

Multi-Piezo 헤드를 이용한 3차원 프린팅 기법

김정수[†]·김동수*·이민철**

3DP Printing Method using Multi-Piezo Head

Jung-Su Kim, Dong-Soo Kim and Min-Cheol Lee

Key Words: SFFS(임의형상제작시스템), Piezo head(피에조헤드), UV curing(광경화)

Abstract

Recently, Study of 3D freeform fabrication method was working in the various applications. For example, in the powder base, it's laminated using a binding method or laser sintering method. However, these methods are not suitable in the office environments because it dust with powder that is bad for health. In this paper, we introduce a method of 3D freeform fabrication using a curing of photo-polymer resin and construct a system has multi printing head. A photo-polymer curing method has simply fabrication process and high strength of manufacturing part. However, this method has a problem on the multi print-head system. Because multi-printing system has a other printing method compare with a single printing system. Therefore, we experiment a single head 3D printing and proposed a 3D printing method using a multi-piezo head.

1. 서 론

최근에는 설계와 실제 제품과의 차이 그리고 좀 더 제품의 개발 시간 단축을 위해 3차원 임의형상제작시스템이 등장 하게 되었다. 3차원 임의형상제작시스템은 SFFS(Solid Freeform Fabrication System)라 불리며 빠른 시간에 임의형상을 파우더, 스티로폼, 메탈 등을 이용해서 제작하는 시스템이다^[1].

3차원 임의형상 제작 시스템은 크게 산업용과 오피스용 임의형상 제작 시스템으로 나눌 수 있다.

오피스용 임의형상 제작 시스템의 경우 고속으로

빠르고 정밀하게 3차원 형상물을 제작하는 컨셉 모델러로서 기존에는 MIT의 3D 프린팅 기술을 활용하여 파우더 기반에서 파우더를 Layer by Layer 방식으로 적층을 시켜 임의의 3차원 형상물을 제작 하였다. 그러나 이러한 3차원 형상물의 경우 파트의 강도가 너무도 약하고 이에 대한 개선책으로 후처리 공정을 사용하였다.

본 논문에서는 기존의 3D printing이 가진 문제점을 극복하기 위해 UV 경화 기법을 이용하여 광경화 수지(photopolymer resin)를 layer by layer 방식으로 적층 시켜 3차원 형상물을 제작하는 방법과 멀티 헤드로 구성된 장비를 제안한다.

2. 3DP 공정 기법에 관한 연구

2.1 3DP 공정 기법

Fig.1은 최초 MIT에서 제안된 3D 프린팅 방식을 나타낸다. 이는 파우더 기반에서 빌드룸과 피드룸이 존재하며 1 layer를 최소 100 μ m이상으로 적층시켜 3차원 형상물을 구현한다. 공정 프로세서는 최초 파우더를 피드룸으로부터 공급받고 빌드룸 위에 1 layer에 해당하는 단면을 써멀 버블렛

† 한국기계연구원 정보장비 연구센터

E-mail : haruki0128@gmail.com

TEL : (042)868-7498 FAX : (042)868-7176

* 한국기계연구원 정보장비 연구센터

** 부산대학교 기계공학부

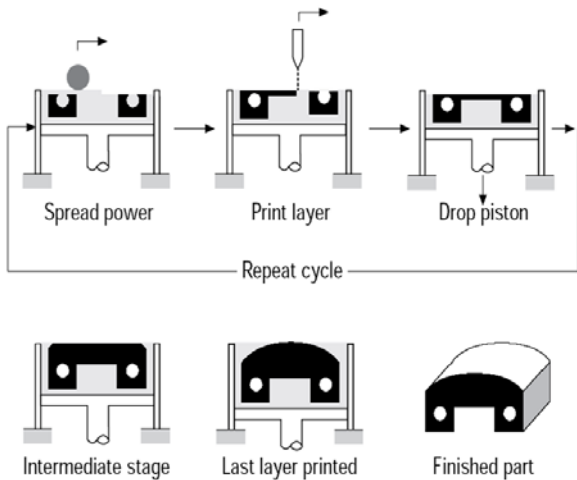


Fig. 1 The sequence of conventional 3DP process

헤드를 이용하여 물의 점성에 가까운 접착제를 분사한다. 그 후 빌드룸이 약 $100\mu\text{m}$ 하강을 하고 다시 피드룸으로부터 파우더를 공급받는 과정을 반복적으로 수행하는 것이다. 이와 같은 방법은 현재 나온 3차원 임의형상 제작 시스템 중 가장 적절한 정밀도를 가지며 빠른 속도로 제작이 가능하다.

