 특허는 86년에 등록되었지만 1981년 일본 나고야시공업연구소의 히데오 코다마(Hideo Kodama)가 발표한 광경화 레진을 이용한 3D프린팅 가능성이 최초의 보고서이다. 그러나 주변의 무관심으로 실망한 코다마는 특허출원을 포기하였으나 1995년에 3D시스템즈와 같이 공동으로 공로를 인정받게 된다.
 - 3) 프로젝트의 목표로 자기복제가 가능한 기계를 만든다는 수학자다운 개념을 제시하였는데 이는 보이어 교수의 전공이 공학자가 아니라 수학자였기 때문이다. RepRap(Replicating Rapi prototype)이라는 이름도 여기서 유래한다.

상황이다. 특히 많은 비용을 들여 도입한 장비가 학교 교육의 특성에 맞지 않는다면 그로 인한 비용손실은 매우 클 것이다. 이러한 문제를 극복하고자 본 연구는 기술관련 기반이 없는 일반 사용자들이 3D프린터 이용한 교육을 시행할 때 실질적인 도움이 될 수 있는 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구범위와 연구방법

현재 3D프린터는 여러 가지 출력방식을 가지고 있으며 기업용부터 가정용에 이르기 까지 다양한 가격대의 기기들이 출시되고 있다. 본 연구자는 개론적인 3D프린터 기술소개가 아닌 저가의 다양한 출력방식의 개인용 프린터를 직접 운용하면서 사용해본 경험과 함께 고가의 산업용 프린터 업체에 의뢰 출력한 경험을 바탕으로 각 기술의 장점과 함께 실제 사용할 때 고려해야 할 사항과 주의할 점등, 사용해 보지 않으면 알 수 없는 단점도 정리하고자 한다. 그리고 기존에는 기술적 원리를 설명하는 그림들이 복잡한 기계적 구조만을 설명하고자 하여 오히려 이해하기 어려운 경우가 많아 본 연구에서는 초보자도 기술적 원리를 보다 잘 이해할 수 있도록 간략하게 도면을 직접 그려 설명할 것이다.

또한, 단순히 프린팅 방식만으로 기술종류를 설명한 다른 연구들과 달리 본 연구에서는 지지대 방식, 재료의 종류, 이차원 프린팅 방법, 삼차원 프린팅 방법과 같이 새로운 관점으로 기술을 구분하여 설명하고자 한다. 이렇게 다른 구분 방식을 선택 하게 된 이유는 사용상의 실질적인 문제들을 상호 비교할 수 있기 때문이다. 단순히 기계적 특성의 우열을 가리고 최종적으로 기종을 선정하는 것으로도 논지의 진행이 가능함에도 굳이 기술적 원리를 설명하고 문제점을 나열하는 것은 본 연구의 목적중 하나가 연구자의 경험적 정보들이 많은 교육 현장에서 앞으로 출시될 수 많은 3D프린터의 특성과 문제점을 분석할 수 있는 기준이 되기를 바라는 마음에서다.

마지막으로 이러한 의미 있는 경험적 정보들을 통해 애니메이션 콘텐츠산업에서 중요한 부분인 캐릭터 상품 제작 공정에 적합

한 3D프린터는 어떤 것인지 비교 분석할 것이며 학교 교육에서 적합한 프린터는 어떤 것인지를 최종적으로 선정해 보고자 한다.

II. 3D프린팅 기술 구분 및 문제점

1. 3D 프린터의 기본 원리

3D프린터의 기본원리는 3D데이터를 0.025mm~0.2mm 정도로 얇게 나누어 이차원 프린팅 한 것을 한 층씩 쌓아올려 형태를 만드는 것이다. 기본적으로 3D 데이터가 있어야만 작업을 시작할 수 있으므로 3D작업을 할 수 없는 일반인들은 3D프린터를 사용할 수가 없으나 싱기버스(Thingiverse)⁴⁾라는 3D데이터 공유사이트에서 원하는 데이터를 검색으로 다운받아 사용할 수 있다. 그러나 무료인 만큼 3D데이터의 정밀함에서 편차가 크다. 이 외에도 세계적인 3D소프트웨어 회사인 Autodesk에서도 사용법이 간편한 3D제작 소프트웨어인 123D를 무료로 배포하고 있다.

출력용 3D데이터를 마련하였으면 3D프린터에서 출력이 가능하도록 얇은 단면으로 자르고 필요에 따라 서포터를 붙이는 과정을 거쳐야 한다. 이와 같은 과정은 고가의 3D프린터에는 해당 회사에서 개발한 전용 프로그램을 사용하며 저가의 3D프린터에서는 RepRap 프로젝트에서 개발되는 무료 소프트웨어를 사용한다.⁵⁾ 이러한 출력용 프로그램은 사용법은 간단하나 출력물의 배치, 서포터 생성, 재료에 따른 출력환경 수치제어 등이 출력물 상태에 중요한 영향을 미친다. 고가의 프린터는 이러한 정보의 기본 최적화가 잘 되어 있고 저가의 프린터는 이러한 정보를 사용자 경험에 의한 조작에 의존하고 있어 경험이 부족한 초기 사용자는 좋

4) RepRap 프로젝트를 기반으로 2009년 저가형 3D프린터를 출시한 Makerbot이 3D 직접 할 수 없는 일반인들도 3D프린터를 사용할 수 있도록 운영한 3D 데이터 무료 공유 홈페이지다. 이곳을 통한 콘텐츠를 공유로 Makerbot은 세계적으로 유명해질 수 있었다. 결국 최대의 3D프린터회사인 스트라타시스(stratasys)에서 2013년에 Makerbot을 인수했다. (<https://www.thingiverse.com>)

5) 가장 유명한 무료 출력소프트웨어는 2011년 3명이 창업한 네덜란드 Ultimaker에서 개발한 Cura이며 지속적으로 업데이트를 배포하고 있다. Microsoft도 2013년 말 3D builder라는 windows 전용 3D프린팅 앱을 무료 배포하고 있다.

은 결과물을 얻기가 힘들다.

각 교육 현장의 여건에 따라 운용할 수 있는 자금과 기대하는 교육효과가 다를 것이다. 천만 원 이상의 고가 프린터와 백만 원대의 현실적 가격의 프린터들은 그 결과도 다르고 회사의 서비스도 다르며 사용자의 경험적 정보 습득을 필요로 하는 정도도 다르다. 이러한 특징을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 지지대방식, 재료특징, 이차원 프린팅, 3차원 프린팅, 이렇게 4가지 방법으로 분류하고자 한다.

2. 지지대(서포터) 방식에 따른 분류

한 층씩 쌓아올려 형태를 만든다는 것은 누구나 생각할 수 있는 간단한 원리지만 쌓아 올리기 위해서는 아래에 받침이 있어야 한다는 당연한 원리 때문에 실제 출력에서는 문제가 발생한다. 조형하려는 형태 중에는 <그림 1>의 화살표가 지시하는 곳과 같이 아랫부분이 없는 형태도 있기 때문이다. 이러한 형태적 문제로 출력이 되지 않는 경우가 회색부분처럼 발생이 되는데 회색 부분이 출력이 가능하도록 세로줄 영역과 같이 지지할 수 있는 임시 받침대를 세우고 출력을 마친 후 제거한다.

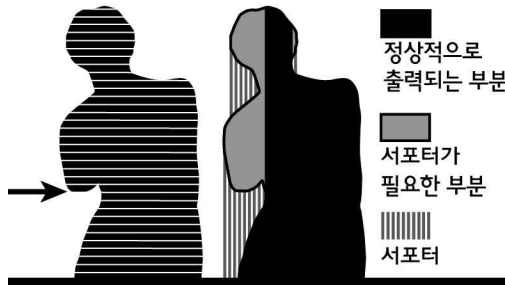
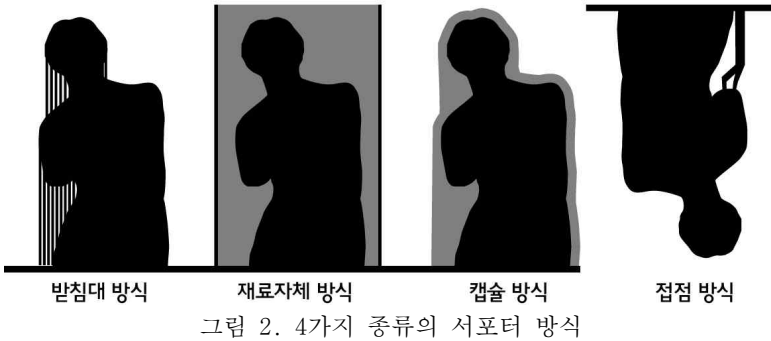


그림 1. 서포터의 필요성

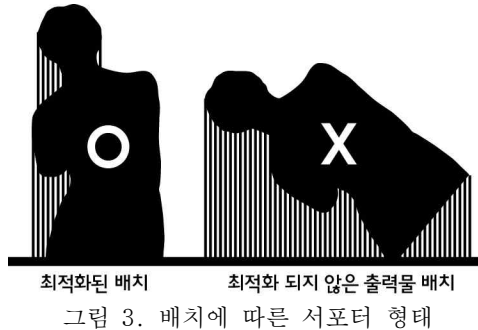
이러한 세로줄 부분에 해당하는 임시 받침대를 서포터 (Supporter)라고 부르며 3D프린팅 기술에서 매우 중요한 영역이다. 본 연구자는 그 형태에 따라 <그림 2>와 같이 받침대방식, 재료자체방식, 캡슐 방식, 접점방식과 같이 4가지로 나누었다.



