

비구면 렌즈의 생산성 향상을 위한 최적가공조건선정

백승업*(에이엠테크놀로지㈜), 이해동, 김성철(에이엠테크놀로지㈜), 이은상(인하대학교 기계공학부)

Selection of optimal machining condition for productivity enhancement of aspheric surface lens

S. Y. Baek*, H. D. Lee, S. C. Kim(Research Center, AM Technology), E. S. Lee(Mechanical Eng. Dept., IHU)

ABSTRACT

To enhance the precision and productivity of ultra precision aspheric surface micro lens, the development of ultra-precision grinding system and process for the aspheric surface micro lens are described. In the work reported in this paper, an ultra-precision grinding system for manufacturing the aspheric surface micro lens was developed by considering the factors affecting the grinding surface roughness and profile accuracy. This paper deals with mirror grinding of an aspheric surface micro lens by resin bonded diamond wheel and spherical lens of BK7. The optimization of grinding conditions on ground surface roughness and profiles accuracy is investigated using the design of experiments.

Key Words : Aspheric surface (비구면), Profile accuracy (형상정밀도), Profile error (형상오차), Tool path (공구경로), Design of experiments (실험계획법)

1. 서론

구면 렌즈는 원리적으로 수차를 포함하고 있으며 이것을 제거하기 위하여 렌즈의 조합수를 늘리고 다층막 코팅 등을 통하여 성능 향상을 실현시켜왔다. 그러나 비구면 렌즈 광학계는 초점집광 성능을 향상시켜 구면 수차를 제거하고 복잡한 렌즈 조합을 필요로 하지 않는 많은 장점이 있다. 지금까지 비구면 광학부품에 대한 연구는 비교적 직경이 큰 렌즈를 대상으로 진행되어 왔으나 광학계의 마이크로화에 따른 마이크로 비구면 광학 부품의 연구 및 개발의 중요성이 대두되고 있다^(1,2,3). 비구면 마이크로 렌즈의 경우, 렌즈 기본 곡률반경이 작고, 비구면 경사도가 크기 때문에 공구의 크기와 형상, 공구의 운동을 제약하는 요건이 되고 있다. 비구면 렌즈는 대부분 금형에 의한 성형에 의해서 대량 생산되고 있지만 비구면 코어 제작에 많은 비용이 들어가며 일정기간 사용 후 코어의 마모로 인해서 비구면 렌즈의 성능이 떨어지며 재가공하기 위한 유지보수 비용이 많이 들기 때문에 이를 보완하기 위해서 상대적으로 유지보수 비용이 적게 드는 연삭 시스템을 개발하여 생산성을 높이는 동시에 고정밀도의 비구면 렌즈를 개발하기 위한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 카메라 폰에 사용되는 초정밀 비구면 마이크로 렌즈를 얻기 위해 초정밀 비구면 가공기를 개발하였고, 이 시스템을 이용하여 카메라 폰용 초정밀 비구면 마이크로 렌즈 개발을 위한 가공 특성을 평가하였으며 요구 표면 거칠

기 Ra 10 nm, 형상정밀도 P-V 0.8 μm이하의 휴대폰용 비구면 렌즈를 가공하였다.

2. 비구면 연삭 시스템

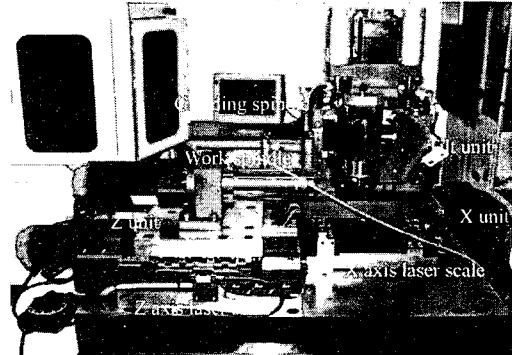


Fig. 1 Picture of grinding system for aspheric surface lens

본 연구에서는 비구면 렌즈 가공을 위한 장비를 개발하였다. 초정밀 비구면 연삭 시스템을 Fig. 1에서 보여주고 있다. 구면 렌즈를 공작물 지그에 본딩을 한 후 지그를 공작물 주축에 진공으로 고정한다. 공작물 주축과 공구대 이송축을 동시에 제어하여 비구면 형상을 가공할 수 있게 된다. 비구면 형상 가공을 위해서 NC 컨트롤러를 통해서 비구면 NC 데이터를 입력하게 되고 가공을 하게 된다.

2. 비구면 형상가공

윤곽 가공은 주로 구면과 비구면 형상을 생성할 때 사용된다. 본 연구에 이용된 시스템의 구동은 두 개의 LM 가이드 안내면과 공작물과 공구를 고정시키는 공기정압 베어링 스피들들로 구성되어 있다. 두 안내면은 각각 X 축과 Z 축으로 직교 형태를 이루고 있다. 공구가 Y 축에 고정되어 있고, 렌즈는 Z 축에 고정되어 있으며 Y 축은 X 축 테이블 위에 고정되어 있다. 공작물과 휠은 시계방향으로 회전을 하고, Z 축과 X 축을 동시에 제어하면서 가공을 수행하였다. 본 연구에서 사용된 비구면 가공용 초정밀 연삭 시스템의 구동 메커니즘을 Fig. 2에 나타내었다.