2.2 3차원 임의형상 제작 시스템

Fig.2는 1절에서 소개된 3D 프린팅 기법을 이용하여 제작된 오피스용 3차원 임의형상제작 시스템이다. 개발 사양은 적층 두께는 최소 $50\mu\text{m}$ 이상이며 복제물의 최대 크기는 $300\times 300\times 300\text{mm}$ 로 하였고 오차 범위는 $100\times 100\times 100\text{mm}$ 의 실물 제작물에 대해 $50\mu\text{m}$ 이하의 제어 오차 범위를 가지도록 하였다. 적용 파우더로는 석회재질의 파우더를 사용하였고 접착제는 물의 점성에 가까운 접착제를 사용하였다. 사용된 프린트 헤드는 HP사의 써멀 버블젯 타입의 프린트 헤드에 잉크를 제거하고 접착제를 넣어 분사 되도록 구현 하였다.

Fig.3은 두개골의 CAD 파일을 기반으로 제작된 형상 모델이다. 아주 복잡한 형상에 대해 대체적으로 좋은 결과를 가질 수 있었지만 3D 프린팅 공정의 단점인 후처리 작업 시간이 오래 걸려 제작에 어려움이 있었으며 후처리 공정 작업 이전에 아주 약한 강도에 의해 실물이 파손되는 결과를 보여주었다. 이는 3D 프린팅 기술의 단점으로 지적되는 부분으로 제작 후 제작 시간의 약 5배 이상의 경화 시간과 최후 접착력이 높은 접



Fig. 2 Developed SFF system for office type



Fig. 3 A manufacture of cranium model

착제를 표면에 도포하는 후처리 공정의 어려움은 그 형상이 복잡 할수록 파손의 위험도가 높은 결과를 가져온다.

2.3 개선된 3차원 프린팅 공정

기존의 3D 프린팅 공정이 가진 단점을 보완하고자 본 논문에서는 개선된 3D 프린팅 공정을 소개하고자 한다. Fig.4는 개선된 3D 프린팅 공정 기법을 나타낸다. 개선된 3D 프린팅 공정은 기존 공정과 약간의 차이를 보인다. 기존 공정에서는 파우더를 접착하기 위해 접착제를 사용하여 프린팅 한 반면 개선된 3D 프린팅 공정에서는 UV 경화가 가능한 광경화성 수지를 분사하여 파우더를 접착 시킨다. 즉, 각 layer의 단면을 광경화성 수지로 프린팅하고 UV 램프를 조사시켜 순간적으로 파우더와 함께 광경화성 수지를 경화시켜 적층하는 방법이다.

개선된 3D 프린팅 기술은 기존의 공정과는 달

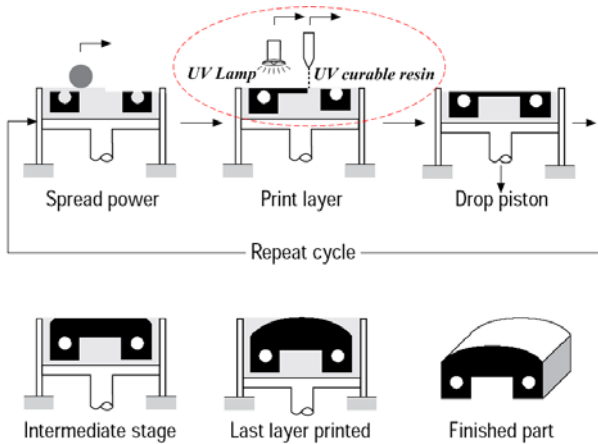


Fig. 4 The sequence of new 3DP process

리 광경화성 수지가 함께 경화되어 기존에 비해 파우더가 높은 강도로 결합을 하고 있는 장점이 있다. 이 경우 후처리 공정이 존재하지 않으며 제작 후 바로 형상물을 꺼낼 수 있는 장점을 가지고 있다.

