

마이크로광조형에서 마이크로 구조물의 표면 거칠기와 가공속도의 개선을 위한 3D grayscale 기법

Development of 3D grayscale method for improvement of surface profile and process time in microstereolithography

*박인백¹, 하영명¹, 김인호², #이석희³

*I. B. Park¹, Y. M. Ha¹, I. H. Kim², #S. H. Lee(sehlee@pusan.ac.kr)³

¹ 부산대학교 기계공학부, ² 동명대학교 기계공학부, ³ 부산대학교 기계공학부

Key words : 3D grayscale, Surface profile, Process time, Microstereolithography

1. 서론

현재 미세광조형기술은 응용기법들의 발달과 소재를 기반으로 다양한 분야에 사용되고 있다. 이러한 응용기법은 이전의 전사방식의 미세광조형과 주사방식의 미세광조형을 중심으로 기법의 혼용과 새로운 시스템 구성을 토대로 하고 있다[1]. 그러나 미세광조형에서 미세구조물의 제작에 있어 긴 가공시간과 표면 거칠기는 다음의 단점을 지닌다. 긴 가공시간은 장비의 운용에 무리가 따르고, 대면적 미세구조물의 제작비용에 영향을 가져다 준다. 미세구조물의 표면 거칠기는 다른 미세구조물과의 연계나 단일 또는 복합 구조물의 구동에서 마찰 등의 문제로 기계적 물성이 저하되는 문제점을 지닌다. 이러한 문제를 본 연구에서는 전사방식의 미세광조형을 기반으로 단시간 제작을 부여하기 위해 적층 단면이미지 간의 그레이스케일(Grayscale)을 적용해 수를 줄여 해결하고자 한다. 또한 이러한 그레이스케일은 이미지의 면적차이로 발생하는 계단현상(Stepping effect)를 줄여 표면거칠기의 향상을 기대할 수 있다. 결과로 전사방식의 미세광조형에서 전형적인 적층 기법과 3차원 그레이스케일을 적용한 기법으로 제작한 3차원 미세구조물의 가공시간과 표면거칠기를 비교한다.

2. 전사방식의 미세광조형

본 연구에서 사용한 전사방식의 미세광조형시스템은 Fig.1 과 같다. 이 시스템은 3 개의 파트로 광학부, 구동부, 제어부로 나뉜다.

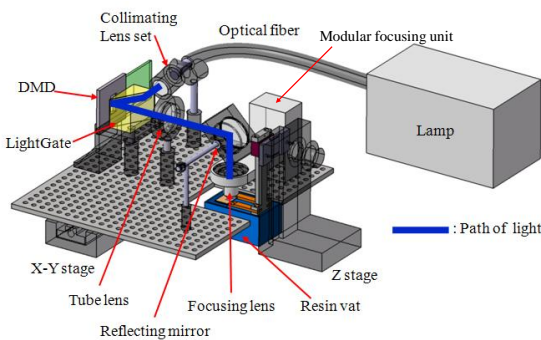


Fig. 1 schematic of projection microstereolithography[2]

광학부는 200W 급의 광원램프, 광원의 전달을 위한 광 화이버(Optical fiber), 광 화이버 끝 단에서 광 분포를 집중시키기 위한 콜리메이터 렌즈(Collimating Lens set), DMD(Digital Micromirror Device)의 입사각에 맞춰 광원을 조사 또는 DMD의 패턴 광을 전달하기 위한 특수 프리즘(LightGate), 패턴 광을 생성하기 위한 DMD, 패턴 광의 광 분포를 평활하게 전달하기 위한 튜브렌즈(Tube Lens), 패턴 광의 입사각을 바꾸기 위한 반사거울

(Reflecting mirror), 패턴 광을 미세영역대로 축소시키기 위한 대물렌즈로 구성된다. 구동부는 광학부를 X-Y 평면으로 이송시키기 위한 볼 스크류 타입의 100nm 해상도를 가진 X-Y 스테이지와 적층을 위한 Z 스테이지로 구성된다. 제어부는 PC를 사용하고, 구동부의 3축 스테이지의 구동과 광원의 광 에너지와 조사시간을 조절하며, DMD에 해당 적층에 필요한 단면이미지들을 입력한다. Fig. 2는 광학부로 인한 광 이송과 제어부에서 시스템 제어를 간략히 표시했다.

