

멀티스케일 광조형장치의 개발

Development of Multi-scale Stereolithography Apparatus

*김호찬¹, #김민섭¹, 임광원¹, 김종진¹, 박인백², 이석희²

*H. C. Kim¹(hckim@andong.ac.kr), #M. S. Kim¹, K. W. Lim¹, J. J. Kim¹, I. B. Park², S. H. Lee²

¹ 안동대학교 기계공학부, ² 부산대학교 기계공학부

Key words : Multiscale, Stereolithography, Scanning, Projection

1. 서론

3차원적 형상의 부품을 제조할 수 있는 공정은 절삭, 주조, 단조, 접합 혹은 이들의 조합 등으로 매우 다양하다. 그리고 제작하고자 하는 부품의 형상이 복잡하다면 복잡할 수록 그 제작 또한 복잡해지고 어려워진다.^{1, 2} 그러나 쾌속조형(Rapid Prototyping) 기술은 부품의 형상을 얇은 두께를 갖는 여러 단면으로 나누어 각각 제작하여 쌓아 올리는 방식을 선택함으로써 형상의 복잡도와 무관하게 완전한 3차원적 형태의 부품을 자동적으로 제작하는 장점이 있다.³ 이러한 쾌속조형기술은 초기에는 재료가 제한적이고, 적층으로 인하여 표면 거칠기가 좋지 못하다는 단점이 있었다.⁴ 그러나 다양한 재료의 개발, 쾌속금형(Rapid Tooling)기술의 발전 및 다양한 쾌속조형기술의 개발로 인해 그 활용 범위가 꾸준히 넓어지고 있다.⁵ 또한 마이크로 및 나노 광조형 기술의 등장으로 더욱 부드러운 표면을 갖는 부품의 생산도 가능하게 되었다.⁶ 그러나 마이크로 광조형은 매우 정밀한 형상의 제작과 부드러운 표면의 제작이 가능하지만 매우 작은 부품만 생산이 가능하며, 메크로 스케일의 쾌속조형 기술은 큰 부품을 제작할 수는 있지만 정밀도와 거칠기가 너무 저열하다.⁷ 따라서 실용적인 크기의 정밀부품, 바이오 센서⁸나 스키펴드 등을 제작하기 위해서는 큰 것과 작은 것을 동시에 제작할 수 있는 다중 스케일 쾌속 조형장치의 개발이 요구되며, 그 결과로 쾌속조형기술을 미소 구조물 제작이나 정밀부품의 제작에 직접적으로 활용할 수 있게 될 것이다.

2. 관련연구

광조형기술은 쾌속조형기술들 중에서 가장 최초로 상용화 되었으며, 또한 현재까지도 가장 정밀한 성형이 가능한 기술 중 하나이다.⁹ 광조형은 UV 레이저 또는 램프의 빛을 액상의 광경화성수지의 원하는 특정 부위에만 조사하여 경화시켜 하나 하나의 층을 생성하고 쌓아간다.² 그 한 층을 만드는 방법에 따라 scanning 방식과 projection 방식으로 구분할 수 있다. Scanning 방식은 한 층을 만들기 위해 하나의 점에 집중된 광원을 물체의 외곽모양에 따라 컨투어(contour)를 주사한 후 내부를 격자 방식으로 드문 드문 채워서 경화시키는 방식이다. 대개 레이저를 이용한 경우는 포커싱을 통하여 직경 100 μ m~200 μ m을 형성하고 갈바노미터(Galvanometer mirror)를 이용하여 균형을 할 부분을 레이저로 그려 나간다.¹⁰ 갈바노미터는 fig. 1 과 같이 서로 90도의 각도를 두고 회전하도록 배치된 두 거울의 쌍으로 이루어져 있으며, 매우 고속으로 레이저빔을 이동 시키며 수지를 경화시킨다. Projection 방식은 넓은 면적으로 입사하는 UV 광을 DMD(Dynamic Micro-mirror Device)나 LCD 판넬 등을 이용, 마스크를 생성하여 광을 제작할 부품의 슬라이스 모양으로 변경시켜 광경화성 수지에 조사하여 마스크 형상 그대로 한번에 광경화성수지를 경화시키는 방식이다.^{11, 12}

Table 1 는 대표적인 두 방식의 특징을 비교한 것으로 특징적인 것은 Scanning 방식은 넓고 큰 것에 적합하고 Projection 방식은 세밀하고 빠른 것에 적합하다는 것이다. 따라서, 마이크로 스케일의 형상제작에는 Projection 방식을 메크로 스케일의 형상제작에는 Scanning 방식을 이용하는

것이 더욱 합리적이다.