2.3 개선된 공정을 이용한 3차원 임의형상 제작 시스템

개선된 공정 기법은 그 원리는 기존 공정에 비해 큰 차이가 없으나 시스템 제작 시에는 큰 차이를 보였다. 이는 광경화성 수지가 높은 점성으로 인해 기존 공정에서 사용된 써멀 버블젯 타입의 프린트헤드에서는 분사가 불가능하다는 것이다. 따라서 높은 점성에서도 분사가 가능한 피에조 헤드를 장착하고 UV 램프를 헤드 옆에 추가하여 UV 경화 공정을 이용한 3차원 임의형상 제작 시스템을 구현하였다.

Fig.5는 UV 경화 공정을 이용한 파우더 기반의 3차원 임의형상 시스템이다. 그림에서 보듯이 피에조헤드의 장착으로 시스템이 상당히 복잡해졌으며 이는 피에조 헤드 시스템의 특성에 따른 것이다. 피에조 헤드 분사 시스템의 경우 기본적으로 공압 메니스커스 조절 장치가 포함되며 공압을 사용함으로써 해서 부가적인 장치들이 많이 포함된다.

개선된 3차원 임의형상제작 시스템을 이용하여 제작 실험을 수행하였다. Fig.6는 메탈 파우더를 이용하여 제작된 팬 쿨러 모양의 임의형상물이다. 메탈 파우더를 선택한 것은 본 공정의 독특한 부산물이라 볼 수 있다. 메탈 파우더를 이용하여 임의형상물을 만드는 기법은 현재 대형의



Fig. 5 New 3D printing system

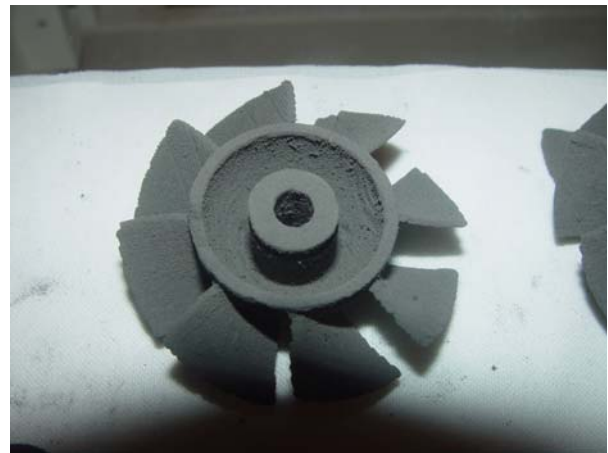


Fig. 6 A manufacture of cooling pan model

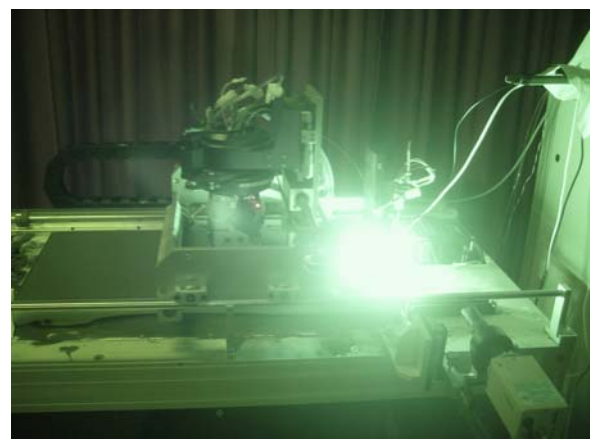


Fig. 7 Manufacturing process on the powder base

레이저를 이용하여 파우더 소결 방식을 사용하는 산업용 임의형상제작 시스템에서만 가능하다. 하지만 본 논문에서 제안한 방법은 피에조헤드와 UV 경화 기법을 이용하여 일반 오피스 환경에서

도 메탈 소재의 파트를 제작 할 수 있는 시스템을 구현하였다는 것이다. 물론 그 강도적인 측면에서는 기존 3D 프린팅 공정에 비해 훨씬 우수한 성능을 보였고 후처리 공정 역시 존재 하지 않았다. Fig.7은 제작 과정을 나타낸다.