1) 받침대 방식

두 가지 방식이 존재하며 ① 출력물과 서포터가 동일한 재료 방식일 경우 한 층을 쌓을 때 출력물은 밀도를 높여 단단하게 하고 서포터는 밀도를 약하게 출력하여 이후 제거한다. ② 서포터와 출력물이 다른 재료인 경우 약 2시간 정도 물속에 두면 녹는 재료나 무른 재료의 서포터를 사용하여 쉽게 제거할 수 있다.

(1) 장점: 서포터와 출력물을 동일한 프린팅 헤드에서 출력하므로 프린터 구조를 단순하게 할 수 있다. 대부분의 저가형 프린터들이 이 방식을 사용한다.



(2) 단점: ① 구조물의 형태에 따라 <그림 3>과 같이 서포터로 낭비되는 재료가 발생하므로⑥ 최소한 서포터로 출력 가능한 형태

6) 최근에는 서포터로 제거한 재료를 다시 녹여서 원재료인 2mm내외의 플라스틱 실인 필라멘트로 다시 만들기 위한 장비를 개발한 곳도 있다. 그러나 대부분 재료가 저렴하므로 재활용하지 않고 버린다.

로 출력물을 배치해야 한다. ② 서포터의 형태에 따라서 출력시간에 많은 차이가 나타난다. ③ 출력물과 서포터가 동일한 재료일 경우 분리를 쉽게 하도록 서포터의 밀도를 낮추는데 이럴 경우 <그림 4>와 같이 출력물의 면이 지지분해진다. 이 같은 단점을 줄이기 위해서는 최소한으로 서포터가 생성되도록 출력물 각도를 정하거나 분할해서 배치해야 하며 이 과정에서 사용자의 경험적 정보가 필요하다. 높은 가격의 프린터와 전용 프로그램에서는 이러한 최적화된 서포터 배치를 자동적으로 잘 처리해 준다. 출력물과 서포터의 재료가 다른 경우에는 두 재료의 밀도를 같게 출력하므로 이러한 문제는 없으나 제거가 용이한 재료의 특성상 비용이 높다.

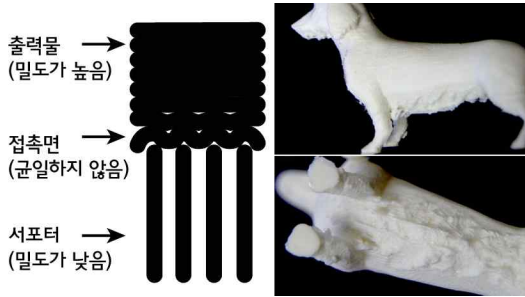


그림 4. 동일한 재료의 서포터 제거시의 문제

2) 재료자체 방식

이 방식은 모두 분말형태 재료를 사용하며, <그림 2>의 두 번째와 같이 박스 속에서 형성되므로 서포터를 제거하는 것이 아니라 분말로 가득 찬 서포터 속에서 출력물을 꺼내는 방식이다. 그릇에 가득한 밀가루를 반듯한 기구로 걷어내면 평탄하게 되듯이 고운 가루를 얇게 뿌리고 평탄하게 한 다음 원하는 이차원의 형태로 접착제를 뿌리거나 레이저로 녹여서 단단하게 한다. 이렇게 출력물의 단면 모양만 단단하게 하면서 한 층씩 쌓으므로 나머지 재료 부분은 자연스럽게 출력물을 지지해 주는 서포터의 역할을 하게 된다. 마치 밀가루를 손가락으로 뜨면 형태를 유지하는 것

처럼 고온가루인 서포터는 출력 용기 속에서 안전하게 출력물을 받쳐준다.

(1) 장점: ① 서포터 속에서 굳은 모형을 꺼내면 남은 분말이 그대로 재료로 재사용 되므로 비교적 비용을 절감할 수 있다. ② 서포터를 제거한 부분에 흔적이 남지 않는다. ③ 고압의 바람으로 출력물의 가루 제거 공정이 서포터 제거의 전부로서 비교적 단순하다.



그림 5. 재료자체 방식 서포터 제거

(2) 단점: ① 분말을 접착제로 굳히는 재료의 한계로 경도가 약하여 얇거나 긴 형태는 부러지기 쉽다. <그림 5>와 같이 ② 분말 형태의 서포터를 제거하기 위한 추가적인 기구가 필수적이다. ③ 제거 공정은 단순하나 실제적으로는 여기 저기 꼼꼼히 살펴야 하고 가루가 날리므로 번거롭다.

3) 캡슐 방식

MJM⁷⁾과 Polyjet⁸⁾ 두 출력방식에서만 사용한다. <그림 2>의 세 번째와 같이 전체적으로 감싸는 형태로 서포터 재질은 왁스(WAX)이며 조형원리는 같으나 서포터 제거방식이 다르다. MJM 출력방식은 출력 후 냉장과정으로 굳힌 다음 다시 오븐에서 30분정도 녹이고 전용 기름세척과 일반세척과정을 거쳐 마친다. 폴리젯 출

7) MJM(Multi Jetting Modeling)은 MJP(Multi Jetting Printing)라고도 하며 미국 3D systems사가 개발하였다.

8) 폴리젯(Polyjet)은 이스라엘 Object사가 개발한 것으로 이후 2012년 Stratasy사가 합병하였다.

력방식은 손으로 직접 제거하거나 강한 물살로 제거할 수 있다.

(1) 장점: ① 캡슐형태의 서포터가 출력물을 안정적으로 지탱 해주므로 1mm 정도의 얇고 작은 크기도 출력 가능하다. ② MJM 출력일 경우 복잡한 형상도 손상 없이 서포터 제거가 가능하다.

(2) 단점: ① 두 출력방식 모두 서포터 재료의 가격이 매우 높다. ② MJM 방식은 사용자가 직접 출력물을 살피며 서포터를 제거하는 것이 아니라 화학적 처리로 제거하지만 150분 정도의 시간이 걸리고 공정이 복잡하다. ③ 폴리젯은 출력물의 형태상 접근이 용이한 서포터는 손이나 물살로 쉽게 제거되지만 세부적인 곳은 끝이나 핀셋 등 공구를 사용해야 하는데 여기에서 시간과 공정이 요구되며 제거도중 출력물이 파손될 수도 있다.

제거에
많은 공정이 필요한
MJM 출력방식
캡슐형 서포터



손으로 도
제거가능한
폴리젯 출력방식
캡슐형 서포터



그림 6. 캡슐 방식 서포터 제거

4) 점점 방식

DLP⁹⁾와 SLA¹⁰⁾방식이 있으며 재료는 모두 광경화성 액상형태만 사용한다. <그림 2>의 마지막과 같이 마치 고드름이나 동굴의 석주가 자라듯이 거꾸로 조형되는 형태이다. 쌓아 올리는 것이 아니라 위에서부터 한 층씩 아래에 붙여가는 방식으로 형태가 시작할 수 있는 작은 점점만 있으면 된다. 서포터는 형태가 시작할

9) DLP(Digital Light Processing)방식은 미국 텍사스 인스트루먼트사에서 개발한 DLP 광원을 이용하여 조형하는 방식이다. 하나의 픽셀에 해당하는 미세한 거울을 움직여서 원하는 이미지를 만들어 낸다.

