

## 레이저 주사광학계용 F-Theta Lens 개발

김병근, 이경섭\*, 정상화\*\*, 김상석\*\*\*, 김혜정\*\*\*, 김정호\*\*\*  
동신대학교 대학원, \*동신대학교, \*\*조선대학교, \*\*\*한국광기술원

### Development of F-theta lens for Laser Scanning Unit (LSU)

Byeong-Gun Kim, Gyeong Sub Lee\*, Shang-Hwa Jeong\*\*, Sang-Suk Kim\*\*\*, Hye-Jeong Kim\*\*\*, Jeong-Ho Kim\*\*\*  
DongShin Univ Graduate, \*DongShin Univ, \*\*Chosun Univ, \*\*\*KOPTI

**Abstract :** The global consumption of aspheric surfaces will expand rapidly on the Electronics and Optical Components, Information and Communications, Aerospace and Defense, and Medical optics markets etc. We must research on market, technology forecast and analysis of aspheric surfaces that is a principle step of ultra precision machine technology with a base one of optical elements. Especially, F-theta lens is one of the important parts in LSU(Laser scanning unit) because it affects on the optical performance of LSU dominantly. The core is most of important to produce plastic F-theta lens by plastic injection molding method, which is necessary to get the ultra-precision aspheric and non-axisymmetric machine processing technology.

**Key Words :** Laser Scan Unit (LSU), Aspheric Surface, Non-axisymmetric

#### 1. 서 론

비구면 렌즈시장은 전자제품의 기술방향이 종래 Meca-electronic에 Optics가 추가되어 광학 제품화되는 추세에 힘입어 급격한 수요증가가 예측되는 시장으로 광통신용, 의료기기용 Micro 렌즈, Pick-up용, Laser Printer용 Hologram 렌즈, 2초점비구면렌즈, Sensor렌즈, Display용 렌즈 등의 차세대 광학렌즈시장은 IT 산업의 급속한 발전과 더불어 그 응용분야는 매우 다양하여 수요는 폭발적으로 증가할 것으로 예상되는 바 초정밀 가공 및 가공기술의 개발이 시급히 이루어져야 할 것으로 생각된다. 특히 대표적인 OA 기기의 하나인 레이저 빔 프린터(이하 LBP라고 한다)는 컴퓨터 출력기로서 널리 보급되어 왔다. 최근에는 이것이 보급됨에 따라 LBP에 대한 소형화, 저가격화의 요구가 한층 심해져 가고있고, 핵심부품인 광학계의 형태로 발전하고 있다. 따라서 비축대칭 비구면 광학계를 사용함으로써 광학계가 소형, 경량으로 되며 광학계의 취부조정이 용이할 뿐만 아니라 상의 뒤를림이 작아진다는 잇점이 생기기 때문에 최근의 비구면화의 움직임이 새로이 전개 되어지고 있고, 광학성능을 향상시키기 위해 많은 연구개발이 이루어지고 있으며, 이들에 대응하기 위해 LBP 내부의 광학부품에 대해서도 고정밀도화, 형상의 다양화 등이 강력히 요구되고 있다.

특히 자동차의 엔진과 같이 레이저 프린터의 핵심부품 중 하나인 레이저 주사광학계(LSU:Laser Scanning Unit)는 LD 모듈, 실린더 렌즈, 회전다면경, 주사광학계로 구성되어 있다. 이중 특히 F-theta 렌즈는 주사광학계 LSU의 핵심광부품이며, 레이저 프린트의 성능을 좌우하는 중요한 역할을 하는 광학렌즈로서 광학계의 소형, 경량화를 위해서는 렌즈의 매수가 점점 삭감하는 추세이며, 2~3매의 F-theta 렌즈에서 1매 구성의 렌즈로 바뀌고 있는

실정이다. 본 연구에서는 초정밀 가공을 이용하여 LBP와 디지털 복사기에 채택되고 있는 레이저 주사광학계(LSU)의 핵심 부품인 F-theta 렌즈를 사출할 수 있는 자유곡면 형상을 지닌 F-theta 렌즈 코어를 제작하여 측정, 평가하고자 한다.

