

광조형에서 UV 안정제를 이용한 경화 폭과 깊이의 조절 Control of Curing Depth and Width for Stereolithography using UV Stabilizer

*김호찬¹, #김민섭¹, 배용환², 박인백³, 이석희³

*H. C. Kim¹, #M. S. Kim¹(ms1kim@hotmail.com), Y. H. Bae², I. B. Park³, S. H. Lee³

¹안동대학교 기계공학부, ²안동대학교 기계교육과, ³부산대학교 기계공학부

Key words : Stereolithography, UV stabilizer, Rapid Prototyping, MEMS

1. 서론

광조형(stereolithography)기술은 광경화성수지에 빛을 조사하여 원하는 부분을 경화시켜 한 층을 만들고, 이후로 이전의 층 위에 새로운 층을 쌓아가는 방법으로 성형을 하는 기술이다. 기존의 광 조형기술은 수십~수백 밀리미터 크기의 부품을 제작하기 위하여 개발된 기술이다. 이 기술의 성형 정밀도는 수십~수백 마이크로 미터 수준으로 각 층을 쌓는 두께와 레이저 빔의 초점 사이즈에 의해 제한을 받고 있다. 그런데, 최근 들어 마이크로 스케일의 구조물을 제작할 수 있는 기술에 대해 활발한 연구가 진행되면서 기존의 반도체 제작을 위한 MEMS 나 LIGA 기술보다 좀 더 복잡한 형상의 제작이 가능한 기술연구 되게 되었으며, 그 대표적인 기술이 마이크로광조형(micro-stereolithography)이다. 마이크로광조형기술은 광조형기술의 정밀도에 한계를 주는 두 요소인 층의 두께와 레이저 빔의 스팟의 크기를 극도로 줄여 수~수십 마이크로 미터 수준의 정밀도를 얻도록 하는 기술이다. 또한 마이크로 광조형기술은 그 장치 제작비가 기존의 반도체 공정 장비들에 비하여 매우 저렴하고 복잡한 3 차원적 형상도 매우 쉽게 만들 수 있다는 장점이 있다. 또한, 마이크로광조형 기술의 원리도 기존의 패속조형(rapid prototyping)기술과 동일하게 적층조형(layered manufacturing)기술을 이용하고 있으며, 광경화성수지(photopolymeric resin)을 사용하는 점도 광조형과 유사하다.¹

미세광조형(micro-stereolithography)기술은 한층 씩 쌓아 경화시켜 만드는 방식이며, 그 한 층을 만드는 방법에 따라 주사방식(scanning method)과 전사방식(mask projection method)으로 구분 할 수 있다.² 이중에 전사방식에서 mask 는 LCD 나 DMD 를 사용할 수 있으나, 요즘에는 주로 안전성이 높고 투과성이 높은 DMD 를 이용하는 기술이 일반화 되어가고 있다.^{3,4} 그러나 DMD 를 mask 로 사용하고 있는 미세광조형장치는 대부분 광원을 UV lamp 로 사용하고 있는데⁵, 본 실험장치는 DMD 를 mask 로 사용하고 있고, 광원으로 UV lamp 가 아닌 UV laser(375nm)를 사용하고 있다. Laser 는 높은 직진성을 가지고 있으며 위상이 고른 단색광이므로 기존의 램프에서 얻어지는 광에 필터를 적용한 램프 광원에 비하여 수차가 적어 높은 정밀도를 얻을 수 있을 것으로 기대 된다.⁶ 그러나 diode laser 의 출력이 낮고 curing 시간이 짧음에도 불구하고 레이저의 에너지가 깊이 파고들어 우리가 원하는 두께를 굳히기가 어려웠다. 그래서 이번 실험에서는 UV 안정제 중 하나인 TINUVIN 327 을 광경화성수지에 일정 비율로 섞어서 실험하였다. 재료의 혼합 비율과 경화시간에 따른 경화 폭과 깊이의 관계를 밝히는 것이 실험에서의 주된 목적이다.

2. System 의 구성

본 연구에 상용된 미세광조형장치의 전체적인 구성을 도식을 Fig. 1(a)에 나타내었고, Fig. 1(b)는 실제 장치의 사진이다. 본 미세광조형(micro-stereolithography)장치에 사용되는 수지는 SOMOS 11120 과 IBXA 를 6:4 의 비율로 혼합하여 제조하였다. 여기서 SOMOS 11120 은 다이오드 UV 레이저(355nm) 시스템을 갖춘 광조형(stereolithography)장치를 위한 photopolymer 이며, 자세한 특성은 Table 1 에 나타내었다.