10) SLA(Stereolithography)방식은 적혈에 1984년 최초로 등록된 3D프린팅 방식으로 적혈은 이후 3D systems를 창립하였다. 등록 후 20년이 지났으므로 기본 기술 특허는 만료되었다.

접점을 만드는 역할과 출력된 덩어리를 잡아주는 역할만 한다.

(1) 장점: 최소한의 서포터를 사용하여 ① 서포터 제거 후 버리는 재료 낭비가 적다. ② 서포터 제거 공정이 쉽다.

(2) 단점: ① 접점이 너무 작아서 아래층이 붙었다가 떨어지면서 한 층이 붙지 않게 되면 다음 층이 계속 붙지 못하므로 출력이 제대로 되지 않을 수도 있다. ② 접점이 너무 많으면 서포터 제거가 힘들다. 최적화 된 접점을 형성하는 서포터 배치도 프린팅 전용 프로그램에서 생성하는 것으로 고가의 고급형과 저가 보급형의 출력물 차이를 결정하는 요소다. ③ 이 방식은 모두 액체인 광경화 레진을 사용하며 복잡한 화학적인 후처리를 마친 후 서포터를 제거해야 한다.

2. 재료적 특징에 따른 분류

이차원 면을 프린팅 하여 한 층씩 쌓아올린다는 원리는 간단하지만 자유롭게 이차원프린팅이 가능한 유연한 성질과 쌓아올릴 수 있는 단단한 성질은 서로 상충하는 특성으로서 3D프린터에서는 하나의 재료에서 두 가지 성질을 다 구현해야만 한다. 이러한 전혀 다른 두 성질을 가지는 특수한 재료와 그 특수한 재료를 관리하고 다루는 기술이 3D프린터의 종류를 결정하는 가장 핵심적인 요소이며 관련한 특허도 재료의 물질적인 특성과 관리 방법에 집중되어 있다.

1) 열가소성 수지 재료

열가소성이라는 단어의 뜻처럼 상온에서 단단하지만 열을 가하면 유동적인 형태로 변하는 재료로서 높은 온도에서 유동적일 때 얇은 형상을 만들고 식으면 단단하게 되므로 그렇게 1개 층을 형성하고 그 위에 또 1층을 쌓아 올리는 방식으로 조형한다. 기존의 플라스틱 소재 대부분이 이에 해당하고 최근에는 플라스틱에 나무, 고무, 금속과 같은 다른 재료들과 혼합하여 <표 1>과 같이 다양한 재질 또는 성질을 가진 상품들을 출시하고 있다. 이러한 대중성과 다양성으로 가장 많이 사용되는 재료이다.

종 류		내 용 및 장 점	단 점
가장 대중적 재료 ¹¹⁾	ABS	Acrylonitrile Poly-Butadiene Styrene. 가장 대중적인 재료. 적당한 탄성과 강도 유지. 다양한 칼라 적용 가능. 저렴한 가격.	냉각 시 수축변형. 갈라짐 현상 발생. 좁은 공간 냄새로 인한 환기 필요.
	PLA	PolyLactic Acid. 대중적인 재료. 수축이 적음. 점착성 우수. 저렴한 가격. 다양한 칼라	약한 강도. 습기에 반응. 후 가공 어려움.
일반적 구입가능 플라스틱 재료	HIPS	High Impact Polystyrene. ABS/PLA대비 신축성우수. 기포발생적음.	냄새로 인한 환기 습기에 반응,
	NYLON	나일론 / 잘 휘어지고 매끄러운 속성	높은융점. 습기약함.
	PVA	PolyVinyl Alcohol. 물에 녹아 서포터로 사용.	보관 시 습기에 매우 주의
	GLOW	ABS/PLA에 야광재료 혼합.	융점 조절 필요.
일반적 구입가능 특수재료	Lay wood	재생목제를 40%함유한 Polymer재료. 출력 후 마치 나무 같은 성질. 해외에는 코르크, 대나무 느낌도 있음.	융점 폭이 커 출력 시 제어가 어려움. 비교적 높은 가격.
특수 목적용 전문재료	Lay brick	흙(세라믹)성분과 플라스틱을 합한 재료. 점토 같은 느낌. 가마에서 구울 수 있음.	융점의 폭이 커서 출력 시 온도 조절의 어려움. 추가된 재료로 정밀한 출력이 어려울 수 있음. 비교적 고가의 가격, 일반적으로는 구입이 어렵고 전문 판매처 또는 해외 판매처를 통해 구입
	LayForm	TPE+PVA로 물에 녹이면 스펀지처럼 됨	
	Lay metal	금속성분과 Polymer합성. 놋쇠, 구리, 청동, 스테인레스 등 다양함. 실제 쇠와 같은 성질을 보임.	
	TPU	Thermoplastic Polyurethane. 열가소성 폴리우레탄. 내마모성우수. 신발발창.	
	TPE	Thermoplastic elastomer 열가소성 엘라스토머, 고무 같은 성질.	
	HDPE	High Density Polyethylene. 고밀도 폴리에틸렌.	
	LDPE	Low Density Polyethylene. 저밀도 폴리에틸렌.	
	PC	Polycarbonate. 폴리카보네이트.	
	PP	Polypropylene. 폴리프로필렌.	
	기타	ABS, PLA 등에 탄소섬유 첨가로 강화. 정전기 방지기능으로 전자제품사용.	

표 1. 열가소성 수지 형태 재료의 종류와 특징

11) 열경화성 플라스틱재료를 사용하는 100만 원대의 보급형 프린터는 저렴한 비용 및 간편한 운용이 중요한 요소이므로 ABS와 PLA를 많이 사용한다. 그 외 재료들은 가격 및 온도, 속도 등 번거로운 설정으로 사용비용이 현저히 낮다.

(1) 장점 : ① 플라스틱 재료에 색소를 섞어 다양한 색은 물론 심지어 야광 색까지 구현할 수 있다. ② 나무, 철, 흙 등을 섞어 새로운 성질의 다양한 재료가 계속 출시되고 있다. ③ 3D프린터 재료 중에 가장 저렴한 재료들이다. ④ 스스로 녹고 굳는 방식이므로 서포터 제거 시 다른 화학적 처리를 거의 할 필요가 없다. 이 같은 다양한 장점으로 열가소성 재료를 대중적으로 가장 많이 사용하고 있다. ⑤ 출력 후 플라스틱부품 대응으로 바로 사용 할 정도로 단단하다.

(2) 단점 : 모든 열가소성 재료는 굳을 때 일정비율로 수축이 발생한다. 즉 출력물의 층이 올라갈수록 하단은 냉각, 수축되고 그렇지 않은 상단부와 미세한 형태 차이로 인해 결국 출력물의 변형 또는 파손이 발생한다. 이는 장점을 상쇄시키는 치명적인 문제이다.

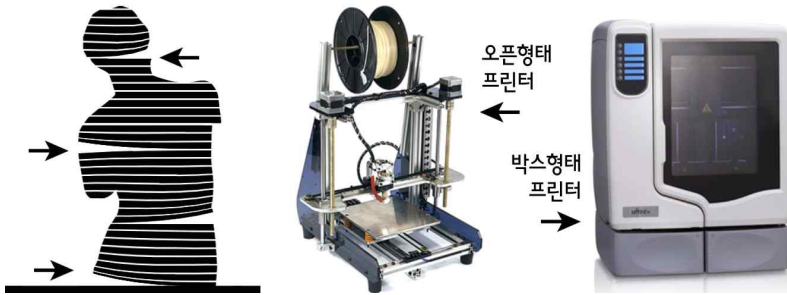


그림 7. 수축으로 인한 갈라짐 / 오픈형태, 박스형태 프린터

열가소성 재료의 냉각에 의한 수축에서 발생하는 실질적인 현상으로는 <그림 7>과 같이 ① 바닥으로 부터 들뜸 현상이 발생하거나 층별로 쪼개짐 현상이 발생한다. 이를 보완하기 위하여 출력물의 온도가 떨어지지 않도록 밀폐형태로 만들어 온도를 유지하나 출력을 마친 층이 냉각되지 않는 문제가 발생할 수 있다. 이런 이유로 박스형은 재료의 성질에 맞는 적절한 온도를 유지하는 것이 매우 중요한 요소이며 고가의 프린터와 저가의 프린터 출력물 차이를 보이는 요소이다. 특히 수축은 밀도가 높고 출력물의 크기가 클수록 더 크게 나타나므로 튼튼하면서도 50cm 이상

의 큰 출력이 가능한 산업용 프린터들은 여러 면에서 최적화 되어 있으며 가격도 매우 높다. 또 다른 문제점으로는 고열로 재료를 녹이면서 한 층씩 올릴 때 <그림 8>과 같이 층간 접착을 강화하기 위하여 마치 흙손으로 시멘트를 바르듯이 고온의 노즐로 밀착하며 출력을 한다. 이때 아래층은 강하게 밀리는 힘을 받게 되는데 이로 인한 문제들이 같이 발생한다.

