

다중재료 입의형상 제작을 위한 전도성 재료의 패터닝

Patterning of Conductive Material for Multi-Material Solid Freeform Fabrication

*임종선¹, #이인환², 고계조³

*J. S. Lim¹, #I. H. Lee²(anxanx@chungbuk.ac.kr), T. J. Ko³

¹ 충북대학교 정밀기계공학과, ² 충북대학교 기계공학부, ³ 영남대학교 기계공학부

Key words : Multi-material RP, Solid freeform fabrication, Conductive material

1. 서론

입의형상 제작기술(Solid freeform fabrication)은 제품의 형상 복잡도와 관계없이 어떠한 형상이라도 자동으로 만들어 낼 수 있는 기술이다. 이 기술은 얇은 두께의 단면 층을 쌓아서 3차원적 부품을 제작하는 기술이다.¹⁾⁻²⁾ 이때 매 층마다 전기적인 연결이 필요한 부위에 전도성 물질을 넣어서 굳혀 주면 최종적으로 회로를 포함하는 입의 형상의 부품을 제작할 수 있게 된다. 즉, 입의형상 제작기술을 이용하여 부품을 만들며, 매 층마다 전도성 물체를 원하는 부위에만 주입하고 경화시킴으로서 다중재료의 구조물을 제작할 수 있다. 이에 본 연구에서는 일련의 유체 제어 시스템을 이용하여 광경화성 수지 위에 패터닝 된 전도성 잉크의 특성에 대해 소개한다.

2. 실험장치 및 방법

본 연구를 위해서 개발된 실험장치는 두 가지의 주요 기술로 구성되어 있다. 즉, 기존의 입의형상 제작에 많이 이용되는 광조형기술과 전도성 잉크의 주사 및 경화기술이 혼합되어 있다. 광경화성 수지인 Somos 사의 watershed 11110을 경화하기 위하여 375nm 파장의 반도체 레이저가 사용되었으며 액적의 정밀한 토출을 위하여 주사기 펌프가 사용되었다. Fig. 1은 시스템의 개략도를 보여준다. 본 연구를 위해서는 전도성 재료의 정밀한 액적 토출이 필수적이며 기존의 액적 토출 방식들은 주사기의 플런저 부분을 공압을 이용해 밀어주는 방식이 대부분이었다.³⁾ 하지만 주사기 펌프를 이용한 액적 토출 방식은 공압을 이용한 방법보다 저렴하고 제어가 쉬운 장점이 있다. 하지만 이러한 방식은 기존의 방식보다 압력전달 경로가 길어져 주사기 펌프가 신호를 주었을 때 노즐 끝단의 반응이 즉각적으로 오지 않는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해서는 적절한 시스템 설정이 필수적이다. Table 1은 장치의 구성을 보여준다.

Table 1 Composition of system

Component	Specific
Light source	Coherent CUBE 375-8C
Stage	Lee optics MTS
Syringe Pump	KDS 210
Syringe	Hamilton precision syringe
Substrate	watershed 11110
Conductive material	NPK Nano-CoIn

레이저 빛이 최종적으로 방출되는 광섬유의 출구, 전도성재료의 노즐 등은 시스템의 평면 구동을 맡고 있는 x-y 스테이지에 장착 된다. 노즐에 부착되는 주사기 펌프는 정밀하게 전도성 잉크를 노즐로 보내주어 정확하고 정밀한 양의 토출이 가능하게 된다. 한편 전도성 재료로 전도성 잉크를 사용할 경우 이의 경화를 위해서는 적절한 열원이 필요하다. Fig. 1은 시스템의 개략도를 보여준다.

