

# UV 경화를 이용한 3차원 임의형상 시스템 개발

## Development of 3D Freeform Fabrication System Using UV Curing Process

\*김정수<sup>1</sup>, #김동수<sup>1</sup>, 이민철<sup>2</sup>

\*J. S. Kim<sup>1</sup>, #D. S. Kim(kds671@kimm.re.kr)<sup>2</sup>, M. C. Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 한국기계연구원 정보장비연구센터, <sup>2</sup>부산대학교 기계공학부

Key words : UV curing, Photopolymer resin, 3D printing, SFF system

### 1. 서론

최근에는 CAD로 디자인 된 3차원 모델을 빠른 시간에 입체형상으로 구현이 가능한 기술 중의 하나인 3차원 프린팅 기술이 산업 전반에 크게 활용되고 있다. 이는 RP(Rapid Prototyping) 혹은 SFF(Solid Freeform Fabrication) 시스템이란 이름으로 산업용과 오피스용으로 각각의 환경에 적합하게 개발되고 있으며 주로 산업용은 부품 파트로써 대체가 가능한 입체형상물의 제작이 가능하며 오피스용은 컨셉 모델러로써 입체형상의 외형을 파악하기 위한 목적으로 이용되고 있다.

본 논문에서는 이 중 오피스 타입의 시스템으로써 개발되고 있는 3차원 프린팅 기술을 소개하고 그 기술을 이용한 시스템을 개발하였다. 3차원 프린팅 기술은 현재 여러 가지 방법이 이용되고 있지만 대표적으로 크게 2가지 기술로 나눌 수가 있다. 첫째는 MIT에서 개발된 파우더 기반의 3차원 프린팅 기술로써 점성인 물에 가까운 접착액을 이용하여 이를 layer by layer 방식으로 3차원 모델의 형상의 단면을 프린팅 기법을 이용하여 파우더를 접착해서 쌓아가는 방식이다. 다른 하나는 현재 이스라엘에서 개발된 poly jet 방식으로 photopolymer resin을 이용하여 플레이트 바닥에 입체형상의 단면을 프린팅하고 그 위에 UV 빛을 조사하여 굳게 만들어서 적층하는 방식이다. 본 논문에서는 현재 이용되는 오피스 환경에서의 여러 가지 공정 특성에 대한 분석과 새로운 공정 방법에 대해 제시하였다.

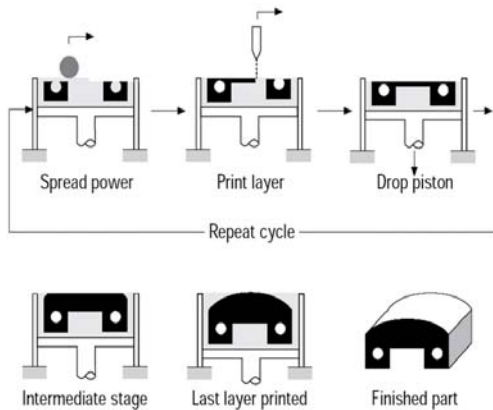


Fig. 1 The sequence of conventional 3DP process

### 2. UV 경화를 이용한 3차원 프린팅 공정

그림 1은 최초 MIT에서 제안된 3D 프린팅 방식을 나타낸다. 이는 파우더 기반에서 빌드룸과 피드룸이 존재하며 1 layer를 최소 100 $\mu$ m 이상으로 적층시켜 3차원 형상물을 구현한다. 공정 프로세스는 최초 파우더를 피드룸으로부터 공급받고 빌드룸 위에 1 layer에 해당하는 단면을 써멀 버블렛 헤드를 이용하여 물의 점성에 가까운 접착제를 분사한다. 그 후 빌드룸이 약 100 $\mu$ 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. 기존의 3D 프린팅 공정이 가진 단점을 보완 하고자 본 논문에서는 개선된 3D 프린팅 공정을 소개하고자 한다. 그림 2는 개선된 3D 프린팅 공정 기법을 나타낸다. 개선된 3D 프린팅 공정은 기존 공정과 약간의 차이를 보인다.