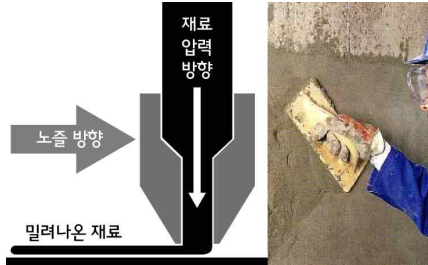


그림 8. 흙손처럼 강하게 밀착 출력

② <그림 9>와 같이 아래층이 완전히 굳지 않았거나 노즐의 온도로 인해 다소 유동성이 생겼을 때 위층을 쌓으면서 가해지는 힘으로 아래층에 형태의 변형이 일어날 수 있다. ③ 더한 경우는 고온 압력으로 변형된 형태에 노즐이 걸리면서 출력물이 바닥에서 떨어질 수 있다. ④ 플라스틱이 녹으면서 좋지 않은 화학성분이 발생한다. 대부분은 약간 거슬리는 정도이지만 개인에 따라서는 작업 중에 냄새 때문에 사용에 어려움을 느끼는 경우도 있다. ⑤ 수축으로 인한 변형과 함께 치약처럼 짜 내면서 밀착하는 방식으로 인해 1mm이내의 정밀한 형상은 잘 표현이 안 된다.

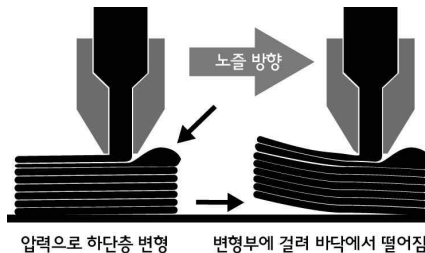


그림 9. 고온 압력으로 인한 문제점들

2) 광경화성 액상 재료

평소에는 액체 상태이지만 일정한 빛을 받으면 굳는 수지(Resin) 재료를 말한다. 빛에 반응하는 아크릴이나 에폭시 계열의 광경화성 수지(photocurable resin)가 들어있는 수조에 UV 레이저나 프로젝터로 빛을 쬐서 한 층을 경화시키고 다시 빛을 쬐서 층을 더 만드는 방식이다. 액체상태의 레진을 얇은 층으로 만드는 방법에 따라 수조안 조형방식, 수조밖 조형방식, 스프레이 방식으로 나눌 수 있다.

① 수조 안 조형방식은 DLP, SLA방식에서 많이 사용하며 구조가 단순하여 FDM방식 다음으로 많은 제품이 출시되고 있다. 그러나 <그림 10>과 같이 레진 수조 속에서 조형되므로 출력이 마쳤을 때 액체상태의 레진이 묻어 있어 레진을 제거하는 모든 공정이 단점이 될 만큼 사용하기가 번거롭다.

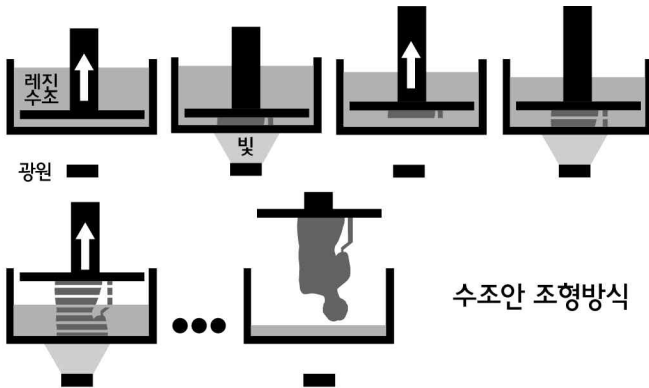


그림 10. 수조안 조형 방식 설명도

② 수조 밖 조형방식은 <그림 11>에서와 같이 레진을 조금씩 흘려보낸 후 평탄화기기로 아주 얇게 펴서 한 층씩 조형한다. 조형을 마친 표면에 액체레진이 거의 묻어 있지 않으므로 제거공정이 적어 사용하기 용이하나 레진을 조금씩 흘려보내기 위한 장치와 평탄화기가 움직이는 기계적 구조가 복잡하여 비교적 높은 가격으로 제품들이 구성되어 있다.

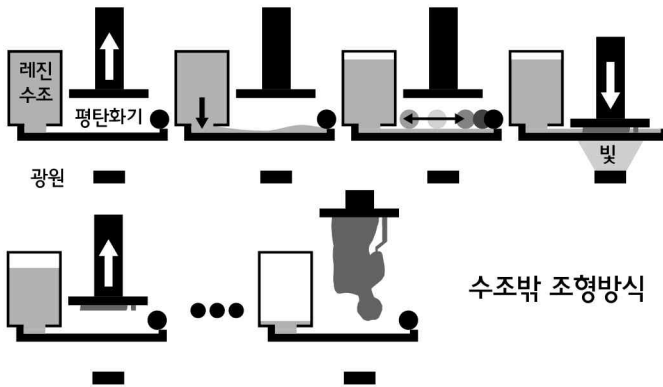


그림 11. 수조 밖 조형 방식 설명도

③ 스프레이 방식은 캡슐형 서포터를 사용하는 MJM과 Polyjet 방식에서 사용하며 가장 프린팅 품질이 우수하고 화학적 후처리도 필요 없지만 <그림 12>와 같이 레진과 서포터를 분사하는 헤드에 모든 기술이 집약되어 있으며 기계적인 구조면에서도 매우 복잡하여 전반적으로 가격대 구성이 매우 높다.

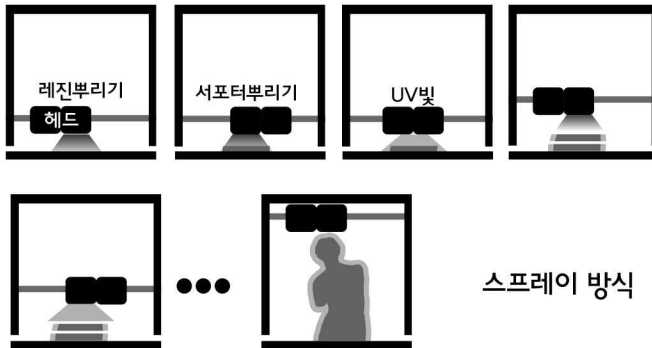


그림 12. 스프레이 방식 설명도

(1) 장점 : 광 경화성 재료의 장점은 한 층을 빛으로 조형하므로 매우 정밀한 형태를 만들 수 있다는 점이다. 그러나 레진 관리기술이 접목된 고가의 스프레이방식과 수조 밖 조형방식을 제외하고 일반적으로 접할 수 있는 수조안 조형방식은 아래와 같이

단점이 많음에도 불구하고 정밀한 모형을 만들 수 있다는 장점 때문에 최근 기능이 보완된 프린터들이 출시되고 있다.

