

초정밀 광학 어레이 밀링 가공 기술 개발 Development of ultra-precision milling technologies for the fabrication of optical arrays

*#최준명¹, 이찬희¹, 이원기¹, 김호상¹, 이경돈¹

*#Joonmyeong Choi(jm5901@iae.re.kr), C.H. Lee¹, W.G. Lee¹, H.S. Kim¹, K.D. Lee¹

¹고등기술연구원 로봇/생산기술센터

Key words : Ultra Precision, Machining, Milling, Diamond Tool, Micro Optical Arrays

1. 서론

최근 들어 모바일 프로젝터를 장착한 핸드폰, 미니 프로젝터, 소형 광통신 기기 등과 같은 소형 모바일 제품의 보급이 늘어나고 있다. 모바일 기기에 사용되는 광학 부품의 대표적인 적용분야는 조명용 렌즈부터 모바일 3D 디스플레이, 광통신 기기(파이버 옵틱)까지 다수 존재하며 향후 3D 디스플레이 시장의 확대와 함께 더욱 수요가 증가될 것으로 전망되고 있다. 이러한 제품에 사용되는 광학 부품들은 수 μ m급의 높은 정밀도가 요구되며, 해당 광학 부품을 생산하기 위해 필요한 금형 코어 제작을 위해 다양한 가공법이 제안되고 있다. 일정한 구면 형태를 가진 광학 부품의 경우, Fig. 1 과 같이 금형 코어의 가공에는 선삭(旋削) 기계에 저속 공구 이송대(STS:Slow Tool Servo)나 밀링 공구를 부착하여 가공하는 방법이 있으나, 선삭의 특성상 가공물의 중심에 대해 대칭이 아닌 패턴의 가공이 어렵다는 점에서 한계가 있다. 본 연구는 광학 어레이 부품의 다양한 초미세 표면 생성을 위한 가공법으로서 다이아몬드 볼 엔드밀을 이용한 밀링 가공법을 제안하고, 가공 시험 장

치의 제작 및 가공 기술 개발을 목표로 하여 진행하고 있다[1].

2. 가공용 시험 장치

본 연구를 진행함에 있어 구면/비구면 형태의 광학 어레이 금형 가공 기술을 보유한 (주)엔투에이의 협력하에 광학 어레이 가공을 위한 시험장치로서 Fig. 2 와 같은 3 축 초정밀 이송장치를 설계, 제작하였다. 각 축은 미국 DeltaTau 사의 모션 컨트롤러 UMAC 에 의해 제어된다. 이송속도는 X,Y 축이 0~60mm/min, Z 축이 0~300mm/min 이다. 위치 피드백 분해능은 XY 축이 1nm, Z 축의 경우 5nm 이다[2].

3. 시험 가공 형상

본 연구에서 목표로 하는 시험 가공용 시편의 개략도 및 실제 모습을 Fig. 3 에 나타낸다. 중심에 솟아 있는 5.3mm x 4.5mm 의 상층부 표면이 광학 어레이 패턴 가공면이며, 플라스틱 광학 어레이를 사출하기 위한 금형 코어이다.

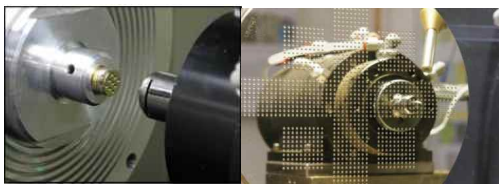


Fig. 1 Micro lens array for wafer scale replication(left:Moore nanotech, right:Precitech)

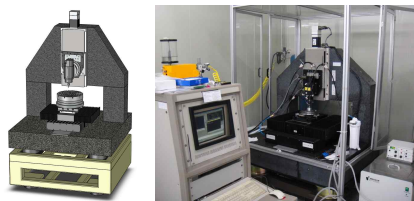


Fig. 2 Developed 3-Axis micro milling system with UMAC controller



Fig. 3 Cavity pin for optical arrays

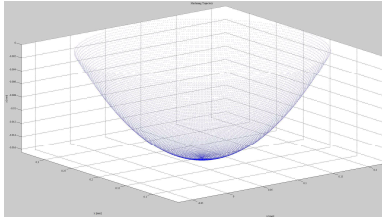


Fig. 4 Simulation of tool trajectory using spiral motion for an optical array cell