그리고 IBXA(Isobornyl Acrylate)는 경화제 희석 monomer 로서 광경화성수지의 점도를 떨어트리는 역할을 하며 이것의 특성은 Table 2 에 나타내었다. 광경화성 수지의 제조에 사용된 또 다른 혼합물인 TINUVIN 327 은 ABS, 폴리우레탄, 상온 경화 폴리에스테르 등의 자외선 안정제로 쓰이며, 자세한 특성은 Table 3 에 나타내었다.

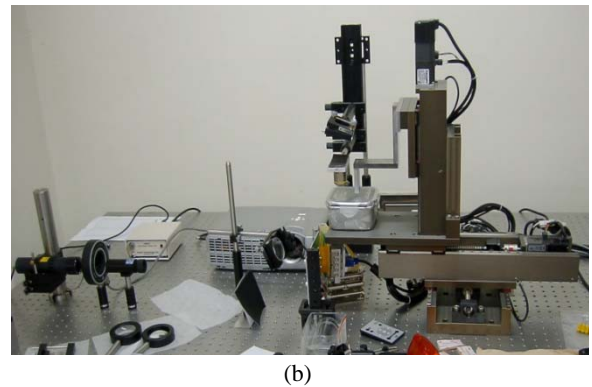
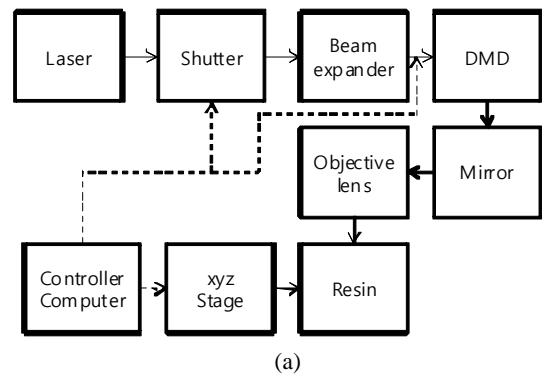


Fig. 1 (a) Schematic drawing of the system (b) photograph of the microstereolithography apparatus.

Table 1 Properties of the SOMOS 11120

Items	Properties
Viscosity	~260cps at 30 °C
Critical exposure	~11.5 mJ/cm ²
Glass transition	39~46 °C

Table 2 Properties of the IBXA(Isobornyl Acrylate)

Items	Properties
Formula	C13H20O2
Viscosity	2.6cps
Glass transition	94 °C

Table 3 Specification of the TINUVIN 327

Items	Specification
Chemical composition	2,4-di-tert-butyl-6-(5-chlorobenzotriazol-2-yl) phenol
Absorptive UV wavelength	> 350nm
Specific gravity	26 g/cm ³ (20 °C)
Solubility (20 °C) % w/w	Water < 0.01, Acetone 1, Benzene 16, Chloroform 19, Cyclohexane 5, Ethyl acetate 5, n-Hexane 4, Methanol < 0. 1, Methylene chloride 17

3. 실험 방법 및 결과

UV 안정제인 TINUVIN 의 함량에 따른 시스템의 경화 깊이와 너비를 알아 내기 위해 우선 SOMOS1112 와 IBXA 를 6:4 로 섞은 수지에 0.05%, 0.1%, 0.15%, 0.2%, 0.25%, 0.3%(W/W)의 질량비율로 TINUVIN 을 혼합하였다. TINUVIN 은 쉽게 녹지 않으므로 Hot plate stirrer 를 이용 40~50°C에서 24 시간 동안 휘저어 완전히 용해되도록 하였다. 다음으로 실험을 위한 구조물을 제작하기 위해서 Fig. 2(a)와 같이 CAD modeling 한 후 Fig. 2 (b)와 같이 Slicing 하고 bitmap 이미지를 작성하여 Fig. 2 (c)와 같은 형상을 제작하였다. Fig. 2 (c)는 가장 윗층에서 설정시간만큼 1 layer 만큼만 경화시켜 그 깊이를 측정하였다.