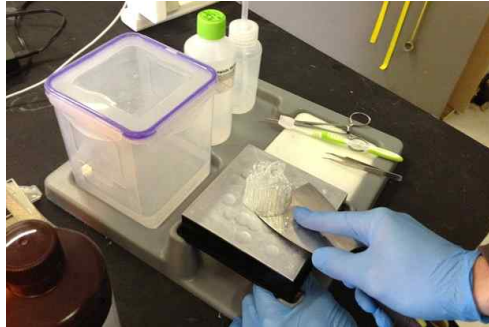


그림 13. 광 경화 레진 제거를 위한 도구들

(2) 단점 : 광 경화 재료를 관리하고 보급하는 과정과 출력을 마친 후의 과정 전체가 매우 번거로워서 이 모든 과정이 단점이 된다. ① 재료가 빛에 반응하므로 보관 시 빛에 노출되지 않도록 매우 주의해야 하며 온도 습도에도 민감하므로 쾌적한 곳에서 잘 보관해야 한다. ② 재료가 끈적끈적한 액체상태의 레진이므로 흘리거나 넘칠 경우에 기계와 주변을 정리하기가 매우 번거롭다. ③ 레진재료 특유의 고약한 화학제품 냄새가 난다. 실제로도 건강에 좋지 않으므로 마스크를 쓰고 작업할 것을 권장한다. ④ 출력을 마친 후 출력물에 묻어있거나 출력물속 빈 공간에 경화되지 않고 남아 있는 레진을 제거하기 위해 ISP용액¹²⁾에 세척과정을 거쳐야 한다. ⑤ 완전히 경화하기 전 서포터 제거를 실시하지만 출력물과 동일한 재료이므로 파손의 위험이 있다. ⑥ 세척을 마친 다음 UV자외선램프로 다시 한 번 완전히 경화를 시켜야 한다. ⑦ 출력물의 강도는 조형품으로 전시는 가능하나 플라스틱 기계 부품으로 직접 사용하기에는 약하다. ⑧ 저가 기기의 경우 출력물이 생성됨에 따라 수조속의 남은 레진을 항상 살피면서 보충해야 한다. ⑨ 광경과 레진 가격이 아직은 열가소성 플라스틱에 비

12) 이소프로필 알콜(isopropyl alcohol)은 얼룩 없이 쉽게 증발하므로 반도체, LCD 등 IT 부품 세정액이나 페인트, 잉크 등의 용제로도 사용된다. 무극성 물질이지만 레진 용제로 사용하면 레진이 함유된 유독 기체가 발생한다.

해 상당히 높다. ⑩ 빛에 노출되면서 레진 반응하는 투명한 실리콘 바닥면의 투명도가 항상 유지되도록 교체해야 하므로 유지보수비용이 많이 든다.

위와 같이 수조안 조형방식에서 광 경화성 레진을 사용하는 것은 매우 번거로운 과정이지만 구조가 단순하게 할 수 있다. 반면에 수조 밖 조형방식의 기기는 출력 중에 레진을 보충할 필요가 없으며 출력 후에도 레진이 거의 묻어 있지 않아 약간의 세척과 경화과정만 거치면 되지만 구조가 복잡하다. 스프레이 방식은 출력 중 문제는 없으나 캡슐형 서포터 제거시의 번거로움과 가장 복잡한 구조로서 수천에서 수억 원대어의 기업용 기기들로 분포되어 있다.

3) 분말성 재료

분말성 재료는 앞서 <그림 2>의 서포터 종류 중 두 번째 재료 자체 방식에서 사용하는 재료로서 분말재료가 가득 찬 박스 안에 물체 조형하는 방식이다. 가루형태의 재료를 고정시키는 방법으로는 석고분말에 잉크젯 프린터와 같은 방법으로 접착제 뿌려 이차원의 면을 조형하는 CJP¹³⁾방식과 플라스틱이나 철 성분 분말에 강력한 레이저로 녹여서 플라스틱 또는 금속재질을 출력할 수 있는 SLS¹⁴⁾방식으로 나눌 수 있다. 둘 다 기본적으로 얇게 가루를 펴서 층을 만들기 위한 기계적 장치와 잉크를 분사하거나 레이저를 조절하는 장치, 마지막으로 출력물에서 분말을 털어내기 위한 장치 등이 필요하므로 기본적으로 프린터의 크기가 크고 가격이 고가이다.

(1) 장점 : ① CJP방식은 잉크젯 프린터와 같은 원리이므로 석고 재료에 접착제와 함께 색깔잉크를 같이 뿌려 칼라 출력물을 얻을 수 있다. 현재까지는 칼라출력이 가능한 유일한 방식이다.

13) CJP(Color Jetting Printing)방식은 PBP(Powder Bed & inkjet head 3d Printing: 분말 베드와 잉크젯 투사)방식이라고 부르기도 하며 미국 Zcorp사의 전용기술로서 이후 2012년 3D Systems에 인수되었다.

14) SLS(Selective Laser Sintering:선택적 레이저 소결 조형)은 미국 3D Systems사, EOS사에서 개발하였다.

② SLS방식은 메탈재질로 출력할 수 있는 유일한 방식이다. 아직은 주물에 비해 경도가 약하지만 연구를 통해 보완된다면 제조산업의 패러다임을 바꿀 수 있는 획기적인 방식이다.

(2) 단점 : ① CJP방식은 접착제로 굳히기는 하나 경도가 약하여 추가적으로 후처리 과정에 표면에 강화제를 바른다. 그럼에도 다른 플라스틱 출력물에 비해 약하다. ② CJP방식의 출력물은 마치 설탕공예품 같은 느낌이며 재질 특성상 mm단위의 작은 디테일은 표현하지 못한다. ③ CJP방식이나 SLS방식 둘 다 매우 고가의 장비이다.

3) 박막(Sheet) 재료

마분지와 같은 얇은 두께의 종이판이나, 롤 상태의 PVC 라미네이트(Laminate-얇은 판 모양)나 한 장의 시트(Sheet) 형태의 재료를 레이저나 정밀커터로 자른 후 고온 압착하는 방식으로 형상을 제작하는 것으로 회사에 따라 LOM, PLT, PSL¹⁵⁾ 방식으로 부른다. 3D프린터 보급초기에는 비교적 기기의 저렴함을 내세워 경쟁하였으나 조형방식의 한계로 사용 비율이 매우 낮다.

(1) 장점 : PLT방식은 재료로 일반 A4용지를 사용하므로 친환경적이고 비용면에서도 저렴하다.

(2) 단점 : ① 출력물과 서포터가 같은 재료로서 출력물의 형태에 따라 서포터 제거가 힘들거나 불가능 할 수도 있다. ② 출력물의 크기에 상관없이 1개 층은 똑같은 크기의 1장의 재료를 사용하므로 재료 낭비와 함께 비용적인 낭비도 크다.

3. 이차원 프린팅 방식에 따른 분류

출력물의 품질과 함께 출력속도도 3D프린터의 성능을 결정하는 중요한 요소이다. 한 층씩 쌓아 올려야 하는 물리적 시간은 어쩔 수 없으나 한 층을 보다 빨리 만들어서 속도를 높일 수 있다. 그리고 이차원 프린팅의 외곽선은 결국 출력물의 표면이 되므로 이

15) LOM(laminated object manufacturing)은 미국 큐비탈사 개발, PLT(Paper Lamination Technology)은 일본 KIRA사 개발, PSL(Plastic Sheet Lamination)은 이스라엘 Solido사가 개발했다.

는 출력물의 품질에도 중요한 영향을 미친다. 선으로 그리기, 면으로 만들기, 선으로 지나가기 등으로 나눌 수 있다.

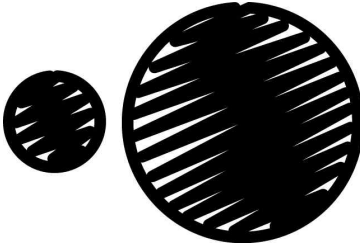


그림 14. 선으로 그리는 방식

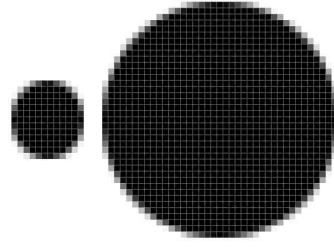


그림 15. 면으로 만드는 방식

1) 선으로 그리는 방식

<그림 14>와 같이 펜으로 그림을 그릴 때 외곽선을 그린 다음 펜을 좌우로 반복해서 흔들어 속을 칠하는 것과 동일한 방법으로 한 개의 층을 프린팅 하는 방식이다. ① 열가소성재료를 사용하는 FDM, FFF¹⁶⁾방식에서는 뜨거운 노즐이 펜과 같은 역할을 하고 ② 광경화 재료를 레이저로 경화시키는 SLA방식과 메탈프린팅이 가능해서 앞으로 가장 기대되는 방식인 SLS도 같은 방식으로 미세하게 움직이는 거울의 각도를 조절하여 마치 그림을 그리듯이 레이저로 그림을 그린다. 3D프린팅 최초의 특허인 SLA도 이 방식으로서 비교적 단순한 기술이며 기술의 역사가 오래되어 완성도가 높고 관련 지식 공유도 활발하여 Reprap프로젝트를 시작할 수 있는 기술적 바탕이 되었다.

(1) 장점 : 직접 그리는 방식이므로 크기에 관계없이 경계면을 일정한 품질로 유지할 수 있다.

