

## 초정밀 가공기를 이용한 LSU\_CL 코어 가공에 관한 연구

정상화(조선대 기계공학과), 차경래(조선대 대학원), 김현욱(조선대 대학원),  
이봉주\*(조선대 대학원)

### A Study on the Ultra Precision Grinding Characteristics of Tungsten Carbide-base LCU\_CL Core

S. H. Jeong(Mech. Eng. Dept., CSU), K. R. Cha(Grad. CSU), H. U. Kim(Grad. CSU),  
B. J. Lee\*(Grad. CSU)

#### ABSTRACT

As the various manufacturing technology of optical glass is developed, the aspherical lenses are applied to many fields. However, It is still very difficult to manufacture glass lens because of the high cost and the short life of core. In recent years, the demands of the aspherical glass lenses increase since it is difficult to obtain the desirable performance in the plastic lens. In the glass mold lens, it has merits of high productivity and reproductivity since lens is manufactured by the only forming with high precision mold. The fabricating conditions for glass mold lens are glass surface that does not cause fusion, viscosity of 108-1013 poise for the 0.2  $\mu\text{m}$  accuracy, and viscoelasticity for the roughness less than 100 angstrom. In this paper, ultra-precision grinding characteristics of tungsten carbide for forming the aspherical glass lens core were studied and the result of it is applied to manufacture the tungsten carbide-base cores of the glass lens used to the laser scanning unit and the camera phone.

**Key Words** : Aspherical Lens(비구면 렌즈), Glass Mold(글라스 성형), Waviness(형상정도), Surface Roughness(표면거칠기), LSU\_CL(Laser Scanning Unit Collimator Lens)

#### 1. 서론

초정밀 가공기는 단결정 천연 다이아몬드 바이트와 다이아몬드 휠을 사용하여 초정밀 부품을 가공하는 공작기계로서 주로 초정밀 광학 렌즈 가공이나 초정밀 방위, 우주항공산업 관련부품을 가공하는데 이용되며 또한 컴퓨터 하드디스크용 알루미늄이나 레이저 장비용 구리와 같은 비철금속 부품을 가공하는데 이용되고 있다.<sup>1</sup>

70년대 중반 초정밀 가공기술이 등장한 이래 특히 초정밀 광학 부품의 가공에 있어서 생산비용의 절감 및 가공의 정밀도 분야에 많은 기술 개발이 진행되어 왔다.<sup>2</sup> 최근 Glass Lens의 경우 다양한 제조공정의 급속한 발달로 비구면 렌즈가 다양한 분야에 사용되고 있으며 고성능 카메라폰의 수요가 증가하면서 Glass Lens의 수요도 증가하고 있다. 그러나 아

직은 제조 원가가 비싸고, 금형 수명이 짧으며 광학 유리의 제조업체가 아닌 경우는 접근하기가 어려운 단점이 있으나 최근 플라스틱 렌즈만으로는 원하는 광학적 성능을 얻기 힘들기 때문에 비구면 글라스에 대한 요구가 증가하고 있다.<sup>3</sup> 글라스 몰드 렌즈는 고정밀 몰드를 사용하면 성형만으로 렌즈가 만들어지기 때문에 제조시간이 많이 단축되며, 고도의 재현성을 갖고 비구면 생산이 가능한 장점을 가지고 있다. 글라스 몰드 렌즈에 요구되는 가공 조건으로는 금형표면과 용착 반응이 일어나지 않는 글라스 조성, 형상의 고정밀도 P-V 0.2  $\mu\text{m}$  정도를 실현하기 위한 점도특성 108~1013 Poise이며, 표면 거칠기 Ra 10 nm 이내를 위한 점탄성을 가져야 한다.

본 연구에서 이러한 초정밀금의 초정밀 가공특성을 파악하고 그 데이터를 기준으로 레이저 스캐닝 유닛에 사용되는 글라스 렌즈 성형용 초경합금 코어

의 제작에 적용하였다. 이를 위해 글라스 렌즈 성형용 초경합금 코어를 가공하기 위한 정밀 지그 및 공구를 설계·제작하였으며, 초정밀 연삭특성의 연구를 통하여 구축된 초경합금의 초정밀가공 데이터베이스를 이용하여 LSU\_CL 코어의 초정밀 보정가공을 수행하였다.

