

## 비구면 렌즈의 형상측정 및 형상보정에 응용

### Form Error Measurement and it's application to Form Error Compensation of Aspheric Lens

김 동 식

(주)포엠 기술연구소, grace93@biz4m.com

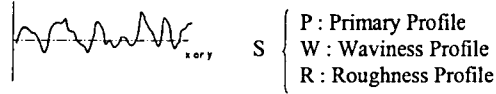
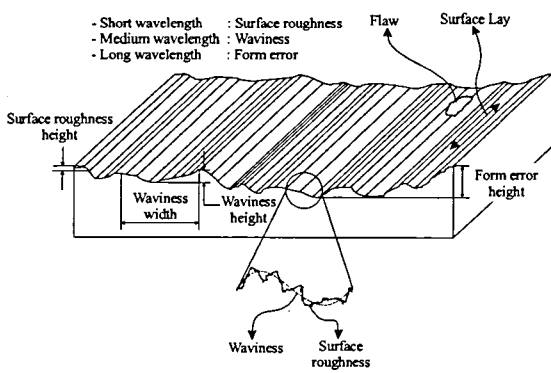
본 논문에서는 비구면 렌즈의 형상측정과 이 데이터를 이용하여 렌즈금형코어에 보정 적용을 함으로, 최종 렌즈형상오차의 성능을 향상시키는 결과를 얻었다. 일반적으로 공학표면(engineering surface)은 공간영역(spatial domain)에서의 파장의 길이에 따라 긴 성분부터 형상오차(Form Error), 파상도(Waviness), 표면거칠기(Surface Roughness)로 구분된다. 금형에 의해 제작되는 비구면 유리렌즈 또는 비구면 플라스틱 렌즈의 경우 표면거칠기 성분은 금형코어 표면이 그대로 전사되어 나타나므로 금형코어 표면의 연마가공으로 해결하여야 할 것이다. 하지만, 형상오차 또는 파상도 성분은 비구면 렌즈 사출 또는 성형과정에서 렌즈 소재의 수축현상에 의해 일반적으로는 큰 값(수 마이크로미터)으로 나타난다. 이러한 형상오차 성분은 안정된 사출 또는 성형된 렌즈의 형상오차를 측정하여 금형코어에 보정함으로써 최종 렌즈의 형상오차를 개선할 수 있으며, 본 논문에서는 레이저 프린터 LSU(Laser Scanning Unit)내의  $f-\theta$  렌즈의 형상오차를 개선한 결과를 얻을 수 있었다.

일반적으로 정밀가공된 제품의 표면은 Fig.1에서 보는 바와 같이 표면거칠기, 파상도, 형상오차로 구분할 수 있다. 표면거칠기는 표면조직의 불규칙성으로 파상도와 형상오차를 배제한 것이며, 절삭공구 또는 연삭휠 입자, 재료 결합 등이 원인이 되는 생산공정의 속성을 나타내는 것으로 측정영역은 수백  $\mu\text{m}$ 이다. 파상도 및 형상오차는 공작물 변형, 진동, 채터, 뒤틀림 변형, 공작기계 이송시스템의 오차 등에 의해 나타나는 것으로 측정영역은 수 mm에서 수백 mm이다. 이러한 표면의 특성을 정량화하여 나타내는 표면인수들을 Table 1에 정리하였다.

Fig.2는 비구면 렌즈의 표면 측정시 요구되는 조건에 따라 측정방법을 분류하여 나타낸 것이다. 측정시 요구되어지는 조건은 공간영역에서의 고분해능, 넓은 측정범위, 2D 측정영역이다. 현재 이러한 3가지 조건을 완벽하게 만족하는 측정기는 없다. 단, 렌즈 보정을 하기 위해 필요로 하는 조건은 공간영역에서의 고분해능과 넓은 측정범위이므로 접촉식 형상측정기가 이러한 조건을 만족한다. 접촉식 측정의 경우 공간영역에서의 측정주기(Sampling Interval)를 수  $\mu\text{m}$ 로 할 수 있으며, 광축방향 측정영역도 약 12mm까지 가능하여 보정용 데이터로 사용하기에 충분하다. 렌즈 보정을 위해서는 이러한 접촉식 측정에 의한 측정데이터를 이용하며, 측정 데이터중 표면거칠기 성분을 제외한 파상도 및 형상오차 성분을 보정데이터로 이용을 한다.

Fig.3은 비구면의 형상 측정시 사용되는 용어를 정리한 것이다. Accuracy는 측정된 형상과 오차근사 비구면의 차를 나타낸 것이며, Figure는 설계 비구면과 오차근사 비구면과의 차이를 나타낸 것이다. Figure 값이 Accuracy 값보다 크게 나타난다.