(2) 단점 : ① 선을 그리는 물리적인 시간이 필요하므로 출력할 면적이 클수록 시간이 많이 걸린다. ② 연속된 X, Y 좌표를 인식하여 선을 그리므로 SLA방식에서는 방향을 결정하는 거울의

16) FDM(Fused deposition modeling:융착 조형 공정)은 최대 3D프린터 회사인 Stratasys사에서 붙인 명칭이며 산업용기기에 맞춰 최적화 되어있다. FFF(Fused Filament Fabrication: 열가소성수지 압출 적층 조형법)는 RepRap에서 지칭한 명칭으로 FDM을 개인용으로 적용한 것이라 볼 수 있다.

움직임에 문제가 있을 경우 잘못된 형태로 조형될 수 있다. ③ FDM이나 FFF의 경우 기계적인 움직임이 부자연스럽거나 노즐이 출력물의 어딘가에 걸려 좌표가 변동되면 그 이후의 모든 그림은 변동된 좌표로 그리게 된다. 이는 매우 치명적인 단점으로 긴 출력시간동안 작은 문제로 인하여 연쇄적 좌표에러가 발생하여 잘못된 형태로 출력된다. 저가형 프린터에서 실제 사용 중에 가장 많이 발생하는 문제이다.

2) 면으로 만드는 방식

면으로 만드는 방식은 DLP방식에서 사용하며 이차원의 면을 강한 프로젝터 불빛으로 한 번에 비추어 광경화 레진을 굳힌다. DLP는 광원자체가 반도체소자로서 <그림 15>와 같이 가로, 세로 점의 개수가 정해져 있고 DLP소자 경계면 때문에 두 개를 붙일 수도 없으므로 한 면의 크기가 한정된다.

(1) 장점 : ① 한 층을 프로젝터 빛으로 한 번에 비추므로 조형할 크기에 상관없이 높이가 같으면 같은 출력 속도를 유지할 수 있다. ② 보석 디자인과 같이 작고 정밀한 출력물일 경우에 최적의 작업환경을 구현할 수 있다.

(2) 단점 : ① 광학적으로 빛을 확대해서 조형면적을 크게 할 수 있지만 그럴수록 흐린 빛이 되므로 조형물의 품질이 떨어진다. ② 한정된 DLP의 해상도로 큰 물체를 출력하기 위해서 광원을 확대하면 하나의 점을 이루는 사각형의 거울 때문에 출력물의 경계면에서 디지털 계단현상 나타날 수 있다. 이러한 문제로 15cm이상의 물체는 출력하지 않는다.

3) 선으로 지나가는 방식

선으로 지나가는 방식은 앞에서 설명한 캡슐형 서포터를 사용하는 MJM, Polyjet 방식, 분말형 재료를 사용하는 CJP방식이 사용한다. X축으로 움직이는 기계구조만 있으며 Y축으로는 헤드를 여러 개 배치하여 Y축의 움직임은 없이 X축으로만 움직이면서 층을 만든다. Z축은 다른 프린터와 동일하게 올라가면서 쌓는다.

(1) 장점 : ① X축은 움직이지만 Y축은 헤드가 움직이지 않고 길게 늘어선 프린터헤드 출력으로 조절하므로 구동부의 구조는 비교적 단순하다. ② 면으로 만드는 방식에 비해 다소 느리나 선으로 그리는 방식에 비해서는 월등히 빠른 출력 속도를 보인다.

(2) 단점 : ① 프린터 헤드를 여러개 사용하므로 헤드구조가 매우 복잡하고 프린터 가격이 매우 고가이다. ② 전용 재료 및 서포터 재료 모두 매우 고가이다.

4. 삼차원 프린팅 방식에 따른 분류

이차원으로 프린트된 면을 3차원으로 붙이는 과정은 다음과 같이 2개로 나눌 수 있다.

1) 쌓아 올리기(바텀업:Bottom Up) 방식

전통적인 방식으로 아래에서 위로 한 층씩 올려서 만드는 방식이다. 출력물이 하단부터 쌓여 올라가므로 안정적으로 지탱한다. 단점이 없다고 할 수 있다.

(1) 장점 : 무게와 크기에 상관없이 프린터의 구조가 가능한 안에서 출력이 가능하다.

(2) 단점 : 거의 없다. 바닥에서 출력물을 분리할 때 기구를 사용하거나 약간의 힘이 가해야 한다.

2) 붙혀 내리기(탑다운:Top Down) 방식

<그림 2>의 마지막 형태인 접점방식 서포터를 사용하는 방식으로 고드름이 자라듯이 위에서 아래로 한 층씩 만든다. <그림 10>의 수조 안 조형방식과 <그림 11>의 수조 밖 조형방식이 이에 해당한다. 특히 수조안 조형방식은 구동에 관련한 모터와 광원 구조만 있으면 되므로 비교적 단순하여 낮은 가격의 기기의 제작할 수 있어 개인이 만드는 DLP나 저렴한 SLA에서 많이 사용한다.

(1) 장점 : 프린터 하단에 광학장비와 모터 등을 모두 배치할 수 있고 수조안 조형방식은 단순한 설계로 가격을 낮출 수 있다.

(2) 단점 : ① 앞서 접점방식 서포터에서 설명한바와 같이 거

꾸로 붙어 있는 상태로 출력되므로 출력물이 무거운 경우 출력 중에 떨어질 수 있다. 그러므로 세변의 부피가 약 10cm 정도 이상의 물체는 출력할 수 없는 치명적인 단점이 발생한다. ② 레진 수조 속에 출력물이 드나들기를 반복하므로 출력이 마친 후 주변에 묻어 있는 레진 때문에 화학적 세척과정이 필수적이다. ③ 조형한 층을 붙일 때 접점이 작아 1개 층이 붙지 않게 되면 그다음 층이 연쇄적으로 붙지 않아 조형이 되질 않는 경우가 발생한다. ④ 출력물이 떨어지지 않도록 상부에 단단히 붙어 있으므로 분리할 때 전용 기구를 사용하거나 힘을 가해야 하므로 번거롭다.

Ⅲ. 각 기술별 비교 분석

지금까지 알아본 3D 프린터 기술별 특성을 정리하여 한눈에 볼 수 있도록 <표 2>를 만들었다.

구분 항목 중 가격은 본론에서 거론하지 않은 내용으로서 같은 출력방식이라 할지라도 프린터의 내구성이나 사용자 편의성에 따라 가격의 폭이 매우 크며 최고가의 경우 억대의 가격으로 현실성이 없으므로 표기하지 않았다. 그리고 저렴한 기종들 중 전문적인 하드웨어 지식을 바탕으로 세부적인 조절을 해야만 출력이 가능하여 일반인은 사용하기 어려운 기종도 있으므로 현실적으로 일반적인 초보 사용자가 사용가능한 수준에서 최저 가격으로 기록하였다. 재료항목의 가격도 일반적인 인터넷 쇼핑에서 구할 수 있는 범용 재료이면서 적절한 수준의 품질을 보여주는 선에서 기록하였다.

비교의 내용은 각 기종별 특징 중 구매 시에 고려할 수 있는 가장 차별되는 요소를 기록하였다. 마지막으로 프린터 구분에서 사용자가 적고 국내 판매사가 거의 없는 박막(Sheet)재료를 사용하는 LOM, PLT, PSL 출력방식은 제외 하였다.

구 분	FDM	DLP	SLS	SLA	Polyjet	MJM	CJP
서포터방식	지지대	접점	재료자체	접점	캡슐	캡슐	재료자체
서포터제거	수작업	수작업	바람블기	수작업	제트위터	오븐녹이기	바람블기
후처리	없음	화학약품 세척	분말제거	화학약품 세척	제트위터	화학약품 세척	분말제거후 접착제도포 피막강화
재료 형태	고체형 열경화성 수지	액체형 광경화 에폭시수지	레진파우더 메탈파우더	액체형 광경화 에폭시수지	액체형 광경화 아크릴수지	액체형 광경화 아크릴수지	전용 식고 파우더
2차원 프린팅방식	선으로 그리기	면으로 만들기	선으로 그리기	선으로 그리기	선으로 지나가기	선으로 지나가기	선으로 지나가기
3차원 프린팅방식	쌓아올리기	쌓아올리기 분해내리기	쌓아올리기	쌓아올리기 분해내리기	쌓아올리기	쌓아올리기	쌓아올리기
1kg당 재료가격	1.5만원~	6만원~	30만원~	6만원~	40만원~	30만원~	30만원~
프린터가격	80만원~	300만원~	5천만원~	300만원~	6천만원~	6천만원~	2천만원~
대표업체	Stratasys Makerbot	군소업체 경쟁	3Dsystems	3Dsystems form labs	Stratasys	3Dsystems	3Dsystems
비고	DIY 키트판매	개인 자작품판매	메탈조형 가능	2014년부터 저가형출시	-	-	컬러출력 가능

표 2. 3D 프린터 기술별 특성 비교

IV. 최종 기종 선정

1. 학교교육에 적합한 기종 선정을 위한 원칙

학교 교육에서 발생할 수 있는 상황은 개인용과는 달리 다양한 사람들이 사용하며 최종 결과물 함께 과정의 의미도 중요한 특성이 있다. 이러한 상황을 고려한 선정시 고려사항은 다음과 같다.

