

글라스 렌즈 성형용 구면코어의 초정밀 연삭가공 특성평가 Assessment on Ultra-precision Grinding Performance of Spheric Mold Core for Glass Lenses

*허광태¹, #곽재섭², 하만경², 이용철³, 김경년⁴

*K. T. Hur¹, #J. S. Kawk(jskwak5@pknu.ac.kr)², M. K. Ha², Y. C. Lee³, K. N. Kim⁴

¹부경대학교 대학원, ²부경대학교 기계공학부, ³연암공업대학 컴퓨터응용기계과, ⁴거제대학 선박기술계열

Key words : Aspheric lens, Spheric aberration, Ultra-precision grinding, Spheric mold core

1. 서론

렌즈의 활용은 급속한 산업발전과 더불어 근·난시의 교정용, 디지털 카메라, 의학기구, 초정밀 광학부품 등을 비롯하여 그 활용 범위가 다양하며, 보다 나은 초정밀의 단계를 발전시키기 위해서는 렌즈가공의 정밀성이 요구된다. 렌즈는 입사한 빛의 조절로서 초점을 잘 모으는 것에 원리를 두고 있으며, 실제적인 렌즈형상의 구면수차에 따라 정밀한 상의 맺힘과 투과된 형상의 선명도가 많이 달라지고 있다. 렌즈가공 방법들을 살펴보면, 기계를 이용해서 깎아내는 방법과, 간단한 금형을 이용하여 플라스틱으로 사출시키거나, 몰드(mold)를 이용하여 유리로 제작하는 경우가 있다. 이러한 공정 중에 구면코어는 렌즈의 형태를 구성하는 역할을 하며, 정밀도는 구면수차에 미치는 영향이 매우 높으므로, 이를 개선시키는 방안이 시급하다.

본 연구에서는 구면코어에 대한 초정밀 연삭가공을 실시하여, 구면코어를 연마하는데 미칠 수 있는 가공조건으로 공구회전속도, 공작물회전속도, 이송속도, 연삭깊이에 따른 구면코어의 표면 거칠기와 형상정밀도의 특성을 분석하고 최적의 연삭가공 조건을 제안 하고자 한다.

2. 구면렌즈와 비구면렌즈

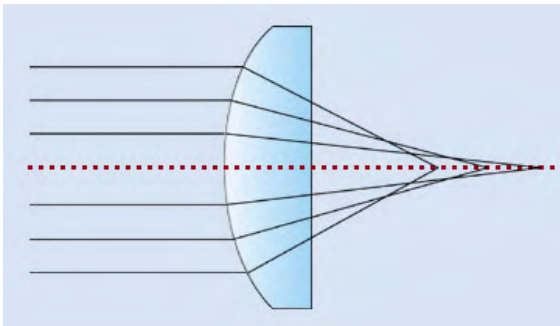


Fig. 1 Spherical lens of advance

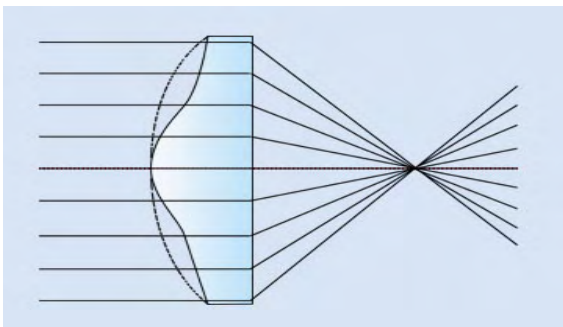


Fig. 2 Aspheric lens of advance

구면렌즈와 비구면렌즈의 빛의 투과 진행상태를 Fig. 1과 2에 나타내었다. 구면렌즈는 렌즈의 중심부분을 통과하면 정확한 상을 맺을 수 있지만, 렌즈의 주변 끝까지 사용하여 상을 맺을 때는 상이 선명하지 못하거나 왜곡되기도 한다. 이것은 빛이 파장이 다른 단색광으로 이루어져 있고 렌즈가 구면이라는 점 때문에 일어나는 현상이다. 비구면렌즈는 이러한 구면수차를

