

미세입자 분사가공 비 평면 마스크의 레이저 주사 패턴에 따른 형상정밀도 Shape Accuracy according to Laser Beam Exposure Patterns of Non-planar Mask for μ -ATM

*유규상¹, 최성규², #이인환³

*G. S. Yu¹, S. K. Choi², #I.H. Lee(anxanx@cbnu.ac.kr)³

¹충북대학교 기계공학과, ²충북대학교 정밀기계공학과, ³충북대학교 기계공학부

Key words : Micro-abrasive jet machining, Laser beam exposure pattern, Non-planer substrate

1. 서론

미세입자 분사가공(Micro-abrasive jet machining)¹⁾은 미세 입자를 고압의 압축 공기와 함께 분사하여 모재가 선택적으로 가공되게 하는 기술로서, 이때 적절한 패턴의 마스크가 필수적이다. 기존의 미세입자 분사가공을 위한 마스크 제작 공정은 포토 리소그래피 공정을 이용하기 때문에 비효율적이다²⁾. 최근에는 공정이 간단하고 상대적으로 저가인 마이크로 광 조형기술(Micro-stereolithography technology)³⁾이 미세입자 분사가공을 위한 마스크 제작에 적용되고 있다.⁴⁾

한편, 현재까지 미세입자 분사가공은 주로 평면 상태의 모재에 대한 것이 대부분이다. 따라서 기존의 마이크로 광 조형기술은 평면 마스크만을 제작하였다. 하지만 비 평면 마이크로 형상의 표면 정밀가공의 수요가 증가함에 따라 비 평면 형상의 가공이 필요하다.

일반적으로 마이크로 단위의 마스크 패턴 제작에는 높은 형상 정밀도가 요구된다. 그러나 마이크로 광 조형기술에 의해 성형된 구조물은 수축 변형이 발생할 수 있으며, 따라서 상대적으로 정밀도가 떨어진다.⁵⁾ 이를 극복하기 위해서는 광경화성 수지에 주사되는 레이저 빔의 직경과 파워, 주사속도 및 주사 패턴 등이 적절하게 고려되어야 한다.

본 연구에서는 마이크로 광 조형 기술을 이용한 비 평면 마스크 제작을 수행하여 레이저 주사경로에 따른 마스크 패턴의 수축 변형을 파악하였고 이를 통해 미세입자 분사가공에 적절한 레이저 주사 패턴을 선정하였다.

2. 비 평면 마스크의 제작

Fig. 1은 본 연구에서 개발한 마이크로 광 조형장치의 개략도이다. 광원인 UV 반도체 레이저에서 나온 레이저 빛은 대물렌즈를 통하여 광 전달 장치인 광섬유에 입사되게 된다. 입사된 빛은 광섬유 끝단에 부착되어진 Plano-convex lens를 통과하고 최종적으로 비 평면 모재 위에 주사된다. 마스크 패턴을 제작하기 위해 비 평면 마스크 패턴의 CAD 파일에서 좌표 코드를 추출하고 제어프로그램에 입력시키게 된다. 마이크로 광 조형장치는 성형 정보 경로에 따라 마스크 재료가 도포되어 있는 비 평면 모재 위에 레이저 빛을 직접 주사하고, 따라서 미세입자 분사가공 비 평면 마스크를 제작하게 된다. Table 1은 장치의 구성을 보여준다.

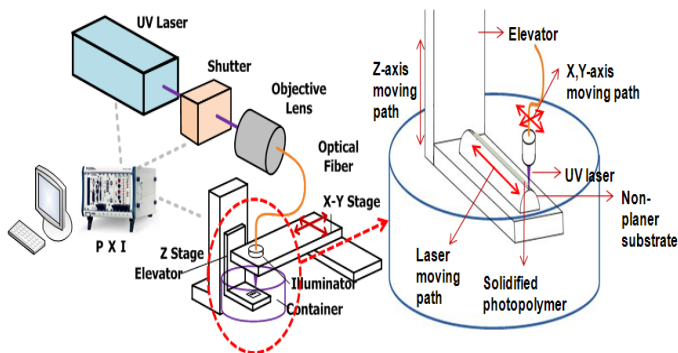


Fig.1 Schematic drawings of micro-stereolithography

Table 1 Composition of micro-stereolithography

Component	Specific
UV Laser	Coherent CUBE 375-8C
Control system	National Instruments PXI-1024Q
Stage	SURUGA SEIKI KS262-50
Shutter	Cheongwon Mechatronics Co.
Optical fiber	Tholabs M14L02
Objective lens	Newport M-10X
Collimator	Tholabs F230SMA-A
Substrate	Cylindrical Glass
Photopolymer	Watershed11110
Absorber	TINUVIP Ciba