- 1) 불특정 다수가 오래 사용하므로 내구성이 뛰어나야 한다.
- 2) 사용법은 되도록 단순해야 하며 기계적인 전문지식이 없는

사람도 약간의 교육만으로 부담없이 접할 수 있어야 한다.

3) 화학적으로 유해하거나 위험한 노출을 최대한 줄여야 한다.

4) 사용법 교육이후에도 추가적으로 문의할 수 있어야 하며, 여러 상황에도 대처할 수 있도록 사후 지원이 잘 되어야 한다.

5) 기기를 많이 도입하여 보다 많은 학생이 직접 사용하는 기회를 가질 수 있도록 가격대비 성능 면에서 저렴해야 한다.

6) 저렴한 재료를 사용하여 실패를 두려워하지 않고 부담 없이 사용하여 많은 출력 경험을 가지도록 해야 한다.

7) 되도록 빠른 출력과 단순한 공정으로 결과물을 얻을 수 있도록 하여 선생님과 학생간의 상호 소통의 경우를 늘린다.

8) 1mm 이내의 정밀한 출력보다는 품질은 다소 부족하더라도 지속적인 선생님과 학생간의 소통 속에서 수정 보완하여 다시 출력하는 방식이 더욱 학습내용도 많고 효과적이다.

2. 기종 도입 시 추가 검토 사항

위와 같은 기준에서 학교 교육에서 적합한 기종은 아래와 같으며 연구자의 경험에 비추어 도입 시 검토사항을 추가하였다.

FDM방식 | 100만원대 가격 | 국내 업체 | 저렴한 범용재료 사용

1) 다양한 재질과 색을 가진 재료들을 사용 가능 한지?

2) 속도대비 출력품질은 안정적으로 잘 나오는지?

3) 전용 출력 소프트웨어와 출력 기본 값이 잘 잡혀있는지?

4) 출력 기본 값을 필요에 따라 세부적으로 조절 가능한지?

5) 재료와 추가 부품구매가 용이하도록 비용은 저렴한지?

6) 단순히 해외 제품을 국내에서 판매만 하는 곳이 아닌 지속적인 하드웨어 개발 및 그에 따른 교육, AS가 잘 되는 업체인가?

3. 3D프린터 도입 후 교육 내용

위와 같은 결론으로 기기를 도입한 것은 이제 콘텐츠 상품 제작을 위한 교육의 시작이다. 실질적인 효과를 얻기 위해서는 지

속적 교육 내용이 더 중요하다. 이에 몇 가지를 제시한다.

- 1) 프린터 사용 교육과 함께 3D Modeling 교육 병행은 필수다.
- 2) 기본 설정으로만 출력 하지 말고 조금씩 바꾸면서 다양한 출력환경을 경험하도록 유도한다.
- 3) 모델을 다르게 배치해 보거나 조각으로 분할하여 가장 최적화된 출력을 찾아내도록 한다.
- 4) 학생의 모델링 실력 향상으로 정밀한 출력이 필요할 수도 있으나 사용비율로 볼 때 고가의 프린터 구매 보다 전문출력 업체에 의뢰하는 것이 장비 유지보수 비용을 생각할 때 훨씬 경제적이다.
- 5) 출력 후에 후 가공 과정을 거쳐서 표면을 정리하고 도색하는 과정까지 경험해 보도록 한다.

4. 캐릭터 콘텐츠상품 시제품 제작에서 고려해야 할 사항

3D프린터는 모든 제작공정에 사용할 수 있으나 특별히 애니메이션 부가 콘텐츠중 하나인 캐릭터상품 제작 공정에서 최초의 테스트 제품 제작에 3D프린터를 사용할 때 가장 효율이 높다. 학교에서도 학생의 작품이 실제 제품화 되었을 경우 어느 정도 덩어리의 형태인지, 전체적인 느낌이 어떤지를 알기 위한 과정에 사용하는 것이 효과적이다. 이러한 과정에서 3D 데이터를 모델링하고 3D 프린터로 출력하여 후가공을 하는 과정에서 고려해야 할 사항들을 정리하였다.

FDM프린터는 1mm이내의 디테일을 표현하기에는 부족하므로 그보다 정밀한 형태가 필요한 경우 Polyjet, MJM, DLP 방식의 프린터를 사용하는 출력전문 업체에 의뢰하는 것이 좋다.

- 1) 복잡한 캐릭터 형상을 하나의 덩어리로 출력하면 복잡한 서포터 형상으로 제거가 어렵고 지지분한 서포터 제거 단면도 많아지므로 적절히 부품을 분할한 후 출력하는 것이 꼭 필요하다.
- 2) 부품 분할의 가장 좋은 예는 시중에 판매중인 조립식 프라모델의 부품 분할 방식을 연구한다.
- 3) 가상의 공간에서 물리적인 간섭이 없이 자유롭게 모델링하

는 일반적인 3D모델링 방식으로 출력할 물체를 제작하면 출력 후 조립이 되지 않으므로 실제로 겹치는 부분의 요철형태를 생각하면서 조립될 수 있도록 3D모델링을 하는 것이 매우 중요하다.¹⁷⁾

4) 조립 후 3D모델링 형상대로 지탱할 수 있는 구조인지 무게의 하중을 생각하여 받침대까지 같이 모델링을 해야 한다.

5) 단순한 도형과 같은 형태는 3D프린터로 출력하는 것 보다 아크릴이나 포맥스로 전개도를 만들어 제단을 하거나, 시바틀이나 스키피와 같은 전통적인 재료로 직접 조형하는 등, 수작업이 더 빠르고 비용 면에서도 저렴하다.

6) 모든 형태를 3D 모델링 후 3D프린터로 출력 하는 것 보다 수작업이 가능한 부분과 3D프린터로 출력할 부분을 나누어서 작업하는 것이 효율적이다.

7) 고가의 프린터라 할지라도 적층되는 단면의 계단현상은 피할 수 없으므로 모두 사포질이나 다듬기와 같은 출력 후 가공 과정은 필수적으로 거쳐야 한다.

8) 출력된 한 개 층의 단단한 정도와 적층된 면과 면사이의 단단한 정도에 차이가 있어 후 가공 중에 미세한 파손이 생겨 층이 보이지 않도록 정밀하게 다듬는 것은 매우 어렵다.

9) 세밀한 부분은 사포질 중에 사라질 수 있으므로 오히려 후 가공시에 약간의 수작업으로 추가하는 것이 더 효율적이다.

11) 3D프린팅과 수작업 과정을 거친 후 실리콘 틀을 이용한 복제를 위한 원형으로 사용할 경우 다시 분리가 가능해야 한다.

12) 단색일 경우 형태를 점검하기에는 용이하나 채색과정을 거쳐서 완성된 느낌을 점검해야 한다.

13) 컬러프린팅이 가능한 CJP방식의 경우 무광의 석고와 같은 독특한 질감과 색감이 있으므로 추가적으로 디테일을 더하는 것이 쉽지 않다. 또한 후 가공으로 사포질과정도 필요하지 않으므

17) 보통 3D애니메이션을 위한 모델링은 데이터의 용량을 줄여 원활한 애니메이션을 구현하기 위해 리토폴로지(폴리곤면 재구성 작업)를 거치게 된다. 그러나 출력용 3D모델링은 이러한 공정이 필요 없다. 김상돈, 이현석, 「모델링 공정 연계 시스템을 통한 효율적 폴리곤 모델링 기법에 대한 탐구」, 『만화 애니메이션연구』, 통권제37호(2014), p.148.

로 최종적인 디테일이 부족하여도 모든 형태를 3D모델링에서 끝내야 한다.