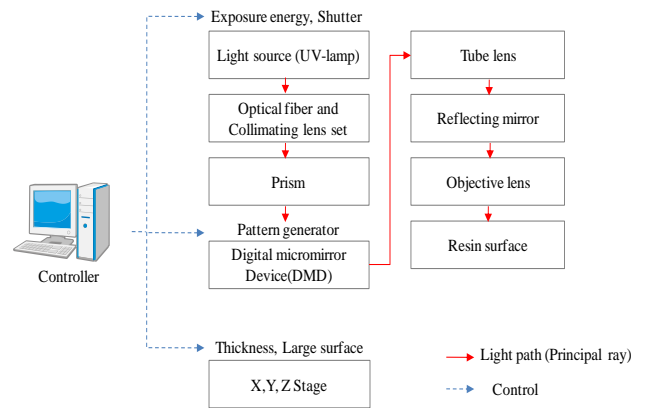


Fig. 2 Schematics of light path in projection microstereolithography system

이러한 전사방식의 미세광조형에서 미세구조물의 가공방식은 Fig. 3 과 같다.

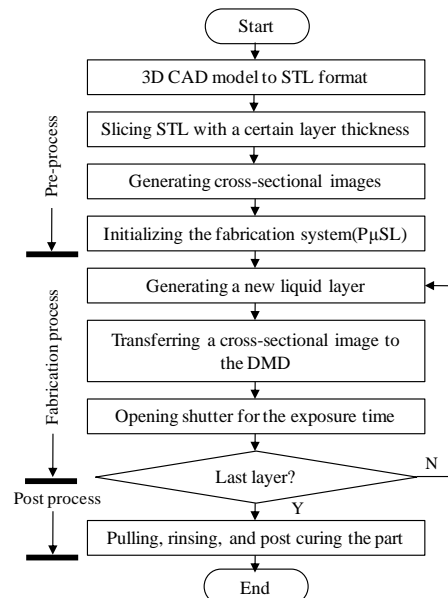


Fig. 3 Flowchart of projection microstereolithography

제작할 3 차원 구조물을 CAD 를 통해 설계하고, 이를 STL 파일로 저장한다. 이러한 STL 파일을 적층두께로 슬라이싱하고 해당 슬라이싱 위치에서 단면이미지를 추출한다. 이러한 단면이미지들은 1 비트의 비트맵이미지로 생성된다. 광원의 광 에너지 및 적층을 위한 Z 축의 설정 등의 초기설정을 거쳐 수지표면과 Z 축의 높이를 맞추기 위한 희생층 제작을 실시한다. 희생층 제작이 완료되면, 적층방향의 첫 번째 단면이미지가 DMD 에 전송되고 광원에서 출발된 광에 반사된 패턴 광으로 수지는 경화된다. 이후 다음 층을 위한 수지도포를 위해 Z 축은 하강하고 다음의 적층두께로 상승된다. 수지의 평활을 위해 임의의 대기시간을 가진 후 다음의 단면이미지가 DMD 에 전송되고 광 패턴 되어 이전의 구조물 위에 경화되면서 적층된다. 순차적인 단면이미지들의 가공이 끝나면 적층이 완료되고, 제작된 미세구조물에 잔존된 수지를 제거하기 위해 용매로 세척하고, 완전히 경화를 이루기 위해 후 가공을 실시한다. 이러한 적층 기법은 단면이미지간에 면적 차로 인해 Fig. 4 와 같은 계단현상이 발생하게 되며 적층두께를 미세하게 할 경우 가공시간이 길어지는 단점을 지닌다.

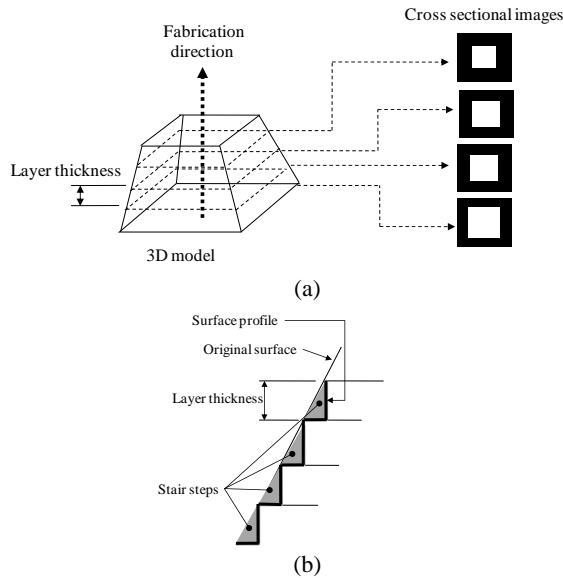


Fig. 4 Stair stepping effect according to cross sectional image (a)Generation of cross sectional images (b)Surface profile according to stair steps