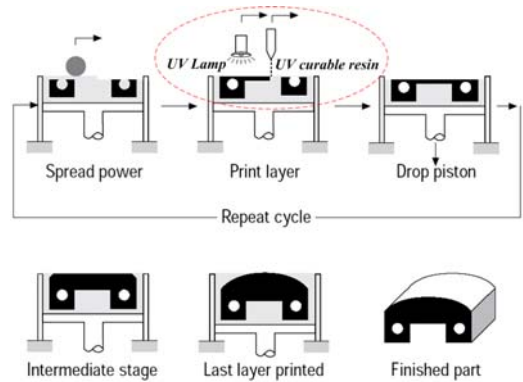


Fig. 2 The sequence of new 3DP process

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 달리 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.

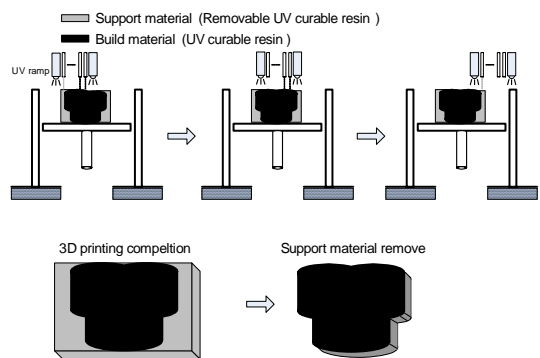


Fig. 3 The sequence of UV curing 3DP process

UV 경화를 이용한 3차원 프린팅 기법은 그림 3과 같은 poly jet 방식으로 평평한 플레이트 바닥면에 CAD로부터 추출된 3차원 입체형상에 대한 단면을 photopolymer resin으로 프린팅을 한 후 그 위에 UV 램프를 이용하여 경화를 하고 다시 그 위에 다음 층의 단면을 프린팅 한 후 경화를 시켜 쌓아 올라가는 방법이다. UV 경화를 이용한 3차원 프린팅 기법은 파우더 기반에서 접착액의 프린팅을 통한 3차원 프린팅 기법에 비해 그 강도가 우수하고 후처리 공정이 존재하지 않는 장점을 가지고 있다. 또한 제작된 3차원 형상물의 기계적 구동성을 구현 할 수 있어 최근의 SFF system 시장에서 크게 각광을 받는 기술이다. 하지만 UV 경화 시스템의 경우 photopolymer resin의 높은 점성으로 인해 피에조 프린트 헤드 시스템을 사용해야 하며 이는 장비의 구조적 복잡함과 기술적 어려움으로 나타난다.



Fig. 4 Test specimens of general 3D printing (left) and UV curing (right)



Fig. 5 Bending (left) and tensile (right) testing

### 3. 강도 측정 실험

그림 4는 일반적인 3DP 공정과 UV 경화 공정을 통해 제작된 강도 측정용 시편을 나타낸다. UV 경화 공정을 이용하여 제작된 테스트 시편의 경우 표면 상태가 고르지 못한 것은 단순히 강도 측정을 위하여 제작 하였기 때문에 임의형상 제작을 위한 패턴링 작업을 거치지 않고 순수히 재료를 UV 경화 시켜 만든 시편이다.

그림 5는 시편의 기계적 강도를 측정하기 위하여 사용된 A series IX® automatic material testing system을 나타내며 실제로 UV 경화 시편의 bending test와 tensile test를 수행 하였다. 또한 일반적인 3DP 공정을 이용한 시편도 역시 같은 test를 수행하였다.

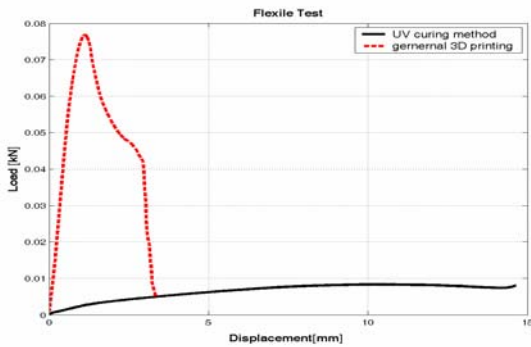


Fig. 6 Bending test result

그림 6은 bending test의 결과를 나타낸다. bending test는 시편의 인장력을 측정하는 것으로써 일반적인 3DP 공정의 경우 최대 0.08kN이하에서 부서지는 결과를 나타내었다. 하지만 UV 경화 공정의 경우 0.01kN 이하에서 늘어나는 현상을 보였는데 이는 UV resin이 유연한 물성을 가지고 있기 때문으로 보여진다.

