

논문 20-9-12

## 성형용 초경합금(WC) 코어면의 Re-Ir 코팅이 형상정도와 표면조도에 미치는 영향에 관한 연구

### A Study on Influence of PV and Ra with Re-Ir Coating of WC Core Surface for Glass Molding Lens

김현욱<sup>1</sup>, 김상석<sup>1</sup>, 김혜정<sup>1</sup>, 김정호<sup>1,a</sup>

(Hyun Uk Kim<sup>1</sup>, Sang Suk Kim<sup>1</sup>, Hye Jeong Kim<sup>1</sup>, and Jeong Ho Kim<sup>1,a</sup>)

#### Abstract

Aspheric glass lens have recently been used in camera phone module because they are more effective than spherical ones. In this paper, the grinding condition of the tungsten carbide molding core has been found after applying DOE to the development of the aspheric glass lens for the 3 Megapixel and 2.5x camera-phone module. Also, the ultra precision grinding process was investigated under this condition by experiment. Re-Ir coating was applied on the ground surface of the tungsten carbide molding core. The influence of Re-Ir coating on the form accuracy and surface roughness of molding core was compared and evaluated. The form accuracy and surface roughness of the molding core were improved by application of Re-Ir coating on the surface of the tungsten carbide molding core.

**Key Words** : Rhenium-Iridium(Re-Ir), Molding core, Micro lens processing machine(ASP01), Tungsten carbide(WC)

#### 1. 서론

최근 비구면 Glass렌즈는 구면렌즈에서 해결이 어려운 결상저해요소(구면수차, 왜곡수차 등)를 극소화하거나 제거할 수 있는 장점으로 인하여 광학계에서 사용빈도가 점점 높아지고 있는 실정이다. 이러한 비구면 Glass렌즈는 초경합금 성형용 코어를 이용한 고온 압축 성형방식으로 제작되기 때문에 성형용 코어의 초정밀 연삭가공 및 코어면 코팅기술 개발이 시급한 상황이다[1-3].

특히, 최근 비구면 Glass렌즈 성형분야에서 성형용 초경합금 코어면의 Rhenium-Iridium(Re-Ir) 코팅은 성형공정 시 Glass렌즈와 성형용 코어와의 이형성 향상 및 성형용 코어 수명향상을 위해 주목받고 있는 기술 분야이다. Re-Ir 코팅은 고경도,

고탄성, 내마모성, 화학적 안정성을 가지기 때문에 다양한 분야에서 많은 연구가 이루어지고 있으며, 산업분야에서 광범위하게 적용되고 있다[4,5].

본 논문에서는 비구면 Glass렌즈 성형용 코어면 Re-Ir코팅이 코어면의 형상정도(PV)와 표면조도(Ra)에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 실험계획법을 적용하여 성형용 초경합금 코어의 연삭가공조건을 구하고, 이를 활용하여 3 Megapixel, 2.5배 Zoom 카메라폰 모듈용 비구면 Glass렌즈 성형용 초경합금 코어의 초정밀 연삭가공을 수행하였다. 가공 완료된 성형용 코어의 가공면에 DC magnetic sputter법을 이용하여 Re-Ir 코팅을 수행, 측정을 통하여 Re-Ir 코팅이 성형용 코어의 형상정도와 표면조도에 미치는 영향을 평가하였다.

1. 한국광기술원 초정밀광학팀

(광주시 북구 월출동 971-35)

a. Corresponding Author : kimjh@kopti.re.kr

접수일자 : 2007. 8. 3

1차 심사 : 2007. 8. 20

심사완료 : 2007. 8. 24

#### 2. 실험장치 및 방법

##### 2.1 실험장치

본 연구에서는 비구면 Glass렌즈 성형용 초경합금

코어 가공을 위해 초정밀 연삭가공이 가능한 초정밀가공기(ASP01, Nachi-Fujikoshi Co., Japan)를 사용하여 실험을 수행 하였다. 초정밀가공기는 2개의 유정압 슬라이드(X, Z축)가 직교 형태로 구동하는 3축 가공기로서 유정압 베어링에 의해 구동되는 B축 Rotary table에 공기 터빈 스피들이 장착되어 비구면 연삭가공이 가능한 초정밀가공기이다. 안내면의 위치정밀도는 1 nm의 정도를 가지며, 최대 가공 직경 150 mm의 공작물 가공이 가능하다. 안내면의 구동은 AC servo motor에 의해 구동된다. 초정밀가공기는 클린룸(Class 10,000)의 항온실 내에 설치되어져 환경온도를 22±1 °C로 일정하게 유지하고, 진동에 의한 영향을 피하기 위하여 특수 설계된 제진대 위에 설치하였다.