V. 결론

1984년 최초의 3D프린팅 특허가 등록되었으므로 20년이 지난 2004년 관련특허는 소멸되었다. 최초 등록된 84년에는 하드웨어와 소프트웨어에 대한 기반이 부족하여 보급이 더디었으나 기술이 오픈된 오늘날에는 하드웨어 소프트웨어 기술발전과 더불어 인터넷을 기반으로 한 지식 공유로 3D프린터 관련 지식들이 봇물 터지듯이 전해지고 있다. 기술의 독점을 막기 위해 20년 이후에는 인류에 공개하라는 특허의 기본취지가 오늘날에는 오히려 20년 동안 독점을 할 수 있는 무기로 사용되고 있는 상황에서 3D프린터 특허공개는 가장 취지에 부합하는 사례라고 할 수 있다.

기업	특허 만료 현황 (~2013년 2월)							특허 만료 예정 (2014년 3월~2016년)						
	FDM	SLS	SLA	DLP	기타	계 관련	소계	FDM	SLS	SLA	DLP	기타	계 관련	소계
3D시스템즈		17	52		4	2	75		6	31		4		41
스트라타시스	9			6		1	16	1			1	1		3
디에스엠			5		1		6			1				1
헌츠만			20			2	22						2	2
주커	5						5	3						3
텍사스대학		5					5							
합 계	14	22	77	6	5	5	129	4	6	32	1	5	2	50

표 3. 3D 프린터 관련 특허 만료 및 예상 현황 (전자신문 2014.05.29)

<표 3>와 같이 앞으로 계속 관련 특허들이 소멸되면서 지금보다 사용의 편의성, 출력 품질, 출력 속도, 유지보수비용 등이 개선된 프린터들이 계속적으로 개발될 것이며 가격적인 면에서도 같은 성능에서는 보다 저렴한 프린터들이 출시될 것으로 예상한

다. 3D프린터의 보급은 생산, 건축, 의료, 유통 등 산업계 전반을 혁신적으로 바꿀 것이며 이미 캐릭터 콘텐츠 상품 제작공정에서도 시제품 및 원형생산에 도입하여 제작공정을 획기적으로 줄이고 있다. 앞으로도 3D프린터는 성능은 향상되고 동일 성능대비 가격은 하락함으로서 캐릭터 상품제작 업계에 필수공정으로 도입하게 될 것이며 보다 많은 교육 현장에서도 도입해서 활용할 수 있는 기회가 증가할 것이다.

최근 들어 관심을 받고 있는 키덜트 문화를 가장 선두에서 알린 것은 특수효과로 멋지게 리메이크된 마블의 영화들과 함께 소개된 고가의 캐릭터 피규어들이다. 영상 속에만 머무르고 있는 콘텐츠를 현실화 시킨다는 측면에서 콘텐츠산업의 캐릭터를 피규어로 제작하는 것은 필수적으로 진행해야 할 요소이다. 또한 기존 어린이들을 대상으로 한 다양한 캐릭터 피규어 상품들도 함께 고려해 볼 때 캐릭터 상품은 어린이와 성인 모두를 아우르는 핵심적인 콘텐츠의 부가 상품이라 할 것이다.

이러한 상황에서 3D프린팅을 통한 다양한 캐릭터 상품의 테스트 제품 제작은 매우 적절한 공정이라 할 수 있으며 콘텐츠 산업 현장에서의 3D프린터에 대한 수요는 더욱 증가할 것으로 예상된다. 위와 같은 캐릭터 콘텐츠 관련 산업현장 수요를 예측해 볼 때, 그리고 특히 만료 및 기술의 공유로 저렴해진 가격으로 인해 도입의 문턱이 낮아짐을 고려해 볼 때 앞으로 교육현장에서 3D프린터를 활용할 수 있는 인재를 양성하는 교육과정을 도입하여 보다 창의적인 작업을 할 수 있는 인재를 양성하고 작업의 영역과 기회를 확대해야 하는 당위성은 더욱 증가하고 있다.

본 연구에서 언급된 내용들이 콘텐츠 제작의 새로운 바람을 일으키는 3D프린터를 도입하고자 고민하는 교육 현장에서 미리 알아야 할 하드웨어의 기본 지식 습득과 함께 직접 사용해야만 알 수 있는 경험적 정보를 습득하여 목적에 부합하는 가장 적합한 3D프린터를 구매하고 사용하는데 도움이 될 수 있기를 기대한다.

참고문헌

- 김상돈, 이현석, 「모델링 공정 연계 시스템을 통한 효율적 폴리곤 모델링 기법에 대한 탐구」, 『만화애니메이션연구』, 통권제37호(2014).
전자신문, 3D프린터 핵심특허 만료,
<http://www.etnews.com/20140528000046>, 2015,10.23
- 아사이신문, 3D프린팅 기술발견은 일본이 최초,
http://ajw.asahi.com/article/behind_news/social_affairs/AJ201409150037, 2015,10.15
- 위키백과, 3D프린터의 역사,
https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing, 2015,10.20
- 위키백과, 랩랩 프로젝트,
https://en.wikipedia.org/wiki/RepRap_Project, 2015,10.20
- 위키백과, 아드리언 보이어,
https://en.wikipedia.org/wiki/Adrian_Bowyer, 2015,10.18
- 유튜브, 아드리언 보이어 인터뷰,
<https://www.youtube.com/watch?v=v4ovZ7dQFd4>, 2015,10,21

ABSTRACT

Study on 3D Printer Suitable for Character Merchandise Production Training

Kwon, Dong-Hyun

The 3D printing technology, which started from the patent registration in 1986, was a technology that did not attract attention other than from some companies, due to the lack of awareness at the time. However, today, as expiring patents are appearing after the passage of 20 years, the price of 3D printers have decreased to the level of allowing purchase by individuals and the technology is attracting attention from industries, in addition to the general public, such as by naturally accepting 3D and to share 3D data, based on the generalization of online information exchange and improvement of computer performance.

The production capability of 3D printers, which is based on digital data enabling digital transmission and revision and supplementation or production manufacturing not requiring molding, may provide a groundbreaking change to the process of manufacturing, and may attain the same effect in the character merchandise sector. Using a 3D printer is becoming a necessity in various figure merchandise productions which are in the forefront of the kidult culture that is recently gaining attention, and when predicting the demand by the industrial sites related to such character merchandise and when considering the more inexpensive price due to the expiration of patents and sharing of technology, expanding opportunities and sectors of employment and cultivating manpower that are able to engage in further creative work seems as a must, by introducing education courses cultivating manpower that can utilize 3D printers at the education field. However, there are limits in the information that can be obtained when seeking to introduce 3D printers in school education. Because the press or information media only mentions general information, such as the growth of the industrial size or prosperous future value of 3D printers, the research level of the academic world also remains at the level of organizing contents in an introductory level, such as by analyzing data on industrial size, analyzing the applicable scope in the industry, or introducing the

printing technology. Such lack of information gives rise to problems at the education site. There would be no choice but to incur temporal and opportunity expenses, since the technology would only be able to be used after going through trials and errors, by first introducing the technology without examining the actual information, such as through comparing the strengths and weaknesses. In particular, if an expensive equipment introduced does not suit the features of school education, the loss costs would be significant.

This research targeted general users without a technology-related basis, instead of specialists. By comparing the strengths and weaknesses and analyzing the problems and matters requiring notice upon use, pursuant to the representative technologies, instead of merely introducing the 3D printer technology as had been done previously, this research sought to explain the types of features that a 3D printer should have, in particular, when required in education relating to the development of figure merchandise as an optional cultural contents at cartoon-related departments, and sought to provide information that can be of practical help when seeking to provide education using 3D printers in the future. In the main body, the technologies were explained by making a classification based on a new perspective, such as the buttress method, types of materials, two-dimensional printing method, and three-dimensional printing method. The reason for selecting such different classification method was to easily allow mutual comparison of the practical problems upon use. In conclusion, the most suitable 3D printer was selected as the printer in the FDM method, which is comparatively cheap and requires low repair and maintenance cost and low materials expenses, although rather insufficient in the quality of outputs, and a recommendation was made, in addition, to select an entity that is supportive in providing technical support.

Key Word : 3D Printer, Education, Figure, Character

권동현

경기대학교 애니메이션영상학과 교수

(03746) 서울시 서대문구 경기대로9길 24 경기대학교 총정관 2308호

Tel : 02-390-5208

msz009@naver.com

논문투고일 : 2015.11.01.
심사종료일 : 2015.11.19.
게재확정일 : 2015.11.26.