3. 3 차원 그레이스케일

2 절의 Fig. 4 에서 단면이미지들의 개수로 인해 길어지는 가공시간과 면적 차로 인한 계단현상을 줄이기 위해 단면이미지들에 그레이스케일을 사용했다. 일반적인 기본 그레이스케일은 8 비트이나 1 비트로 구현되는 DMD 구동을 위해 디더(Dither)기법을 사용해 8 비트의 그레이를 1 비트로 구현했다. 이러한 그레이스케일을 단면이미지에 부여하는 방법은 Fig. 5 와 같이 기존의 적층두께를 줄이기 위해 임의의 적층두께에 포함되는 단면 이미지들을 중첩시킨다. 중첩이미지 중 첫 번째 제작되어야 하는 이미지와 마지막 제작되어야 하는 이미지의 면적 차를 산출하고 두 이미지의 기울기를 계산하여 그레이 수준 차를 맵핑(mapping)시킨다. 즉 임의의 적층두께를 이루는 단면이미지들이 두 개의 단면이미지(n, n+2)로 대체된다. 또한, 이러한 두 개의 단면이미지 내에서 기존의 단면이미지들의 면적 차의 기울기에 따라 그레이 수준을 맵핑시켜 계단현상을 줄일 수 있는 새로

운 단면이미지로 생성된다.

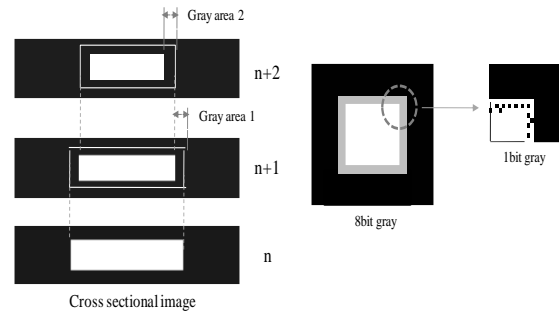


Fig. 5 Regenerated cross-sectional image by 3D grayscale

4. 제작 및 결론

본 연구의 결과로 3D 그레이스케일 기법과 일반적인 기법을 비교하기 위해 Fig. 6 의 불상을 제작했다. 가공 조건은 3D 그레이스케일을 적용한 Fig. 6 의 (a)경우 적층두께를 30um, 가공시간은 약 45 분이며, 일반적인 기법으로 제작한 (b)의 경우 적층두께 10um, 가공시간은 약 130 분으로 3D 그레이스케일을 적용한 가공시간에 비해 거의 3 배 이상 소모되었다. 표면거칠기는 일반 기법에 비해 3 배이상의 높은 적층두께로 3D 그레이스케일을 적용해 제작된 불상의 경우 계단현상이 거의 보이지 않을 정도로 개선이 되었다. 이점으로 3D 그레이스케일 기법으로 미세구조물을 제작 시 높은 적층두께로 가공시간과 구조물의 표면거칠기를 개선 가능함을 알 수 있었다.

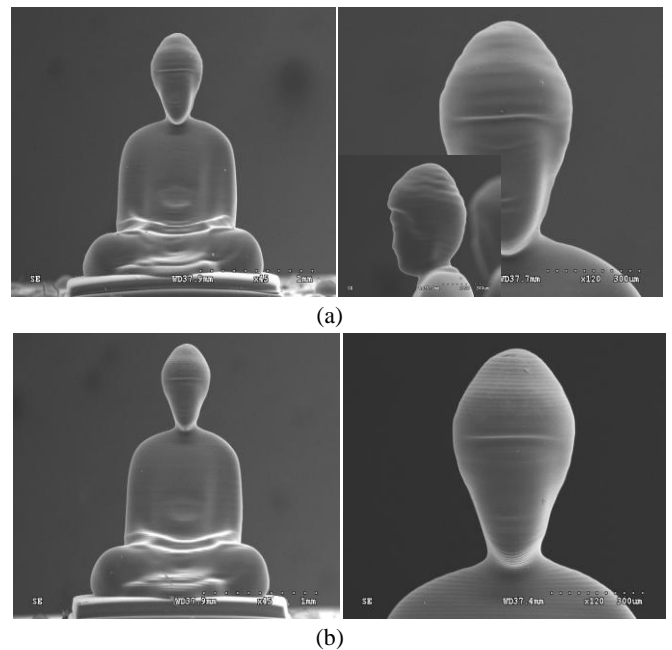


Fig. 6 Fabrication of Buddha (a)using 3D Grayscale (b)using conventional process

참고문헌

1. Varadan, V. K., Jiang, X., Varadan, V. V., Microstereolithography and other fabrication techniques for 3D MEMS, John Wiley & Sons, 2001.
2. Park, I. B., Ha, Y. M., Lee, S. H., "Cross-section segmentation for improving the shape accuracy of microstructure array in projection microstereolithography," Int J Adv Manuf Technol, 46, 151-161, 2010.