Fig.4는 코어보정 프로세스를 적용하여 레이저 프린터 LSU(Laser Scanning Unit)내의  $f-\theta$  렌즈의 형상오차를 개선한 결과를 나타낸 것이다.  $f-\theta$  렌즈의 주주사 방향에 있어서, 코어 보정전에는 형상오차가 0.6 $\mu\text{m}$ 이었으나 코어 보정후의 렌즈의 주주사 방향 형상오차는 0.1  $\mu\text{m}$ 로 개선된 것을 알 수 있다.



Term	Definition	Calculation	Use
$S_a$	Arithmetic Mean Deviation of the Surface	$S_a = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N  z(x_i, y_j) $	Roughness of machined surfaces.
$S_q$	Root-Mean-Square Deviation of the Surface	$S_q = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N z^2(x_i, y_j)}$	Finish of optical surfaces.
$S_z$	Ten Point Height of the Surface	$S_z = \frac{\sum_{i=1}^5  z_{a1}  + \sum_{i=1}^5  z_{a2} }{5}$	Provides information on the overall roughness of a surface.
$S_m$	Skewness of Topography Height Distribution	$S_m = \frac{1}{MNS_z^3} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N z^3(x_i, y_j)$	The measure of asymmetry of surface deviation.
$S_{ku}$	Kurtosis of Topography Height Distribution	$S_{ku} = \frac{1}{MNS_z^4} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N z^4(x_i, y_j)$	The measure of the peakness or sharpness of the surface height distribution

Fig.1 Multiscale texture of engineering surface

Table 1 Variables of surface description

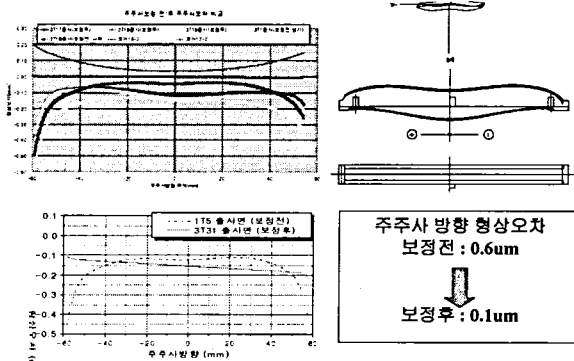
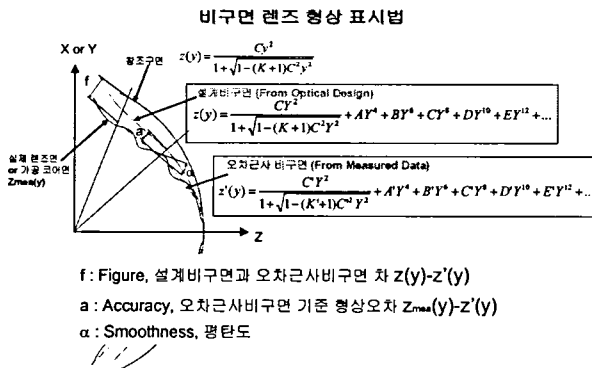


Fig.3 Definition of Machined Aspherical Surface

Fig.4 Core compensation result of f-θ lens in LSU

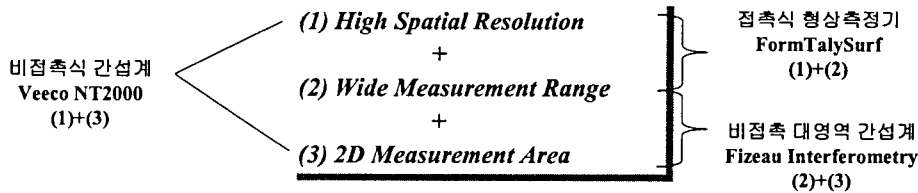


Fig.2 Classification of aspherical surface measurement equipment

[ 참고문헌 ]

[1] D.S.Kim, "Waviness compensation of precision machining by piezoelectric micro cutting device", International Journal of Machine Tools and Manufacture - Design Research and Application, Vol. 38, P. 1305 - 1322(1998)

[2] D.S.Kim, I.C. Chang and S.W. Kim, "Microscopic Topographical Analysis of Tool Vibration Effects on Diamond Turned Optical Surfaces", International Journal of Precision Engineering, Vol.26, Issue 2, P.168-174(2002)

[3] f-θ Lens 표면형상오차와 광학적 성능과의 연관성 분석, 한국정밀공학회, 제18권, pp.90-95 (2001)