해결하기 위하여 렌즈중심부와 가장자리의 굴곡을 달리하여 렌즈의 가장자리를 미세하게 조금 더 가공하게 되면 렌즈 중심부는 물론 주변부에 입사한 광선들도 하나의 점에 초점이 맺히게 되므로 구면수차를 줄일 수 있다. 구면렌즈의 경우 구면수차를 줄이려면 렌즈의 반경을 조정하거나 여러 개의 렌즈를 조합해야 하나 비구면렌즈는 평행한 광선을 아주 정밀하게 한 곳에 모을 수 있기 때문에 비구면렌즈 하나만 사용하더라도 여러 개의 구면렌즈를 사용하는 것과 비슷한 성능을 발휘 할 수 있어 광학부품의 경량화, 소형화가 가능하다.

현재 많이 사용되어 지고 있는 것은 구면렌즈로서 비구면 렌즈에 비하여 보정에 따른 수정과 가공이 유리하고, 제작하기도 쉽다. 비구면 렌즈는 구면렌즈에 비하여 제작비용과 시간이 많이 소모되며, 제작하는 회사마다 가지고 있는 렌즈의 설계와 특징이 달라 수정과 가공이 어렵고, 국내기술력의 미흡으로 가공의 치수가 정확하지 않을시 상의 맺힘이 구면렌즈에 비해 더 흩어지는 단점이 있다.

구면코어는 렌즈를 몰드를 이용하여 유리로 제작 할 경우 렌즈의 모양을 성형하는 과정 중 직접적인 윤곽과 반경 곡률을 조절하는 부품이다. 본 연구에서는 구면코어의 연삭을 실시함으로써 렌즈가공시 수차를 줄일 수 있는 구면코어를 생성하도록 할 것이다.

3. 실험장치의 구성 및 실험결과

본 연구에서 사용한 실험장치는 Fig. 3과 같이 구성되었으며, 렌즈성형용 구면코어의 가공을 위해 초정밀 연삭이 가능한 초정밀가공기(두산인프라코어, NANOTURN 300U)를 사용하였다.

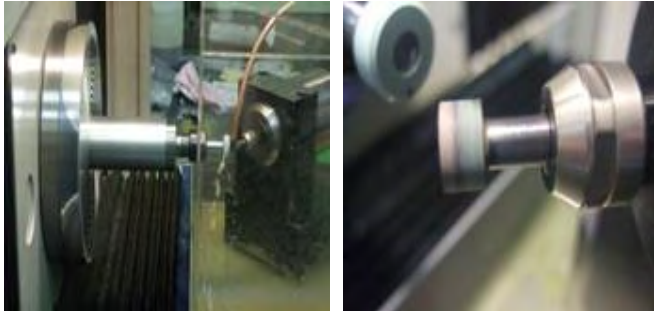


Fig. 3 Grinding machine for spheric mold core (Doosaninfracore Co., NANOTURN 300U)

초정밀가공기는 2개의 회전축을 가지며, 유정압 베어링에 의하여 구동되고, 2개의 유정압 슬라이드가 교차하는 형태로 배치 되어 있다. 이송 테이블 상에 최대 45,000rpm까지 가능한 Air Turbine Spindle을 장착하였으며, 안내면의 위치 정밀도는 2nm이다. 공작물 축은 최대 6,000rpm까지 가능한 진공척을 사용하고, Coolant는 연삭유와 방청유, 물의 비율을 각각 20:5:75로 배합하여 사용하였다. 기계의 진동을 최소화하기 위하여 바닥에는 특수 설계된 제진대를 설치하였으며, 주변온도를 22±1°로 일정하게 유지하였다.

Fig. 4는 다이아몬드 전착숫돌을 통한 GC 숫돌의 성형과정과, GC 숫돌을 이용한 렌즈 연삭용 다이아몬드 숫돌의 성형과정을 나타내고 있다. 구면코어의 가공전 단계로 초정밀 연삭가공 공구

인 다이아몬드 슷돌을 성형하기 위해서 공작물척에 300rpm, 공구 척에 30,000rpm, 이송속도 5mm/min, 연삭깊이 2 μ m의 조건으로 #270의 다이아몬드 전착 슷돌을 이용하여 #800의 GC 슷돌을 성형하였다. 같은 방법으로 성형된 GC 슷돌을 통하여 차례대로 다이아몬드 슷돌의 형상을 만드는 동시에 Truing 공정을 병행하여 공구를 준비하였다.