#### 2. 실 헴

금형가공 및 사출성형의 기술의 발달로 정밀한 플라스틱 비구면렌즈를 저가격으로도 대량생산 할 수 있게 되었고, 이에 따라 비구면의 사용도 점점 확대되어가고 있다. 이러한 사출성형에 의한 비구면 광학부품의 제조에 있어서 가장 핵심은 성형/사출을 위한 비구면 렌즈 코어의 초정밀 가공 및 형상측정 기술개발이다.

본 연구개발에서는 주사광학계 F-theta 렌즈의 코어를 가공하기 위하여 한국광기술원 초정밀가공팀에 구축되어진 초정밀자유곡면가공기(일 !, Nachi사 ASP-30)를 이용하였다. 이 가공기는 3축 직교슬라이드와 주축을 갖추고 동시 3축 제어에 의해서 자유곡면 가공이 가능한 초정밀 가공기이다. 초정밀가공기는 크린룸(Class 1,000)의 향은 실 내에 설치되어져 환경온도를 22±0.1℃로 일정하게 유지하고 진동에 의한 영향을 피하기 위하여 특수 설계된 제진대 위에 설치하였다.

일반적으로 F-theta 렌즈와 같은 자유곡면(비축 비대칭 비구면) 가공 방법은 공작물 형상이 축회전 대칭이 아니므로 공작물을 회전시켜서 가공하는 것이 곤란하다. 따라서 공작물은 구동시키지 않고 회전공구를 3차원 곡면에 따라서 이동시키는 것에 의해 요구하는 형상을 만든다. 즉, 좌우 방향의 이동되는 X축과 공구의 절입 방향의 이동을 하는 Z축에 의해 가공된다. 임의 한 단면을 가공한 후 Y축을 일정량만큼 이동시켜 새로운 X, Z축의 동시 2

축 제어에 의해 다음의 단면을 가공하는 것을 반복한다.

이것을 전면에서 반복함으로써 가공 정밀도 향상을 높이기 되며 희망하는 표면 거칠기를 얻을 수 있다.

비구면 렌즈의 측정에 관하여서는 일반적으로 알려진 방법은 없고 각각의 목적별로 필요에 따라 측정기 및 측정방법을 개발해 사용한다. 비구면의 경우 Rank Taylor Hopson사의 Form-TalySurf(FTS)라는 장비를 사용하여 비구면의 형상을 측정하는 것이 가장 일반적인 경우이다. 그러나 주사광학계 F-theta 렌즈와 같은 비축 비대칭 비구면의 형상 측정은 Form-TalySurf(FTS) 장비로는 측정보조기구물이 필요로 하는 등의 측정에 어려움이 따른다.

본 연구에서는 그림 1에 나타난 한국광기술원 초정밀 가공팀이 보유하고 있는 초정밀자유곡면가공기(일본, Nachi사 ASP-30)를 이용하여 F-theta Lens Core를 가공하였으며 3차원 형상 측정 장비(일본 마쯔시타(松下) UA3P)를 사용하여 비축 비대칭 비구면의 형상 측정을 수행하였다

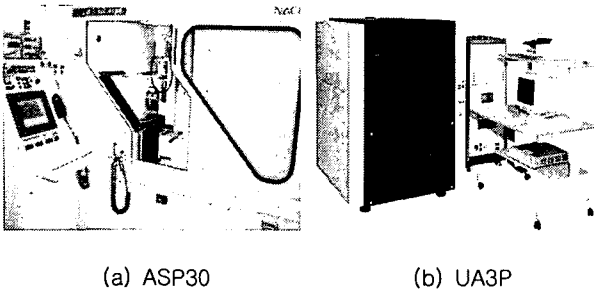


그림 1. 초정밀자유곡면가공기(일본, Nachi ASP-30), 3차원 형상측정기(일본 마쯔시타(松下) UA3P)

### 3. 결과 및 검토

일반적으로 주사광학계 F-theta 렌즈용 코어 제작은 비구면 설계 → 1차 가공(Stavax) → 초정밀 F/C 가공 → 비구면 형상 측정 → 금형조립 → 사출성형 → 완제품의 공정으로 이루어진다.

