

## 돌출 형상을 가진 마이크로 구조물 가공을 위한 광경화성 수지의 경화 특성

정명관\*, 최재원, 하영명(부산대 대학원 지능기계공학과),  
이석희(부산대 기계공학부), 김호찬(안동대 기계공학부)

### Curing characteristics of the Photocurable Resin for Fabrication of Micro-structures with overhang shape

M. G. Jeoung \*, J. W. Choi, Y. M. Ha(Dept. of Mechanical and Intelligent Systems Eng, PNU),  
S. H. Lee(School of Mechanical Eng, PNU), H. C. Kim(School of Mechanical Eng, ADU)

#### ABSTRACT

In the microstereolithography which can make 3-D microstructures, curing depth is different according to exposure energy. Curing depth has to be controlled to fabricate complex 3-D microstructures with overhang shape. It becomes increases when the exposure energy increases. And photocurable resin is cured when the exposure energy is bigger than critical energy. So optimal exposure energy has to be found to fabricate overhang structures without being gel. To make thinner layer, UV absorber is used and exposure pattern is changed. In this paper, we find curing characteristics according to exposure energy, and fabricate microstructures with overhang shape.

**Key Words** : Microstereolithography (마이크로 광 조형 기술), Photocurable resin (광경화성 수지), Exposure energy (노출 에너지), Curing characteristics (경화 특성)

#### 1. 서론

각종 첨단 산업에서는 다양한 형태와 재료의 가공방법이 요구되고 있으며, 제품의 소형화, 고정밀도를 요하는 기술들이 점차 늘어나고 있다. 이러한 고정밀도를 제작하기 위한 기술로 MEMS(Micro Electric Mechanical System)나 LIGA(Lithography Galvanoforming Abforming), EFAB(Electrochemical Fabrication)등이 많이 이용되고 있다. 하지만 이러한 기술들은 복잡한 3 차원구조물을 제작하는데 한계가 있다.

마이크로 광 조형 기술(microstereolithography)은 3 차원 형상의 마이크로 구조물을 제작할 수 있는 기술로서, 이를 이용한 복잡한 단면형상을 갖는 3 차원 마이크로 형상을 제작할 수 있다.

마이크로 광 조형 기술은 기존의 패속조형(rapid prototyping)기술의 하나인 광 조형기술(stereolithography)을 기반으로 하고 있으며, 이는 기존의 광 조형기술의 기본원리와 유사하게 자외선 레이저나 램프가 광경화성 수지(photopolymer)에 주사된다[1-2].

액체상태의 광경화성 수지에 일정한 층 두께를 가진 단면을 경화시키고 이러한 형상을 반복적으로 적층하여 3 차원 구조물을 만들기 위해서는 빛의

정확한 포커싱도 중요하나 수지에 결상되는 이미지는 광에너지의 크기에 따라 경화 깊이가 다르고, 원하는 경화 깊이를 가진 형상을 가공하기 위해서 에너지와 경화 깊이의 관계를 규명해야 한다[3].

본 연구에서는 광경화성 수지와 자외선 흡수제(Tinuvin327)가 첨가된 수지를 노출 에너지의 패턴 변화에 따른 경화 특성을 관찰하여 돌출 형상과 같은 복잡한 구조물의 정밀도를 향상 하고자한다.

#### 2. 마이크로 가공을 위한 시스템 구현

본 연구에서 사용하는 마이크로 광 조형 시스템은 Fig. 1 과 같은 시스템으로 구성되어 있으며, UV 광을 발생하는 램프는 EXFO S2000 Mercury Lamp 를 사용하였고, 필터를 이용하여 365nm 의 광을 추

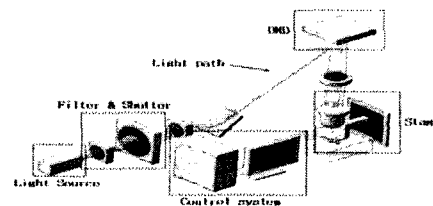


Fig. 1 Schematic of Microstereolithography Apparatus

출 하였다.

램프로부터 나오는 자외선(UV)의 단속은 셔터(shutter)에 의해 제어되며, 미러(mirror)에서 반사되어 DMD 로 입사된다. DMD 는 1024x768 개의 마이크로 미러로 배열되어 있으며, 각각의 마이크로 미러에 생성된 단면 이미지에 해당하는 광만이 렌즈를 통과하여 수지표면에 결상이 된다.