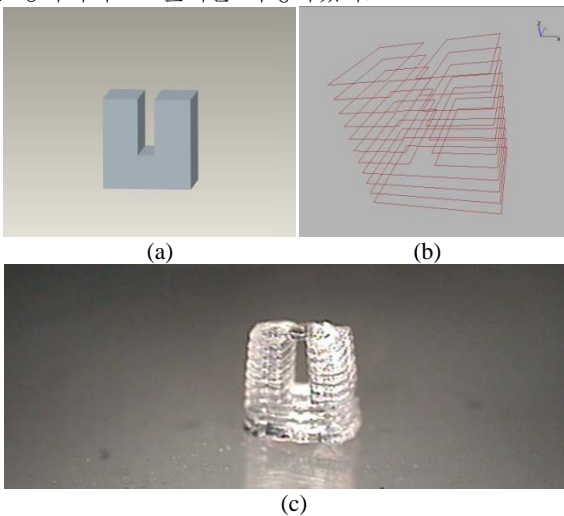
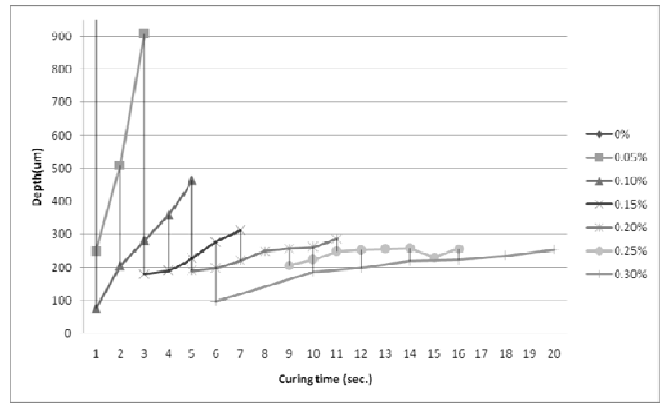


Fig. 2 (a) CAD model of base (b) Sliced contour (c) Final structure for experiment

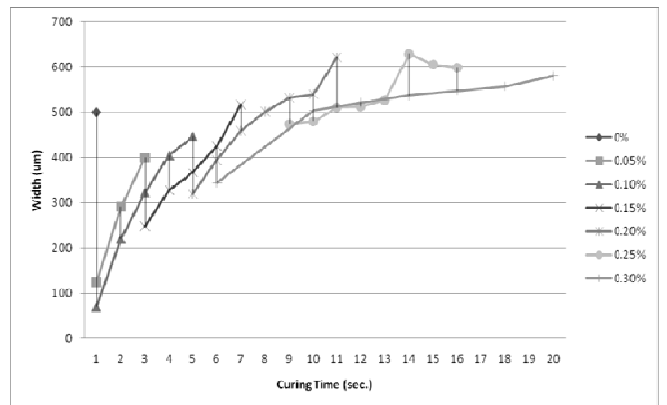
앞의 실험에 따른 결과는 Fig. 3 과 같은 그래프로 나타났다. Fig. 3(a)에 보인 깊이에 대한 그래프를 보면 TINUVIN 의 함량비율이 증가함에 따라 동일 시간 레이저를 조사하더라도 경화되는 깊이가 알아짐을 알 수 있다. 또한 Fig. 3(b)에 보인 경화 폭에 대한 그래프를 보면 TINUVIN 의 함량비율이 증가함에 따라 경화 폭 또한 감소하게 됨을 알 수 있다.

4. 결론

본 실험은 마이크로 광조형장치를 위한 광경화성 수지의 합성을 위해 경화특성을 조절하기 위한 기초적 연구로서 수행되었다. 실험결과 UV 안정제의 함량이 증가함에 따라 경화 깊이와 폭이 감소 됨을 알 수 있었으며, 경화시간이 증가함에 따라 경화 깊이가 깊어지고 폭도 증가하게 됨을 실험을 통하여 확인하였다. 다만, 경화 폭의 경우에는



(a)



(b)

Fig. 3 (a) Curing depth (b) Curing width

UV 안정제의 함량보다는 레이저 조사시간이 더 중요한 공정 인자로 작용하고 있으며, 깊이의 경우는 안정제의 함량이 증가할수록 조사 시간의 영향이 줄어들게 됨을 밝혔다. 이 연구를 결과를 이용하여 형상의 스케일에 따른 최적의 안정제 함량을 결정할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Varadan, V. K., Jiang, X. and Varadan, V. V., "Microstereolithography and other Fabrication Techniques for 3D MEMS," Wiley, 2001
2. 최재원, 하영명, 이석희, 최경현, "Digital Micromirror Device 를 이용한 3 차원 마이크로구조물 제작," 한국정밀공학회지, 제 23 권, 제 11 호, pp. 116-125, 2006.
3. Bertsch, A., Bernhard, P. and Renaud, P., "Microstereolithography: Concepts and applications," 8th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, 289-298, 2001.
4. 주재영, 김성훈, 정성호, "디지털마이크로미러 소자를 이용한 마이크로 광조형 기술개발," 한국정밀공학회 2005 년도 춘계학술대회논문집, 509-513, 2005.
5. Ameya Shankar, Limaye, "Design and analysis of a mask projection micro-stereolithography system," Georgia Institute of Technology, 7-8, 2004
6. 최재원, 김호찬, 김민섭, 하영명, 배용환, 이석희, "레이저 광원을 이용한 DMD 기반 마이크로광조형 장치," 한국정밀공학회 2007 년도 춘계학술대회논문집, 685-686, 2007