그림 2, 3에 본 연구에서 기술 개발한 주사광학계 F-theta 렌즈용 코어 완성품과 UA3P를 이용한 측정결과를 나타낸다.

본 연구에서는 그림 3에 나타난 바와 같이 최종 정삭 가공을 통해 P-V 0.179um(X축), 0.184(Y축)를 얻어낼 수 있었으며, 이는 F-theta lens 양산용 금형코어 규격에 만족한 값이다. 이러한 측정값은 자유곡면가공기내 기상계측기를 통해 측정된 값으로서 이 값에 대한 최종검증을 위해 한국광기술원에서 보유하고 있는 시형인증용 3차원 형상측정기(UA3P, Panasonic 社)을 이용하여 코어를 측정하고 기상계측기의 결과와 비교하였다. UA3P를 이용한 F-theta lens 코어 측정 결과, 가공 후 측정값과 크게 차이가 없음을 알 수 있다.

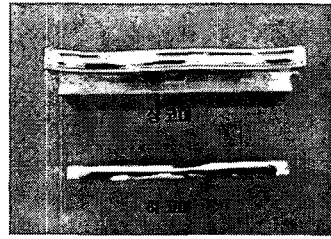


그림 2. 주사광학계 F-theta 렌즈용 금형 (상·하 Core)

이러한 F-theta lens 코어의 가공결과는 광학 설계적인 관점에서 볼 때 F-theta 렌즈의 형상오차는 약 0.2 μm 이하를 만족하고 있으며 설계 허용한도는 현재의 가공 및 사출성형 기술로서 충분히 달성 할 수 있는 수준임을 본 연구를 통하여 알 수 있었다. 또한, 본 연구를 통해 개발되어진 F-theta lens 코어는 실제 레이저프린터에 사용될 수 있는 F-theta lens 양산이 가능하며, 국내 전문양 산업체에서 실제 제품화되고 있다.

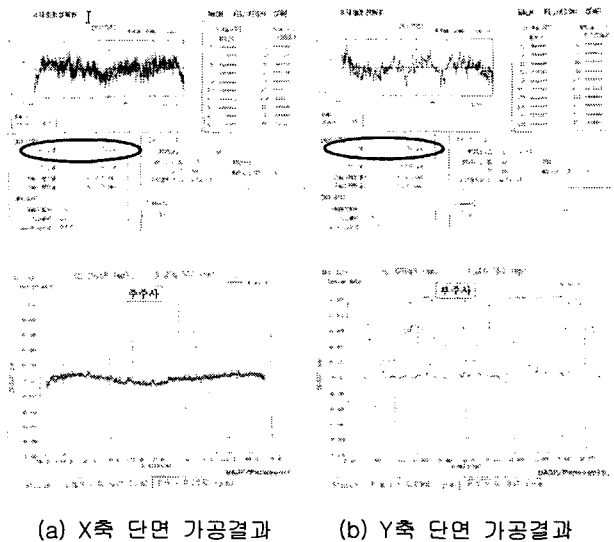


그림 3. F-theta lens core 정삭가공 결과

### 4. 결론

본 연구에서는 초정밀 가공을 이용하여 LBP와 디지털 복사기에 채택되고 있는 레이저 주사광학계(LSU)의 핵심 부품인 F-theta 렌즈코어의 초정밀가공 및 자유곡면 형상을 측정하고, 가공 완료된 코어를 이용하여 실제 사출한 플라스틱 F-theta 렌즈를 양산에 적용함으로써 주사광학계(LSU: Laser Scanning Unit) F-theta 렌즈의 국내 양산기술에 큰 밑거름이 되었다.

### 참고 문헌

[1] 西澤鉉一, OPTRONICS 10, 131, 1995.  
 [2] 中井武彦, OPTRONICS 4, 111, 1995.  
 bao, J. Inorg. Mater. Vol 12, p. 231, 1997.