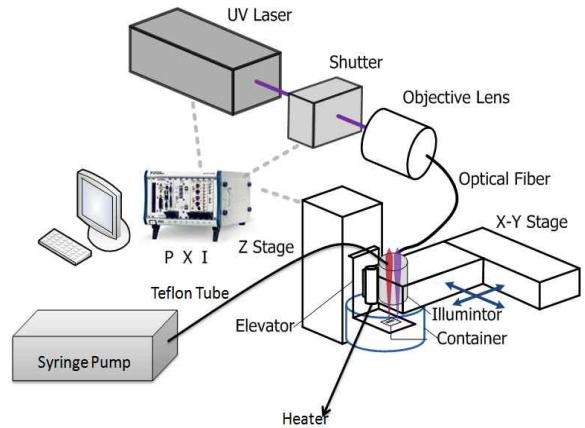


Fig. 1 Schematic drawings of system

시스템에 혼재되어있는 광조형 시스템과 전도성 잉크의 주사 및 경화 시스템은 상호간의 정밀한 소통이 필수적이다. 또한, 광경화성 수지와 전도성 잉크간의 결합 특성 또한 중요한 변수 중의 하나이다.⁴⁾ 이에 본 연구에서는 광경화성 수지인 watershed 11110과 전도성 잉크 간의 접촉 특성을 살펴보기 위해 watershed 11110을 모재로 갖는 시편은 제작하였다. 즉, Fig. 2과 같이 슬라이드 글라스 위에 경화된 watershed 11110 모재층을 생성한 후 주사기 펌프와 노즐을 이용하여 전도성 잉크의 선 패터닝과 접촉각 측정을 실시하였다.

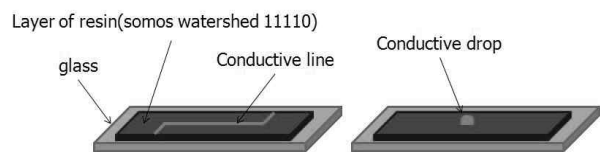


Fig. 2 Schematic drawing of experiment

3. 결과 및 고찰

3.1 접촉각 측정

전도성 잉크의 정확한 패터닝을 위해서는 형상을 구성하는 경화된 광경화성 수지와 전도성 소재의 접촉각이 성형성에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.⁵⁾⁻⁶⁾ Fig. 3은 0.005ml의 체적을 가지는 전도성 잉크의 액적이 모재에 부착된 형상을 촬영한 것이다.

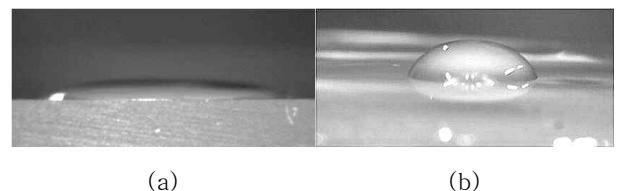


Fig. 3 Shape of drop;

(a) drop on the glass (b) drop on the watershed11110

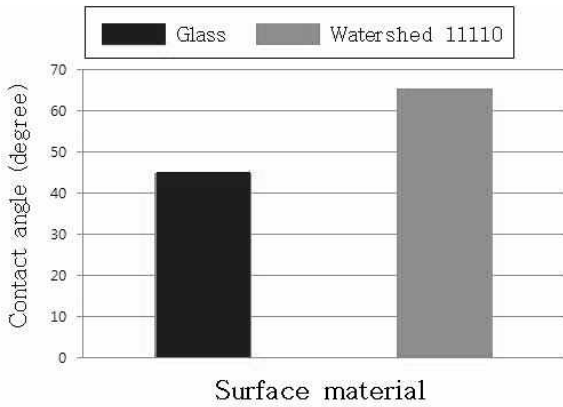


Fig. 4 Contact angle measurement

4. 결론

본 연구를 통해 다중재료 임의형상제작을 위한 시스템을 제작하고 광경화성 수지와 전도성 잉크 상호간의 결합 특성을 알아보았다.

전도성 잉크와 광경화성 수지는 상호간에 65.5°의 높은 접촉각을 생성하게 되었다. 이를 토대로 정밀도가 높은 균일한 형상의 전도성 라인을 얻을 수 있었다.

이후 마이크로 사이즈의 노즐을 이용한 미세형상의 제작과 적층을 통한 3차원 형상의 다중재료 임의형상제작 실험을 진행할 예정이다.