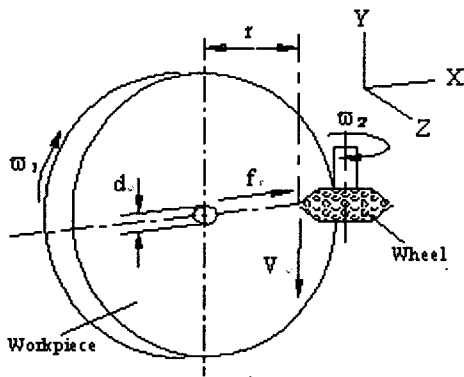


Fig. 2 Geometric modeling of contour grinding for aspheric convex surface

3. 결과 및 고찰

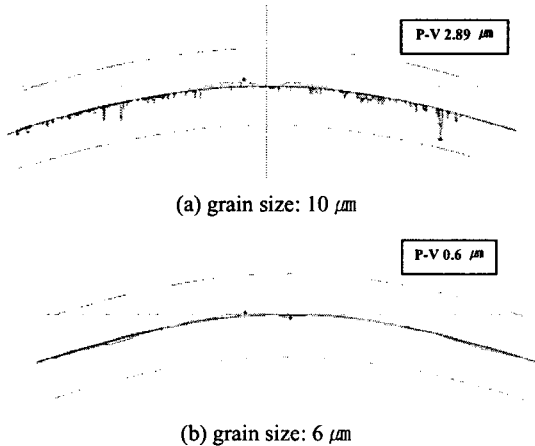


Fig. 3 Profile accuracy of machined aspheric surface

연삭 가공된 비구면 렌즈의 형상정밀도를 측정 한 결과, 표면 거칠기가 형상정밀도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 연삭 가공 후 표면 거칠기가

좋지 않은 비구면 렌즈에 대해서 형상 정밀도를 측정하면 그 데이터 값에 표면 거칠기 값이 반영이 된다. 즉 표면 거칠기가 좋으면 서브 마이크론의 형상정밀도를 얻을 수 있다.

따라서 보다 더 소프트한 연삭 슷돌을 사용하여 형상정밀도를 향상시키기 위한 실험을 수행하였다. 연삭 슷돌의 입자크기는 $6 \mu\text{m}$ 이고 결합도는 중간정도인 N 이며, 집중도는 130 mg/cm^2 이며, 결합제는 레진 본드를 사용하였다. 비구면 연삭 가공을 하고 난 후의 형상정밀도를 Fig. 3에서 보여주고 있다. Fig. 3(a)은 $10 \mu\text{m}$ 입자크기를 가지는 레진 본드 다이아몬드 슷돌로 가공을 한 형상을 보여주고 있는데 형상정밀도 P-V $2.89 \mu\text{m}$ 의 결과를 얻었다 Fig. 3(b)는 $6 \mu\text{m}$ 입자크기를 가지는 레진 본드 다이아몬드 슷돌로 가공을 한 형상을 보여주고 있으며 형상정밀도 P-V $0.6 \mu\text{m}$ 의 결과를 얻었다.

4. 결론

본 연구에서는 카메라 폰에 사용되는 초정밀 비구면 마이크로 렌즈 가공기를 개발하였고, 초정밀 비구면 마이크로 렌즈 개발을 위한 가공 특성을 평가 및 최적의 가공조건을 선정하는 것으로서 $6 \mu\text{m}$ 의 입자크기를 가지는 레진본드 다이아몬드 연삭 슷돌로 연삭 가공한 결과 이송속도 2 mm/min , 공작물 회전속도 63 mm/s , 연삭스틀 원주속도 16.747 m/s 일 때 형상정밀도 P-V $0.6 \mu\text{m}$, 표면 거칠기 Ra $0.006 \mu\text{m}$ 을 달성하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부에서 주관하는 “고기능성 부품가공용 지능형 연삭시스템 개발” 과제 지원에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Shida, H., "Development of Machining Technology on High Precision Plastic Opto-Element," Rich Technical Rept, No. 24, pp. 99 - 105, 1998.
2. Suzuki, H., Kodera, S., Maekawa, S., Morita, N., Sakura, E., Tanaka, T., Takeda, H., Kuriyagawa, T., and Shoji, K., "Study on precision grinding of Micro Aspherical surface," JSPE, Vol. 64, No. 4, pp. 619 - 623, 1998.
3. Baek, S. Y., Lee, E. S., and Lee, H. D., "A study on the characteristic of ultra precision grinding machining considering ultra-fine surface and 3D contour accuracy of aspherical surface micro lens", Proc of 5th EUSPEN International conference, Vol. 1, pp. 33-36, 2005.