2.4 UV 경화 기법을 이용한 3차원 임의형상 제작시스템

앞선 두가지 공정에서 가진 가장 큰 문제점은 강도적인 측면이다. 물론 개선된 3D 프린팅 기법이 기존의 3D 프린팅 기법에 비해 더 효율적인 결과를 보일 수 있지만 개선된 3D 프린팅 기법의 문제점은 파우더에 따른 제작 조건의 변화가 민감하게 반응하여 3차원 형상물을 쉽게 제작하기 어렵다는 측면이다.

Fig.8은 개선된 3D 프린팅 기법에서의 경화 방법이다. 그림에서 보듯이 싱글헤드에서 분사되는 광경화성 수지의 양이 적기 때문에 layer당 반복적인 프린팅 작업을 필요로 하며 이때 발생하는 UV 램프의 온도와 경화 조건에 의해 복잡한 프린팅 과정이 나타나게 된다. 즉, 1 layer에서 반복 프린팅 횟수가 24번이라고 가정했을 경우 초기 12번은 프린팅 후 바로 UV 경화과정을 수행해야 하며 나머지 12번의 경우는 프린팅을 12번 모두 완료한 후 최종적으로 1번 UV 경화를 시켜야만 가장 최적의 결과를 보일 수 있었다. 그렇지 않을 경우 경화시 표면이 거칠거나 끝부분이 들고 일어나 적층을 할 수가 없었다.

이상의 문제점은 임의형상제작 시 UV경화 방법이 효율적이기는 하지만 파우더 기반에서는 복잡하고도 어려운 제작 조건이 동반 된다는 점이다. 따라서 본 논문에서는 다른 방법으로 스테이지 상에서 광경화성 수지만을 적층시켜 쌓아 올리는 방법을 구현하였다. Fig.9는 UV 경화 공정을 이용한 싱글헤드의 오피스용 임의형상제작 시스템이다. 실제 2개의 헤드가 존재하지만 이는 각각 제작물을 지지하기 위한 서포트 재료와 빌드재료를 구분해서 분사하기 때문에 형상제작에는 하나의 헤드만이 관여한다고 볼 수 있다. 즉 기존 파우더 기반에서의 비 접촉된 파우더가 제작물을 지지하였다면 본 시스템은 차후 제거가 가능한 재료를 사용하여 하단부의 지지대를 만들어야한다. UV 경화 기법을 이용한 3차원 임의형상제작 시스템은 오로지 광경화성 수지만을 적층

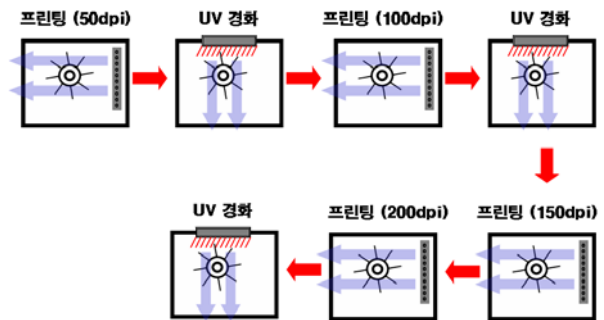


Fig. 8 UV curing process on the powder base (ex. 200dpi printing)