한편, 실험에 사용된 광 경화성 수지는 DSM사의 Watershed11110에 Ciba사의 TINUVIP 흡수제를 0.01%를 첨가하여 사용하였다. 비 평면 모재로는 곡률반경 30.5mm의 실린더 형태의 유리(BK7)를 이용하였다.

3. 실험 및 결과

미세입자 분사가공 비 평면 마스크 제작에 적합한 레이저 주사경로를 파악하기 위한 실험을 수행하였다. 제작된 마스크는 두께가 200 μ m이고 투영 형상의 크기는 14.8x1.4mm이다. 본 연구에서는 3가지의 레이저 주사경로를 고려하였다. 즉, Fig. 2와 같이 모재와 수지가 만나는 경계선과 레이저 빔 경로가 수직이 되도록 주사하는 수직 경로(vertical path), 경계선과 수평이 되는 평행 경로(parallel path), 그리고 사각형 형상을 그리는 사각형 경로(square path)의 주사 패턴을 이용하여 각각 마스크를 제작하고 형상 및 수축량을 비교하였다. Table 2는 실험 변수를 정리한 것이다.

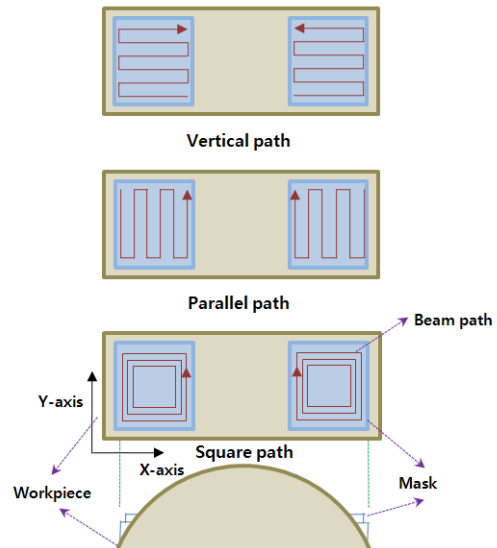


Fig. 2 Three types of laser beam exposure pattern

Table 2 Experiment conditions

Parameters	Value
Laser power	13.3μW
Scanning speed	2.4mm/min
Number of layer	20
Layer thickness	50μm
Laser beam exposure pattern	parallel, vertical, square type

수직 경로로 비 평면 마스크를 성형한 결과는 Fig. 3 과 같다. 마스크 형상은 X축에서 형상의 안쪽으로 수축 현상이 일어났다. 최대 수축량은 패턴의 중앙 부분에서 25 μm이다. 또한, 제작된 마스크의 두께가 수축으로 인해 고르지 못하고 굴곡이 일어난 것을 볼 수 있었다.

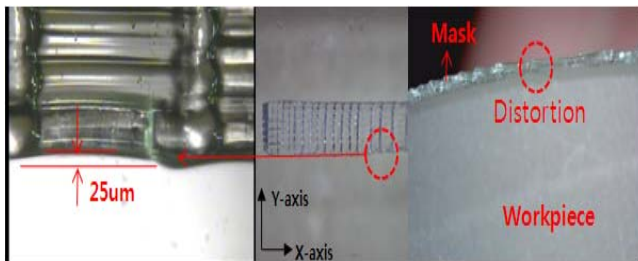


Fig. 3 Photograph of experiment result of vertical path

Fig. 4 는 사각형 경로로 비 평면 마스크를 제작했을 경우의 실험 결과이다. 사각형 경로의 경우 전체적인 형상이 고르지 못하였다. 또한, 수축량은 패턴의 중앙 부분에서 40 μm로 가장 크게 나타났으며 수축으로 인한 변형으로 패턴이 모재에서 떨어지는 현상도 관찰되었다.