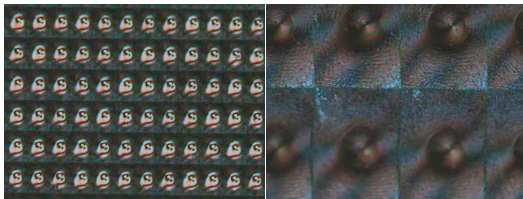


Fig. 5 machined surface(5x, 10x magnified)

Table 1 Specification of machined optical arrays

Cell Size	35 x 11
Lens ROC	0.65mm
Maximum depth	0.167mm

4. 광학 어레이 가공 시험

본 연구에서는 밀링 가공을 통한 광학 어레이의 금형 정밀도 달성을 위해, 수직 방향으로 작용하는 자중 및 백래쉬의 영향을 받지 않으면서 목표 형상을 정밀하게 가공하는 방법으로서 환형(環形) 궤적을 채용하였다. Table 1 은 시험 가공용 광학 어레이의 형상 조건을 나타내며, 이 정보를 바탕으로 컨트롤러에서 시험 가공기 각 축에 지령되는 궤적을 점 데이터로 생성하여 3 차원 공간에 나타내었다(Fig. 4).

위에서 서술한 광학 어레이 밀링 가공의 실용성을 확인하기 위해 가공 시험을 진행하였다. 공구는 다이아몬드 볼 엔드밀을 사용하였고, 이송속도는 30mm/min, 스핀들의

회전 속도는 8000rpm 으로 설정하였다. 가공 결과는 Fig. 5 와 같다. 관찰 결과, 셀과 셀이 겹치지며 배열을 이루는 광학 어레이의 특성이 가공 표면에 나타났으며, 일정한 패턴을 형성함을 알 수 있다[3]. 그러나, 셀과 셀이 겹쳐지는 부분에서 외곽을 형성하는 모서리가 일직선으로 나열되지 않는 부분이 있으며, 셀 하나를 기준으로 보았을 때, 공구가 셀의 중심으로 근접할수록 환형 궤적의 분해능이 급격하게 높아져 그에 따른 영향이 가공 표면에 전사(轉寫)됨을 확인하였다. 시험 가공기의 성능을 고려하였을 때 이런 점들은 가공 조건을 조정함으로써 개선될 것으로 여겨진다.

5. 결론

초미세 형상 가공을 제작한 3 축 이송장치를 이용하여 광학 어레이 형상의 밀링 가공을 진행하였다. 가공 방법으로는 환형 궤적을 채용하였으며, 밀링 가공을 통해서 기존의 선삭 기계를 이용한 가공을 대체할 수 있음을 확인하였다. 향후 과제로서는, 표면 거칠기 및 금형 정밀도 달성을 위한 가공 조건의 선정과 다양한 광학 어레이 부품의 가공을 통한 본 시험 가공기의 성능 확인이 요구된다.

후기

본 과제는 경기도 기술개발사업의 사업비지원(A10101010)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 유효선, 양정삼, 이찬희, 최준명, 김호상, “형상모델을 이용한 초정밀 밀링 가공에 관한 연구”, 한국정밀공학회 춘계 학술대회, 2011, pp35-36
2. 이찬희, 최준명, 김호상, 이경돈, 김풍전, “초정밀 광학 어레이 가공용 시험 장치의 제작”, 한국정밀공학회 추계 학술대회, 2011, pp35-36
3. Sebastian Scheiding, Allen Y. Yi, Andreas Gebhardt, Roman Loose, Lei Li, Stefan Risse, Ramona Eberhardt and Andreas Tünnermann, "Diamond milling or turning for the fabrication of micro lens arrays: comparing different diamond machining technologies", Proc. SPIE 7927, 79270N (2011);