

Slow tool servo 를 이용한 플라이아이렌즈 금형 코어의 다이아몬드 선삭

Diamond turning of fly eye lens mold core using slow tool servo

*이찬희¹, 이정원², 이정훈¹, 김풍전², 김호상¹

#*C.H. Lee(leecl@iae.re.kr)¹, J. W. Hong², J. H. Lee¹, P. J. Kim and H. S. Kim¹

¹고등기술연구원 로봇/생산기술센터, ²(주)엔투에이

Key words : Slow tool servo, Diamond turning machine, Fly eye lens core

1. 서론

최근 들어 서브 마이크로미터급의 형상오차와 수 나노미터의 조도를 갖는 초정밀급 광학 부품의 필요성이 관련 사업 전반에 대두되고 있으며 이러한 부품을 가공하기 위한 방안으로 초정밀 가공기(Diamond Turning Machine, DTM)의 개발이 지속적으로 이루어지고 있다.^{1,2}

대표적인 초정밀 가공기인 단결정 다이아몬드 선삭방법은 일반적으로 시편의 형상이 회전대칭의 형태인 단순한 형상에 대해 적용되어 왔다. 그러나 최근 들어 Slow Tool Servo(STS) 또는 Fast Tool Servo(FTS)와 같은 새로운 형태의 가공방법이 개발되면서, 다양한 형태의 회전 및 비회전 대칭면에 대한 선삭가공이 가능해지고 있다. 특히, 가공기에서 추가적인 기구부의 설치 없이 비회전 대칭면의 가공이 가능하게 하는 STS는 적은 비용으로 다양한 형상의 가공이 가능한 장점을 가지고 있다.³

본 논문에서는 T형 2축 다이아몬드 선삭 가공기에서 STS를 이용하여 휴대용 소형 프로젝터에 사용되고 있는 플라이아이렌즈의 금형 코어를 가공할 수 있는 초정밀 가공법에 관하여 기술한다.

2. STS (Slow Tool Servo)

Fig.1은 미국 Precitech社의 초정밀 가공기인 Nanoform 250 가공기에서 사용되는 STS의 개념도를 나타낸다. 스피들 축인 C축, 공구와 스피들의 이송을 담당하는 X, Z축의 위치제어를 수행함으로써 공구 끝단의 움직임을 3차원적으로 제어할 수 있으며 이러한 특징은 종래의 T형 2축 다이아몬드 선삭 가공기에서 가공

이 매우 어려운 회전 비대칭 형상의 가공을 추가적인 기구의 추가없이 가능케 한다.

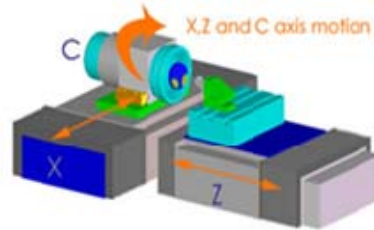


Fig. 1 Schematic of Slow Tool Servo

특히, 스피들 C축은 일반적인 속도제어용 회전축과 같이 일정한 회전 속도로 움직이는 것이 아니라, 명령되는 회전각도에 대해서 정밀한 위치 포지셔닝이 가능한 특징을 가진다. 이러한 C축의 정밀한 움직임을 바탕으로 가공기의 X, Z축의 위치를 동시에 제어함으로써 렌즈 어레이 형상과 같이 비대칭의 복잡한 형상에 대해 선삭가공이 가능하게 된다. 참고로 현재 Nanoform 250에서 STS는 10 mm 왕복 움직임에 대해 2 Hz까지 반복적인 운동이 가능하며 50 Hz의 대역폭을 가지고 있다.

3. 플라이아이렌즈 금형코어의 가공

3.1 플라이아이렌즈

현대 광학계에서는 보다 높은 효율을 얻기 위해 디스플레이 산업과 조명 광학계 분야등에서 렌즈어레이 형태의 부품을 다양하게 사용하고 있다. 특히, 최근 들어 플라이아이렌즈는 휴대용 소형 프로젝터의 핵심 광학부품으로서 소형 프로젝터에 대한 다양한 개발 수요와 함

게 해당부품에 대한 시장의 수요가 증가하고 있다.



Fig.2 Solid model of fly eye lens mold core

본 논문의 플라이아이렌즈 금형코어는 총 84개의 셀을 하나의 렌즈 안에 배치한 형태로서 LED 광원에서 나온 빛의 광분포를 일정하게 유지시키는 효과를 가지고 있다. 가공코자 하는 플라이아이렌즈의 3차원 코어형상은 Fig.2와 같다.

3.2 STS 이용 선삭가공

금형코어의 가공을 위해 소재로서 Stavax 재질의 실린더 형태의 시편을 사용했으며 상면에 무전해 니켈을 도금하여 가공면으로서 적용하였다. 또한, 단결정 다이아몬드 바이트를 사용하였으며, 노우즈 반경은 0.1 mm이다. 회전속도는 Nanoform 250 가공기의 STS 모드에서 권장되는 회전속도인 2 rpm을 사용하였으며 시편의 이송속도를 0.004 mm/min으로 설정하였다. Fig.3은 초정밀 가공기에서 가공을 마친 후 촬영한 플라이아이렌즈 금형코어의 상면의 확대사진을 보여주고 있다.



Fig.3 photograph of fly eye lens mold core

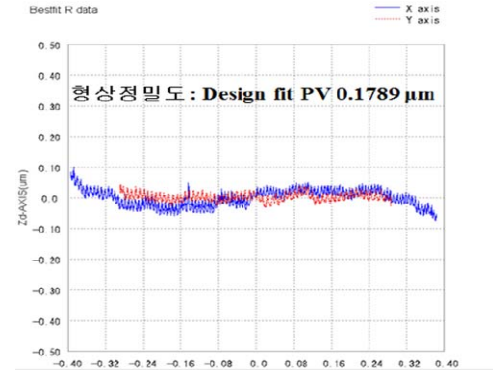


Fig 4 Measurement result by UA3P

3.3 측정결과

플라이아이렌즈 코어 가공 후 형상정밀도 측정을 위해 접촉식 초정밀 형상 측정기인 Panasonic社의 UA3P를 사용하여 Fig.4와 같은 결과를 얻을 수 있었다. 측정결과 best-fit 값 1.0697 mm로서 설계값인 1.07mm와 비교했을 때 0.3 μm 오차를 보였으나 광학계 성능에는 충분히 허용되는 범위로 판단된다. 또한, 형상정밀도 PV 값은 0.1789 μm 로 측정되어 양호한 형상정밀도를 얻을 수 있었다.

4. 결론

초정밀 가공기에서 STS 모드를 이용하여 비회전 대칭형상의 광학부품인 플라이아이렌즈 금형 코어를 가공하였으며 측정결과 만족할 만한 금형코어의 형상정밀도를 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. Y. Tohme, R. Murray, "Principles and Application of the Slow Slide Servo," Moore Nanotechnology systems LLC.
2. 김호상, 이광일, 이찬희, 이정훈, 이경돈, "엠보싱 타입 형상의 가공을 위한 Fast Tool Servo의 정밀제어," 한국정밀공학회 2009년도 춘계학술대회 논문집, 77-78, 2009
3. 양순철, 국명호, 원종호, "급속이송 공구대를 이용한 마이크로 렌즈 어레이 가공 기술," 한국정밀공학회지 제24권 제10호, 19-24, 2007