후기

본 연구는 과학기술부의 기초 과학 연구 사업(No. R01 - 2008 - 000 - 20568 - 0)의 연구결과로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Wensink, H., Berenschot, J.W., Jansen, H. V. and Elwenspoek, M. C., "High resolution powder blast micro-machining," Proc. of IEEE international Workshop on Micro Electro Mechanical system, 769-774, 2000.
2. In Hwan Lee, "Development of Micro-stereolithography Technology Considering Photopolymer Solidification Phenomena and Its Applications," Ph.D, thesis, POSTEC, 2003.
3. Jin-Hyung Shim, Jong Young Kim, Jung Kyu Park, Sei Kwang Hahn, and Dong-Woo Cho, "Fabrication of Hybrid Scaffold for Tissue Engineering using a Multi-head Deposition System with Synthetic Biomaterial and Hydrogel", The 5th International Conference on MicroManufacturing, April 5-8, 2010, Madison, Wisconsin, USA
4. Mustaffa Ibrahim, Hiroyuki Narahara, Hiroshi Suzuki, Hiroshi Koresawa, "Deposition of High Aspect Ratio Silver Conductive Ink for Stereolithography SFF Fabrication", Seimitsu Kogakkai Taikai Gakujutsu Koenkai Koen Ronbunshu, 2005
5. R.E. Johnson, R.H. Dettre, "Wettability", edited by J.C. Berg (Marcel Decker, Inc., New York), pp. 2-73.
6. A.W. Adamson, "Physical Chemistry of Surfaces", 6th ed, (John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997), pp. 347-389.
7. D. K. Owens, R.C. Wendt, "Estimation of the Surface Free Energy of Polymers", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 13, 1969, pp. 1741-1747.

(Fig. 3a)와 (Fig. 3b)는 각각 유리와 watershed 11110를 모재로 가지고 있다. 토출된 각각의 액적을 촬영한 후 접촉각 측정방법 중의 하나인 Goniometer 직접측정 방식으로 이미지 분석프로그램인 '시스코프'를 이용하여 접촉각을 측정하였다. Goniometer 방식은 액적을 고체표면에 놓는 과정에서 중력에 의한 초기 액적의 퍼짐 현상이 발생하는 단점이 있으나 보다 간편하게 접촉각을 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다.⁷⁾ Fig. 4는 측정된 접촉각의 크기를 보여주며 watershed 11110 을 모재로 갖는 경우 상대적으로 접촉각이 커 액적이 옆으로 퍼지는 현상을 최소화 할 수 있어 보다 정밀한 선폭의 선 패터닝이 가능하다.

3.2 선 경화 실험

Fig. 5는 모재인 watershed 11110위에 선 경화된 전도성 잉크의 모습을 나타낸다. 400μm의 내경을 갖는 22 Gage의 노즐을 이용한 액적 토출 결과 1mm의 균일한 선폭을 얻을 수 있었다.(Fig. 5a) 사용된 재료는 40nm크기의 은 입자가 포함된 솔벤트 기반의 전도성 잉크이다. 전도성 잉크의 경화를 위해서는 120°C 온도에서 1분 가량의 가열이 요구되는데 가열 과정에서 모재(watershed 11110)의 변형(Curl)이 발생하게 되었다(Fig. 5b). 이러한 변형의 발생을 줄이는 방법으로는 모재의 두께를 두껍게 하거나 대면적 가열이 아닌 전도성 잉크가 토출되는 부분 즉, 경화가 요구되는 부분에만 국부적으로 열을 가해주는 방법 등이 있을 것으로 판단된다.

향후 z축 스테이지를 이용하여 상기된 공정을 통한 단면의 반복적인 적층실험을 진행할 것이다. 이를 통해 제작되어진 구조물은 전자부품의 삽입 등을 통해 3차원 회로기판 등으로 응용 될 수 있을 것이다.

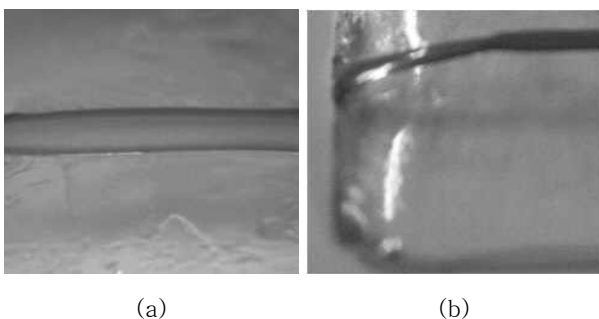


Fig. 5 Conductive line patterning on the watershed11110; (a) conductive line (b) curl of watershed 11110