### 3. 실험 및 결과

마이크로 구조물의 경화 특성 실험을 위해 광경화성 수지(Somos11120 + Isobornylacrylate(IBXA))와 자외선 흡수제(Tinuvin327)를 사용하였다[4].

동일한 노출 에너지(exposure energy)를 한 번에 조사(exposure)한 경우의 경화 깊이와 2 초의 간격으로 두 번에 나누어 조사한 경화 깊이를 비교하였다.

또한, 자외선 흡수제 첨가에 따른 경화 깊이 특성을 관찰하기 위해 수지에 흡수제를 0.025%의 비율로 혼합하였고, 노출 에너지를 한 번에 조사했을 경우의 경화 깊이와 동일 에너지를 2 초의 간격으로 두 번에 나누어 조사한 경화 깊이를 비교하였다.

UV 노출 에너지에 따른 경화 깊이를 규명하기 위해 Fig. 2 와 같은 모델을 이용하였다.

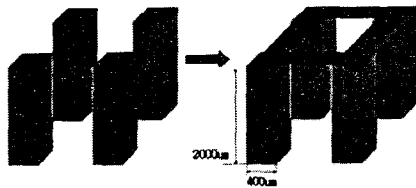


Fig. 2 Schematic of model for curing characteristics measurement.

노출 에너지의 패턴과 UV 흡수제 첨가에 따른 경화 깊이 실험을 통해 Fig. 3 과 같은 측정 값을 얻었다.

노출 에너지를 1 회 조사했을 경우에 비해 동일 에너지를 2 회에 나누어 조사했을 경우 경화 깊이

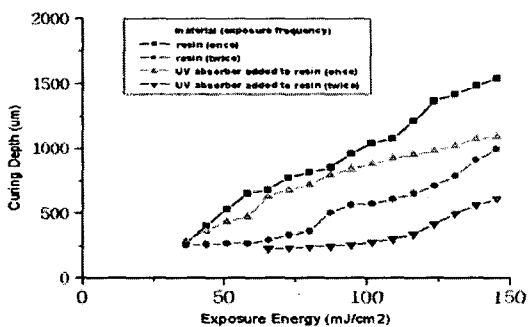


Fig. 3 Curing Depth according to exposure energy

가 절반 가량 감소함을 볼 수 있다.

또한, 자외선 흡수제(Tinuvin327)를 혼합한 경우도 노출 에너지를 2 회에 나누어 조사했을 때가 경화 깊이가 작음을 볼 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서 개발한 마이크로 광 조형 시스템의 경화 특성 실험을 위해 에너지 노출 패턴과 자외선 흡수제 첨가에 따른 경화 깊이 변화를 살펴 보았다.

경화 깊이는 돌출 형상 가공에 있어 정밀도에 영향을 주는 주요 인자로서 동일한 에너지를 조사하더라도 2 회에 나누어 조사할 경우 약 50% 정도의 경화 깊이를 감소시킬 수 있었다. 또한 자외선 흡수제를 혼합한 수지에 에너지를 나누어 조사하면 입계 에너지는 다소 증가하지만 감소된 경화 깊이가 다소 일정한 경향을 보였다.

에너지를 나누어 조사할 경우 에너지가 조사되지 않는 시간이 경화에 미치는 영향, 자외선 흡수제의 양이 경화에 미치는 영향 등은 현재 연구 중이다.

### 후 기

본 연구는 한국과학재단 특장기초연구(R01-2004-000-10507-0)지원으로 수행 되었음.

### 참고문헌

1. Vijay k., Hirowatari K., et al, "Microstereolithography and other Fabrication Techniques for 3D MEMS" pp.103-104, 2001.
2. A. Bertsch, P. Bernhard, P. Renaud, "Microstereo - lithography : Concept and applications" Proceeding of the 8<sup>th</sup> IEEE International Conference on Emerginf Technologies and Factory Automation. Vol. 2, pp. 289-298, 2001.
3. C. Sun and X. Zhang, "Experimental and numerical investigations on microstereolithography of ceramics" Journal of Applied Physics. Vol. 92, No. 8, pp. 4796 - 4802, 2002.
4. 강동필, 김현교, 한동희, 조원재, 하창식, "절연용 불포화 폴리에스테르/실리카 복합재료의 제조와 내후성", Polymer(korea) Vol.19, No. 3, pp274-283, May 1995.