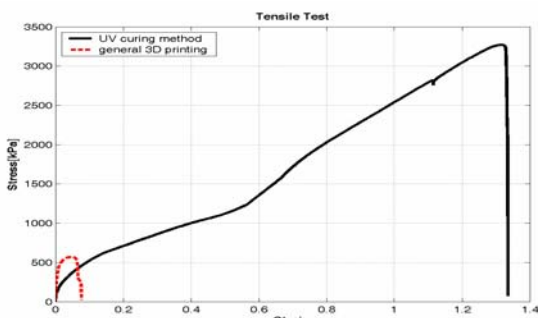


Fig. 7 Tensile test result

그림 7은 tensile 테스트의 결과를 나타낸다. tensile 테스트에서는 그 결과가 상당히 다르게 나타났다. 일반적인 3DP 공정의 경우 600kpa 정도의 힘에서 부서진 반면 UV 경화 공정으로 제작된 시편의 경우 약 3300kpa의 힘에서 부서졌다. 이는 3DP 공정이 약 5배 이상 우수한 강도 특성을 보임을 나타낸다.

### 4. 임의 형상 제작 실험

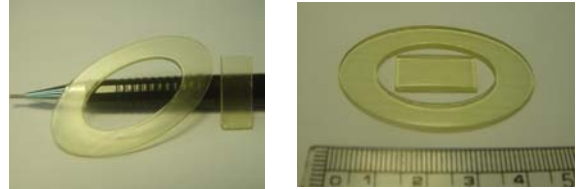


Fig. 8 Fabricated 3D part

그림 8은 제작된 3차원 임의 형상 모델을 나타내며 프린팅 스피드는 한 레이어드 약 20초 정도가 소요되었으며 프린팅 분해능은 600x1600dpi로 프린팅하였고 왕복 프린팅당 물리로 표면에 압력을 가하여 각 레이어드 20um의 두께를 가지도록 구현하였다.

제작 결과 3차원 입체 형상물은 잘 제작이 되었으나 느린 속도로 인해 약 30분의 제작 시간 동안 1.2mm 정도의 높이를 보였다. 이는 시스템은 2헤드로 구성되었으나 임의의 3차원 형상물을 얻기 위해서는 하나의 빌드 재료와 다른 하나의 서포트 재료로 분사를 해야 하기 때문에 실제로는 싱글 헤드로 형상물을 제작해야 했고 레이어 두께가 약 20um로 정밀하기 때문에 그에 따라 나타난 결과라 볼 수 있다. 그림 9는 본 연구를 통해 제작된 8 head를 가지는 UV 경화 시스템을 나타낸다.



Fig. 9 8 heads UV curing system

### . 결론

본 논문에서는 UV 경화 기법을 이용한 3차원 프린팅 기술을 구현한 임의 형상 시스템을 개발 하였다. UV 경화 기법의 경우 기존 일반적인 3DP 공정에 비해 약 5배 이상의 강도의 우수성을 보였으며 인장 테스트에서는 유연한 물성을 가짐을 알 수 있었다.

### 후기

본 연구는 산업자원부의 “디지털 3차원 실물복제기 개발”과제 지원으로 이루어졌으며, 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

### 참고문헌

1. Terry T. Wohlers, "Wohlers Report 2008" Wohlers Associates, 2003.
2. X. Yan and P. Gu, "A review of rapid prototyping technologies and systems," Compute Aided Design, Vol. 28, No. 4, pp. 307~318, 1996.
3. C.C. Chang, "Rapid prototyping fabricated by UV resin spray nozzles," Rapid Prototyping Journal, Vol. 10, No. 2, pp. 136~145, 2004.