그러나, Scanning 방식의 장비 또한 큰 부품을 만들 수 있어 이 장비만으로도 멀티스케일 쾌속조형기로 사용할 가능성이 있지만 마이크로 스케일에서도 사용하기 위해서는 빔의 스팟 직경을 더욱 줄여야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 여러 개의 광학계를 준비하여 초점의 크기를 변경 가능하도록 하는 장비가 있으나¹³, 빔의 스팟 직경이 줄어들게 되면 한 번에 경화되는 면적이 줄어들게 되어, 큰 부품을 만들 때에는 너무나 오랜 시간이 소요되는 문제가 있어 많이 보급되고 있지 못한 실정이다. 결국 레이저 빔의 스팟의 크기를 조절하는 방식으로는 실제 부품을 만들 수 있는 효율적인 멀티스케일의 장비를 만들기에는 매우 어렵다. 따라서 본 연구에서는 scanning 방식과 projection 방식을 접목시켜서 두 방식의 장점을 모두 갖는 장비를 개발하는 것이다.

Table 1 Comparison of the two typical stereolithography light delivery type

Scanning type	Projection type
Low-speed	Hi-speed
20~200 μ m spot size	1~200 μ m curing area with 1~200 μ m pixel
Large build volume	Small build volume
Good for macro-scale	Good for micro-scale

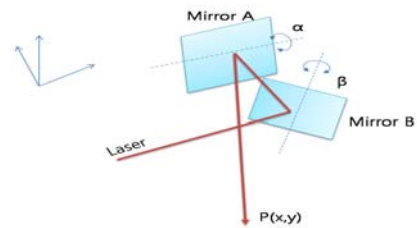


Fig. 1 Galvanometer mirror for laser scanning type apparatus

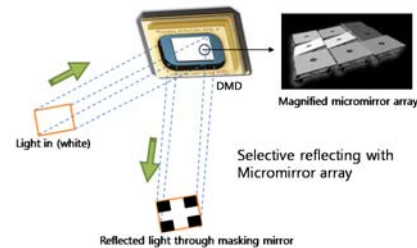


Fig. 2 DMD type mirror for UV lamp projection type

3. 멀티스케일 광조형장치

Fig. 3 은 DMD¹⁴ 를 이용해 레이저 빔으로 마이크로 스케일의 형상을 표현한 뒤 갈바노미터(Galvanometer mirror)를 이용 빔을 원하는 위치에 조사하여 메크로 스케일을 실현하는 본 연구에서 개발중인 멀티스케일 광조형장치의 구성도이다. Fig. 4 는 멀티스케일 광조형장치의 전체적 구성을

나타내는 도식이며, Fig. 5 는 그것의 실제 사진이다.

본 장치의 광학시스템을 Fig. 6 과 같이 간단하게 나타내었다. 우선 레이저에서 나오는 UV 레이저광은 빔 익스텐더를 지나 DMD 의 거울면 사이즈인 14x10.5mm 에 충분히 덮을 만큼 확장시킨다. 확장된 레이저광은 1024x768 개의 미소 거울이 패턴의 형태로 배열된 DMD 에 의해 각 픽셀 별로 선택적으로 반사되어 단순한 타원형의 빛이 아닌 2 차원 영상을 가지게 된다. DMD 에서 나온 영상은 2 개의 미러를 거쳐서 오목렌즈로 보내어지게 된다. 오목렌즈를 지난 영상은 점차 작아지면서 갈바노미러로 들어가고, 갈바노미러시스템의 반사경 2 개를 지나면 수직으로 내려오게 된다. 또한 이때에 점차 작아지고 있던 영상이 한 점으로 모였다 다시 확장되기 시작하는데 이 시점에서 적절한 크기의 영상을 갖도록 광경화성수지를 경화시키게 된다.

DMD 는 마이크로 스케일의 형상을 반영하게 되고 DMD 로 인해 레이저 빔의 단면 형상이 만들어 지면 갈바노미러로 메크로 영역에 영상을 위치 하게 되며, DMD 의 영상과 갈바노미러의 위치 결정은 실시간에 다이내믹하게 동기화 되어 작동한다.

4. 결론

본 연구에서 개발중인 멀티스케일 광조형장치는 우리 팀에 의하여 세계에서 최초로 개발 되고 있으며, 본 논문에서 제안하는 구조인 기존의 두 스케일에서 가장 효과적인 기술을 융합은 매우 다양한 응용분야에 적용이 가능할 것으로 기대된다.