## 2 Laser Scanning Unit Collimator Lens (LSU\_CL) 코어 가공 및 측정

LSU\_CL 코어의 가공 요구 정밀도는 표면 거칠기가 Ra 10 nm, 형상정밀도 P-V 0.2  $\mu\text{m}$ 이하의 정밀도를 요구한다. 코어의 비구면형상가공은 일차적으로는 비구면 가공프로그램(NA-CAM)을 이용하여 NC 프로그램을 작성하고, 최적곡률 반경(Optimum Radius)을 찾아 구면을 가공한 후 비구면 프로그램을 이용하여 초정밀 가공을 수행하였다. Table. 1은 앞 절에서 실험을 통해 구한 초경합금의 초정밀 최적 연삭조건이며, Fig. 1은 LSU\_CL 코어의 초정밀가공 사진이다.

Table. 1 Best Cutting Condition.

Material	WC(FB01)
Diamond Wheel	# 2000
Spindle Speed	350 rpm
Turbine Speed	35000 rpm
Feed Rate	0.5 mm/min
Depth of Cut	0.5 $\mu\text{m}$

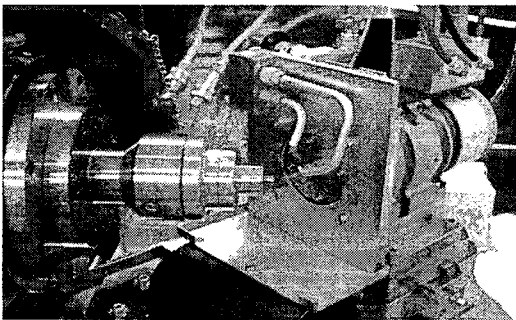
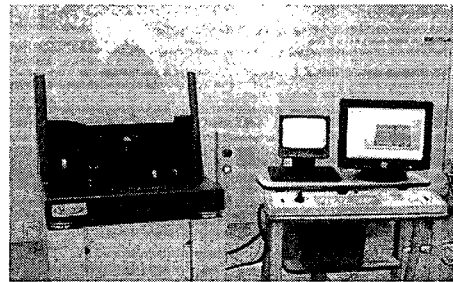


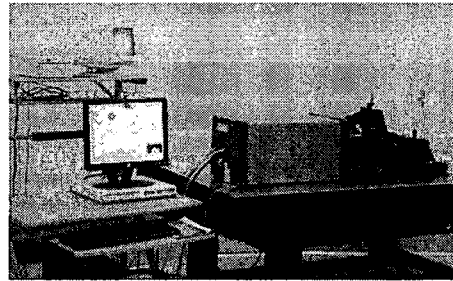
Fig. 1 Ultra Precision Grinding Process of LSU\_CL

Fig. 2는 가공정도 측정 및 평가를 위해 사용된 초정밀 계측기이다. Fig. 2(a)는 표면 거칠기 측정장비(NT3300, Veeco社)로써 초정밀 가공부품의 미세한 표면 형상을 비접촉식으로 광간섭의 원리를 이용, 확대해서 표면 거칠기 및 국부 현상을 측정하는 장비이다. Fig. 2(b)는 표면 형상 정도를 측정하는 장비(GPI-XP Interferometer, Zygo社)로써 피에조 타입 간섭계를 사용하며, 광학적 오차를 가지고 있지 않으며, He-Ne 저출력 Laser(632.8 nm)를 사용한다. Fig.

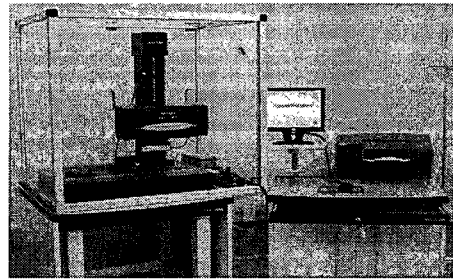
2(c)는 접촉식 프로브 시스템 방식을 이용한 비구면형상 측정장비(Form Talysurf PGI 1240, Taylor Hobson社)로써 미세한 촉침으로 표면을 긁어서 표면을 측정한다. Table. 1은 각각의 초정밀 계측기의 주요 사양을 나타낸다.



(a) NT 3300



(b) GPI-XP Interferometer



(c) Form Talysurf PGI 1240

Fig. 2 Data Acquisition and Analysis System

Table 1 System Specification

NT3300, Veeco
-Vertical Resolution : 0.1 nm
-Lateral Resolution : 0.64 ~ 11.8 $\mu\text{m}$
-Stitching Measurement Range : 100mm? 00mm
- Objective : 10? 50? 100
Laser Interferometer GPI-XP 4", Zygo
-4 Inch(100 mm)Interferometer System
-Wave Length : 632.8 nm
-Resolution : $\lambda/6000$
-Transmission Sphere : f/0.65, f/1.5
Form Talysurf PGI 1240, Taylor Hobson
-Resolution : 0.8 nm /10 mm
-Data Resolution: 0.25 $\mu\text{m}$
-Standard Stylus: 1.5 - 2.5 $\mu\text{m}$ radius