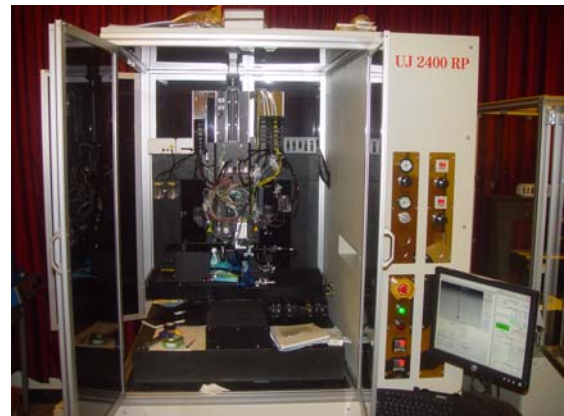


Fig. 9 SFF system using a UV curing method

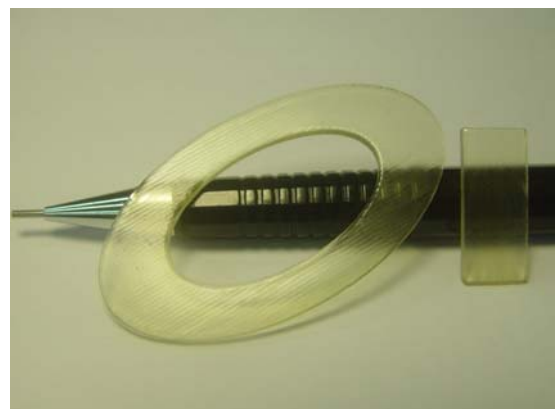


Fig. 10 A manufacture in the UV curing system

시켜 임의형상물을 제작 함으로 해서 그 강도를 개선함에 있다고 볼 수 있다. Fig.10은 UV 경화 기법을 이용하여 제작된 3차원 임의형상제작물이다.

3. 멀티헤드를 이용한 UV 경화 시스템

3.1 싱글헤드 프린팅 기법

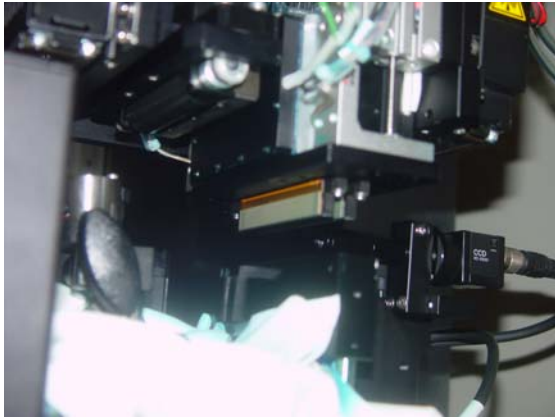


Fig. 11 Single head system (build-head, support-head)



Fig. 11 Multi head system

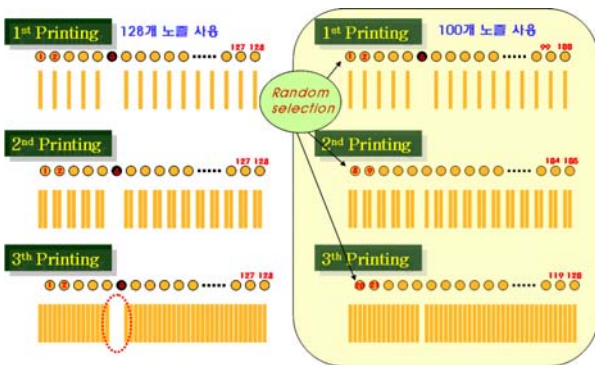


Fig. 12 Nozzle shifting method

Fig.11은 싱글헤드 즉, 2개의 빌드와 서포트 헤드를 가진 것을 나타낸다. 피에조의 특성상 장시간의 프린팅 작업 시 나타나는 노즐 막힘 현상은 3차원 임의형상물을 제작하는데 있어서 치명적인 단점으로 작용한다. 따라서 본 논문에서는 그러한 문제점을 해결하기 위하여 노즐 쉬프팅 알고리즘을 구현하였다. Fig. 12는 노즐 쉬프팅 알고리즘의 원리를 나타낸다. 피에조 헤드는 하나의 헤드당 총 128개의 노즐을 가지고 있는데 Fig.12의 좌측 그림은 128개의 노즐 전체를 이용해서 프린팅하는 방법이다. 이 경우 막힌 노즐에 의해 빈 공간이 생기고 3차원 임의형상물을 제대로 제작 할 수가 없다. 하지만 오른쪽의 그림은 128개 중 100개의 노즐을 사용하여 프린팅하고 매 layer마다 노즐의 위치를 랜덤하게 변화 시키는 것이다. 그렇게 함으로 해서 하나의 노즐이 반복적으로 한 위치만을 프린팅하는 현상을 막아 몇 개의 노즐이 막히더라도 원활하게 3차원 형상물을 제작 할 수가 있다.