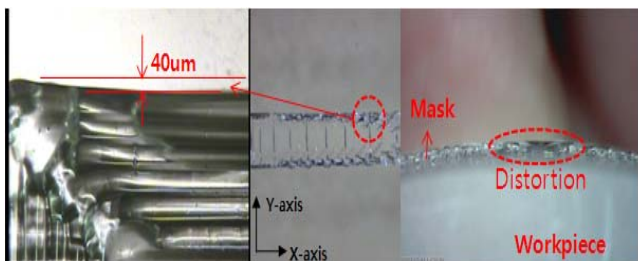


Fig. 4 Photograph of experiment result of square path

Fig. 5 는 평행 경로를 이용하여 성형했을 경우의 실험 결과이다. 마스크의 변형이 일어나지 않았고 제작되는 마스크의 두께도 일정하게 유지되었다. 즉, 평행 경로로 주사했을 경우 수직 경로 및 사각형 경로보다 경화 형상과 수축 변형에 대해 우수하였다.

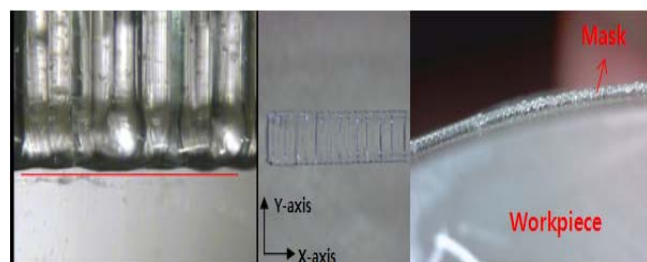


Fig. 5 Photograph of experiment result of parallel path

Fig.3, Fig. 4 그리고 Fig. 5 에서 보이는 수축 현상은 마스크 패턴 면 안쪽 부분에서 여러 개의 선의 중첩으로 인해 노광 에너지가 집중되어 발생되는 것으로 생각된다. 수직 경로와 사각형 경로의 경우 마스크 패턴의 X축 방향이 하나의 선으로 되어 있어 보다 많은 수축력을 받아 수축량이 커지며, 상대적으로 평행 경로의 경우에는 패턴의 X축 방향이 여러 개의 짧은 선으로 되어 있어 수축력을 분산한 것으로 판단된다. 즉, 마스크 패턴의 외각 경계선을 하나의 선으로 경화하는 것보다 여러 개의 짧은 선을 이어서 경화하는 것이 형상의 수축이 적다는 것을 확인하였다.

4. 결론

본 연구를 통해 미세입자 분사가공 비 평면 마스크 제작 시 레이저의 주사경로에 따른 형상정밀도를 분석하였다.

레이저의 주사경로에 따른 형상정밀도를 분석한 결과 여러 개의 짧은 선들을 이어서 경화한 평행 경로가 하나의 선으로 경화한 수직 및 사각형 경로 보다 수축 변형에 더 강하였다. 이를 토대로 형상정밀도가 높은 미세입자 분사가공 비 평면 마스크 제작에 적합한 레이저 주사경로를 얻을 수 있었다.

향후 본 연구 결과를 적용하여 형상정밀도가 높은 미세입자 분사가공 비 평면 마스크 제작하고 이를 이용한 미세입자 분사가공 실험을 진행할 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부의 에너지 자원 인력 양성 사업의 연구결과로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Wensink, H., Berenschot, J.W., Jansen, H. V. and Elwenspoek, M. C., "High resolution powder blast micromachining," Proc. of IEEE international Workshop on Micro Electro Mechanical system, 769-774, 2000.
2. 이승표, 이인환, 고태조, 이승재, 강현욱, 조동우, "375nm 반도체 UV 레이저를 이용한 미세 입자분사가공 SU-8 마스크의 제작", 한국정밀공학회 2007 춘계학술대회 논문집, 667-668, 2007.
3. Ikuta, K. and K. Hirowatari, "Real Three-dimensional micro fabrication using stereolithography and metal model," Proc. of IEEE International Workshop on Micro Electro Mechanical Systems, 42-47, 1993.
4. Seung Pyo Lee, Hyun-Wook Kang, Seung-Jae Lee, In Hwan Lee, Tae Jo Ko and Dong-Woo Cho "Development of rapid mask fabrication technology for micro-abrasive jet machining," Journal of Mechanical Science and Technology, 2190-2196, 2008.
5. 김기태, 오영탁, "광조형 공정 시 수축에 의한 변형 오차의 실험적 고찰", 한국공작기계학회논문집, Vol.14, 61-67, 2005.