(a) GC wheel (b) Diamond wheel
Fig. 4 GC wheel and diamond wheel



Fig. 5 Spheric mold core

Fig. 5는 황삭가공된 구면코어의 형상을 나타내고 있다. 황삭가공의 조건은 공작물속도 300rpm, 공구속도 30,000rpm, 이송속도 1.0mm/min, 절입깊이를 1 μ m로 가공하였다.

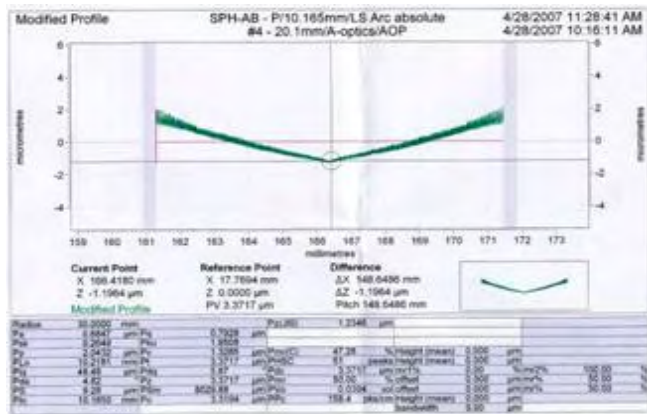


Fig. 6 Profile of form accuracy and surface roughness

Fig. 6은 황삭가공 후의 구면코어의 반경 R30에 대한 형상정밀도를 측정된 것으로, 형상정밀도의 오차가 약 5.3 μ m의 값이 나온 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과값은 황삭가공시 생기는 문제점을 보완하고 정삭가공의 오차를 줄이기 위한 방법으로서, 최종 연삭공정 후 더 정확한 형상정밀도와 표면거칠기를 얻을 수 있을 것이다.

현재까지의 실험을 기초로 하여 향후 연삭가공 할 구면코어의 형상정밀도와 표면거칠기의 요구조건은 각각 PV 0.2 μ m, Ra 5nm이다.³ 이를 달성하기 위한 연삭조건을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Experimental conditions for fine grinding

Items	Conditions
Workpiece revolution speed	300rpm
Traverse speed	0.5~1.0mm/min
Depth of cut	0.25~1.0 μ m
Workpiece	WC (Co 0.5%)
Abrasive grains(Diamond)	#600, #1200, #2000
Wheel revolution speed	30,000rpm

4. 결론

초경합금을 소재로 하는 구면코어의 연삭가공에 있어서 렌즈의 성형과정 중 구면수차의 완전소멸은 불가능하지만, 구면코어의 초정밀 연삭가공과 실험조건 등을 이용하여 보다 정밀한 렌즈를 만들 수 있는 방안을 찾을 수 있었다. 구면코어의 황삭가공의 결과, 공구를 제작하는 과정에서 상대운동을 통한 GC 슷돌과 다이아몬드 슷돌의 중심이 일치하지 못하는 상황이 발생하여 실제 가공에서 나타나는 오차와 장시간 가공하는 과정에서 생기는 반복하중으로 GC 슷돌과 다이아몬드 슷돌의 기능을 저하시키는 요인으로 작용하였다. 이 결과는 형상정밀도에 나타나는 값으로 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과를 수정함으로써 정삭과정에서는 보다 더 정밀한 구면코어의 성형이 가능할 것이다.

후기

이 논문은 2006학년도 부경대학교 기성회 학술연구비(과제명: 공정변수가 자기연마 가공에 미치는 영향평가 및 최적화, 관리번호: 0012000200613700)에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. <http://cafe.naver.com/mobiletimes>
2. 두산인프라코어(주), "초정밀 자유곡면 가공기 및 가공기술개발에 관한 연구", 산업자원부, 2006
3. 김상석, 이용철, 이동길, 김혜정, 김정호, "실험계획법과 보정가공을 이용한 비구면 유리렌즈 성형용 코어의 초정밀 연삭가공 최적화", 한국정밀공학회지, 제 24권, 제6호, 2007