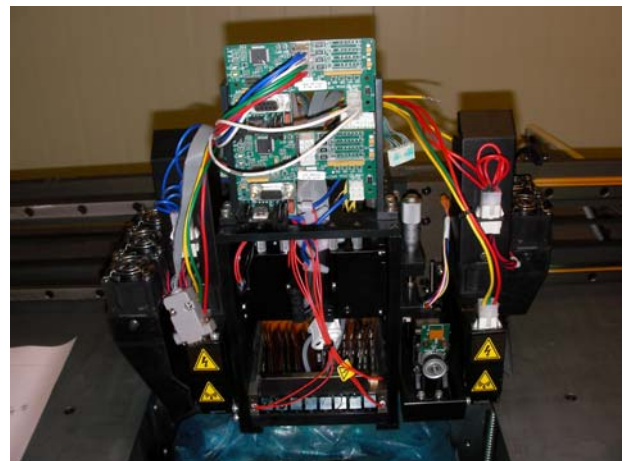


Fig. 12 Multi head printer

3.2 멀티헤드 시스템

싱글헤드 시스템의 경우 UV 경화 공정의 layer 두께가 워낙 작기 때문에 (일반적으로 16~20um) 아주 작은 형상에 대해서도 상당한 시간이 소요된다. 따라서 본 논문에서는 멀티 헤드 시스템을 구축 하였다. Fig.11은 멀티헤드로 구현된 UV 경화 시스템이다. Fig.12는 장착된 총 8개의 헤드부를 나타낸다. 현재로써는 멀티 헤드를 이용하여 임의형상 제작을 수행중에 있다. 앞선 싱글헤드에서의 노즐 쉬프팅 알고리즘을 멀티 헤드로 확장시켜 적용 할 계획이다.

4. 결 론

본 논문에서는 최근의 오피스용 3DP 공정의 기술들과 그에 대한 문제점 및 해결점을 제시하였다. 기존 3D 프린팅 공정은 공정의 특성상 낮

은 강도를 가졌고 후처리 과정을 필요로 하였다. 이에 대한 해결책으로 개선된 3D 프린팅 기법을 제안하고 시스템을 구축하여 쿨링팬 모델을 제작하였다. 기존 산업용 임의형상제작 시스템에서만 구현 되었던 메탈 파우더를 이용한 임의형상물을 제작 할 수 있었고 그 강도는 기존 공정에 비해 상당히 개선되었다. 하지만 공정의 어려움과 정밀도의 한계로 인해 광경화성 수지를 이용한 싱글헤드의 UV 경화 시스템을 제안하였고, 노즐 쉬프팅 알고리즘을 구현하여 피에조헤드의 노즐 막힘 현상을 극복하고 3차원 형상물을 제작 할 수 있었다. 현재 멀티헤드 시스템이 구축되었으며 8개의 헤드에서 노즐 쉬프팅 알고리즘을 구현하여 3차원 임의형상물을 빠르게 제작 할 예정이다.

후기

본 연구는 산업자원부 중기거점개발 사업(10006711)에 의해 지원되었으며, 이에 관련한 여러분께 깊은 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Terry T. Wohlers, 2003, "Wohlers Report 2003," *Wohlers Associates*, pp.13-16.
- (2) Yan, X. and Gu, P., 1996, "A review of rapid prototyping technologies and systems," *Compute Aided Design*, Vol. 28, No. 4, pp. 307-318.
- (3) Chang, C.C., 2004, "Rapid prototyping fabricated by UV resin spray nozzles," *Rapid Prototyping Journal*, Vol. 10, No. 2, pp. 136-145.
- (4) Williams, P.A., 1990, "A New Process To Fabricate Prototypes Directly From CAD Model," *PhD. Thesis, MIT*, pp. 12-17.
- (5) Lee, E.R., 2003, "Microdrop Generation," *CRC press*, pp. 15-29.