Fig. 3은 비접촉식 표면 거칠기 측정기(NT3300, Veeco社)를 이용하여 초정밀 가공한 코어의 조도를 측정된 결과이다. 다이아몬드 휠 #2000, 주축 회전속도 350 rpm, 터빈 회전속도 35000 rpm, 이송속도 0.5 mm/min, 절삭 깊이 0.5  $\mu\text{m}$ 로 가공한 표면의 측정결과 Ra 1.53 nm값을 나타낸다. 또한, 가공면의 비구면 형상 오차를 측정하였다. Fig. 4(a)는 LSU\_CL Upper 코어를 가공후 Zygo社의 GPI-XP를 이용하여 측정된 결과이며, Fig. 4(b)는 LSU\_CL Low 코어를 가공 후 FTS를 이용하여 형상측정한 결과를 나타낸다.

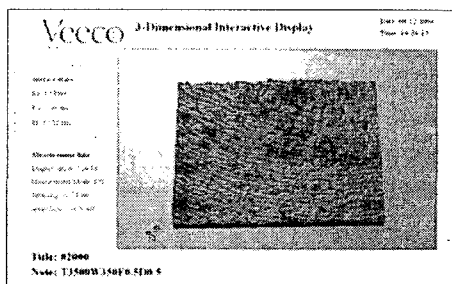
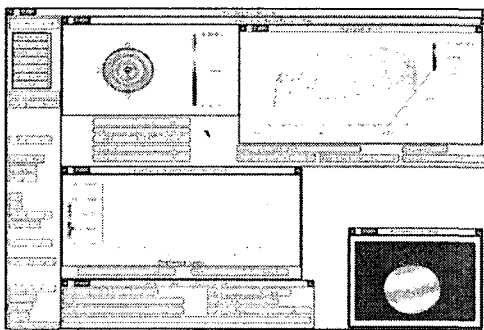
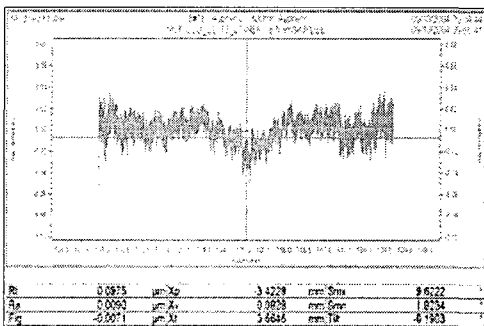


Fig. 3 Measurement result of surface roughness.



a) Upper Core P-V 0.134  $\mu\text{m}$

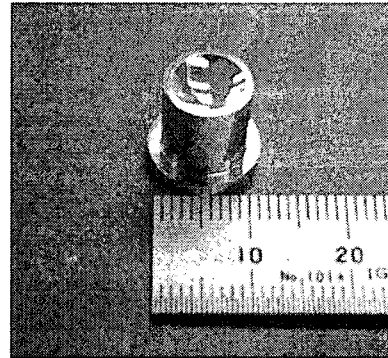


b) Low Core P-V 0.0975  $\mu\text{m}$

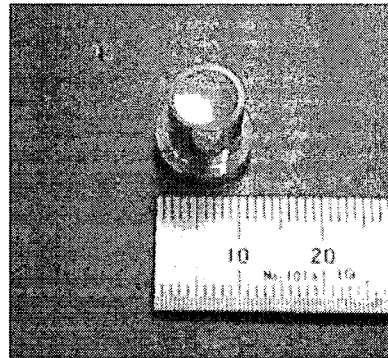
Fig. 4 Measurement Result of Form Error.

Fig. 4에 나타나 바와 같이 LSU\_CL 코어의 가공 결과 요구되는 정밀도인 표면 거칠기 Ra 10 nm, 형상

정도 P-V 0.2  $\mu\text{m}$ 이하를 충분히 만족하는 Ra 1.53 nm. Low core P-V 0.0975  $\mu\text{m}$ . Upper core P-V 0.134  $\mu\text{m}$ 의 정밀도로 가공되었다. Fig. 5는 LSU\_CL 코어의 실제 가공 제품을 나타낸다.