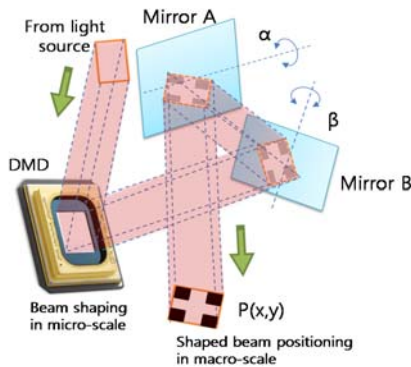


Fig. 3 System framework for multi-scale stereolithography apparatus by fusing the two typical beam delivery types of Projection and Scanning

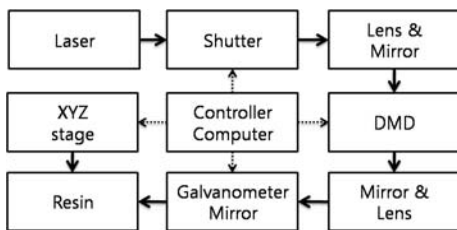


Fig. 4 Schematic drawing for the system



Fig. 5 Photograph of the Multi-scale stereolithography apparatus

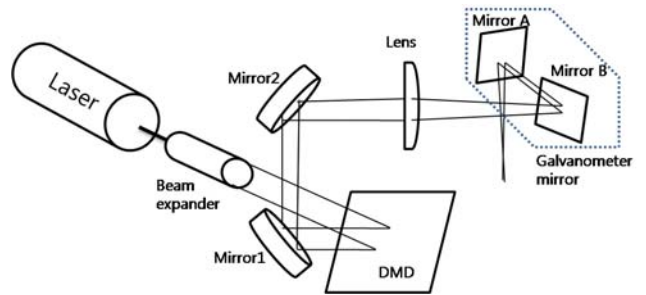


Fig. 6 Schematic drawing of the optical system

참고문헌

1. 안동규, “발포 폴리스티렌폼을 이용한 가변 적층 쾌속조형공정 개발에 관한 연구,” KAIST, 박사학위논문, 2002
2. P. F. Jacobs, “Rapid prototyping & manufacturing: Fundamentals of Stereolithography,” Society of Manufacturing Engineers, pp. 32-52, 1992.
3. 김호찬, “Internet-based Intelligent CAD/CAM system for Rapid Product Development,” 부산대학교, 박사학위논문, 2003.
4. Hong-Tae Choi, "A Study on Automatic Conversion of CAD/CAM Information for Building Prototypes by using Stereolithography," Doctor Thesis, Department of Mechanical and Production Engineering, Pusan National University, pp. 17-50, 1997.
5. Antonio Armillotta, “Selection of layered manufacturing techniques by an adaptive AHP decision model,” Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 24, Issue 3, Pages 450-461, 2008.
6. 이인환, 조동우, 조윤형, 이응숙, “3 차원 형상의 미소 제품 제작을 위한 마이크로 광 조형시스템의 개발,” 한국정밀공학회지, 24 권, 2 호, 2004.
7. 김호찬, 이석희, “Reduction of post-processing for stereolithography systems by fabrication-direction optimization,” Computer-Aided Design, Vol 37, pp. 771-725, 2005.
8. 윤규식, "Biochip(바이오칩)", www.kosen21.org, webzine 20 호.
9. K.S. Ho, R.J. Bradley, D.R. Billson and D.A. Hutchins, “Micro-stereolithography as a transducer design method,” Ultrasonics, Volume 48, Issue 1, Pages 1-5, 2008.
10. You-Min Huang and Cho-Pei Jiang, “On-line force monitoring of platform ascending rapid prototyping system,” Journal of Materials Processing Technology, Volume 159, Issue 2, Pages 257-264, 2005.
11. X. Zhang, B. Zhou, Y. Zeng and P. Gu, “Model layout optimization for solid ground curing rapid prototyping processes,” Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 18, Issue 1, Pages 41-51, 2002.
12. Kazuyoshi Itoga, Masayuki Yamato, Jun Kobayashi, Akihiko Kikuchi and Teruo Okano, "Cell micropatterning using photopolymerization with a liquid crystal device commercial projector," Biomaterials, Volume 25, Issue 11, Pages 2047-2053, 2004.
13. SLA systems, <http://www.3dssystem.com>, 3D systems.
14. DLP systems, <http://www.ti.com>, Texas Instruments.