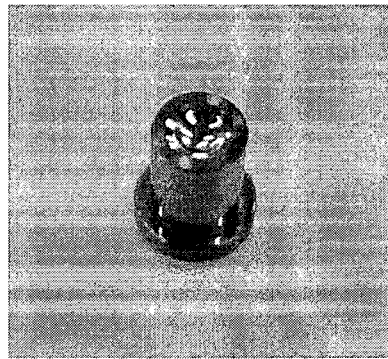
a) Low core



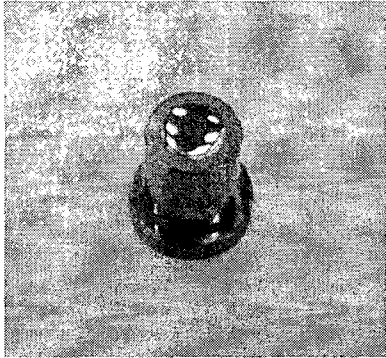
b) Upper core

Fig. 5 LSU\_CL core

Fig. 6은 앞 절에서 구한 초정밀 가공 데이터베이스를 기초로 하여 황삭, 정삭 가공과 보정가공을 실시한 카메라 코어의 실제 사진을 보여주고 있다. Fig. 7(a)는 실제로 가공한 카메라 상측코어 비구면의 형상 측정(F.T.S) 결과이며 측정치는 PV 0.1252  $\mu\text{m}$ 이다. Fig. 7(b)는 카메라 하측코어 비구면의 형상 측정(F.T.S) 결과 Rt 0.2397  $\mu\text{m}$ 을 얻을 수 있었다.

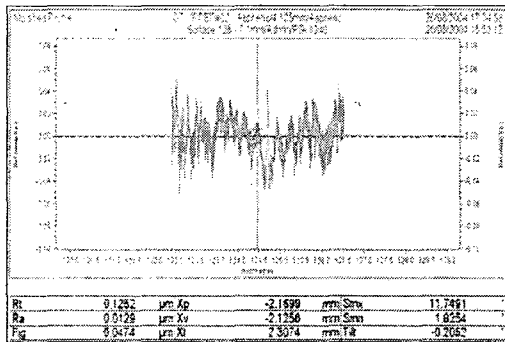


(a) Camera Low core

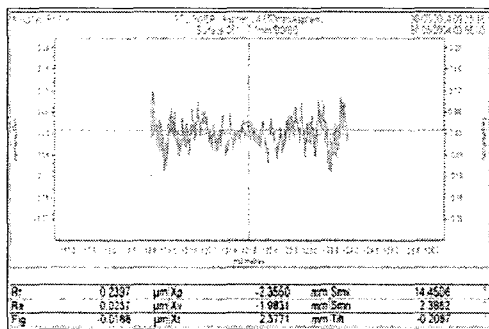


(b) Camera Upper core

Fig. 4-15 Photograph of Camera core



(a) Form measurement of upper core (asphere)



(b) Form measurement of low core (asphere)

Fig. 4-16 Result of surface measurement camera

### 3. 결론

본 연구에서는, 초경합금의 초정밀 가공 특성을 파악하기 위하여 다이아몬드 휠의 메시, 주축 회전 속도, 터빈 회전 속도, 이송 속도 및 연삭 깊이에 따른 표면 거칠기를 측정하여 최적 연삭조건을 규명하였으며, 이러한 초경합금의 초정밀 가공 조건을 바탕

으로 LSU\_CL코어의 초정밀 보정 가공을 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

다이아몬드 휠의 메시에 따른 표면 거칠기 평가에서는 다이아몬드 휠의 메시가 #2000에서 가장 양호한 표면 거칠기 Ra 1.53 nm를 얻을 수 있었으며, 다이아몬드 휠의 메시가 가장 큰 #500 다이아몬드 휠의 경우 표면 거칠기가 높게 나타났지만 연삭성은 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

LSU\_CL 코어의 초정밀 가공 결과 가공면은 표면 거칠기 Ra 1.53 nm, 형상정밀도는 Low core P-V 0.0975 μm, Upper core P-V 0.134 μm 로써 요구정밀도의 요구 조건 이내로 제작하였다

카메라 코어의 가공 결과는 카메라 상측코어 비구면의 형상 측정(F.T.S) 결과는 PV 0.1252 μm 이다. 카메라 하측코어 비구면의 형상 측정(F.T.S) 결과 Rt 0.2397 μm을 얻을 수 있었다.

### 참고문헌

1. Junyi Yu and Jiwang Yan "Ultraprecision diamond turning of optical crystals." SPIE, Vol 1994/5
2. T. Moriwaki and K. Okuda, "Machinability of Copper in Ultra-Precision Micro Diamond Cutting," Ann. CIRP, Vol 38, pp. 115-118, 1989.
3. 辻郷康生 : 다이아몬드 지석을 이용한 경취 재료의 연삭, 현장에 도움이 되는 경취 재료의 정밀 가공, 텍스트, 정밀 공학회(1993) P64
4. 성철현, 김형철, 김기수, 알루미늄 합금의 고속 연삭에 있어서 표면 거칠기 특성" 정밀공학회지 제 16권 Vol. 16. No7. pp. 94~100 1999