초정밀가공기를 사용하여 가공 완료된 성형용 코어의 형상정도 및 표면조도 향상을 위해 비구면 폴리싱 가공기(KRP-2200F, Kuroda Co., Japan)를 사용하여 폴리싱가공을 수행하였다. 그림 1은 초정밀가공기와 비구면 폴리싱가공기를 각각 나타낸다.

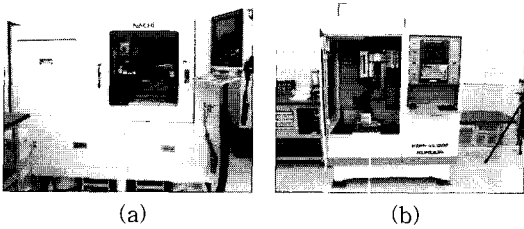


그림 1. (a) 초정밀가공기 (b) 비구면 폴리싱가공기.  
Fig. 1. (a) Micro lens processing machine, (b) Aspheric polishing machine.

초정밀 연삭가공되어진 성형용 코어의 가공면에 DC magnetic sputter법으로 Re-Ir 코팅(ATS-PVD, A-Tech Co., Korea)을 수행하였다.

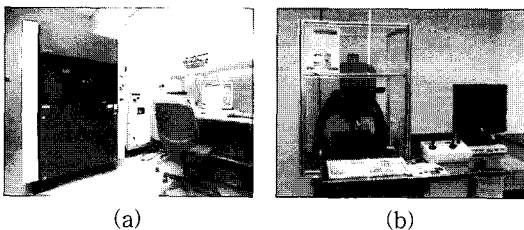


그림 2. (a) 형상정도 측정기, (b) 표면조도 측정 장비.  
Fig. 2. (a) Ultra high accurate 3-D profilometer, (b) Aspheric surface measurement system.

비구면 성형용 코어면의 형상정도(PV) 측정은 초정밀 자유곡면 3-D 형상 측정기(UA3P, Panasonic Co., Japan)를 사용하였으며, 표면조도(Ra)는 3차원 표면조도 측정기(NewView5000, Zygo Co., USA)를 사용하였다[6,7]. 그림 2는 초정밀 자유곡면 3-D 측정기와 3차원 표면조도 측정기를 각각 나타낸다.

## 2.2 실험방법

본 연구에서는 실험계획법(Design of Experiments; DOE)을 적용하여 Glass렌즈 성형용 초경합금 코어의 초정밀 연삭가공조건을 구하였다[8]. 성형용 코어의 재료는 Tungsten carbide(WC, Co 0.5 %)이고, 연삭가공에 사용된 Tool은 다이아몬드 휠 #2,000을 사용하였다. 특성치는 초정밀 가공 후의 표면조도(Ra)값으로 하였으며, 연삭깊이, 이송속도, 주축회전속도 및 터빈회전속도 등을 인자로 2수준 일부실시요인배치법(2<sup>4</sup>)을 적용하여 초정밀 연삭가공을 수행하였다. 초정밀 연삭가공 후의 표면조도 측정결과는 실험계획법 상용프로그램인 MINITAB을 이용하여 분석하였다. 표 1은 2수준 일부실시요인배치법(2<sup>4</sup>)에 사용된 수준과 인자를 나타낸다.

표 1. 실험계획법 실험조건.

Table 1. Basic set of experiment conditions.

|                             | Low Level | High Level |
|-----------------------------|-----------|------------|
| Turbine spindle speed (rpm) | 30,000    | 40,000     |
| Work spindle speed (rpm)    | 200       | 300        |
| Feedrate (mm/min)           | 0.25      | 1.5        |
| Depth of cut (μm)           | 0.1       | 1.0        |

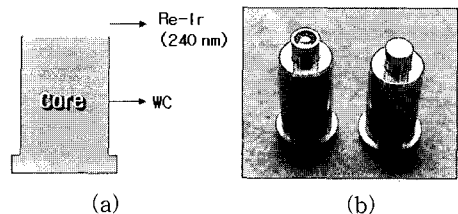


그림 3. (a) 성형용 코어 Re-Ir 코팅막 구조, (b) Re-Ir 코팅 코어.

Fig. 3. (a) Re-Ir coating film structure of molding core, (b) Re-Ir coated molding core.

실험계획법을 적용하여 구한 연삭가공조건을 활용하여 비구면 Glass렌즈 성형용 초경합금 코어의

초정밀 연삭가공을 수행하고 가공 완료된 성형용 코어의 가공면 위에 DC magnetic sputter법을 사용하여 Re-Ir(240 nm) 코팅을 수행한 후, 코팅 전후 성형용 코어의 형상정도와 표면조도를 각각 측정하였다. 그림 3은 성형용 초경코어 Re-Ir 코팅막 구조와 코팅된 성형용 코어를 나타낸다.

### 3. 실험결과 및 고찰

실험계획법을 적용하여 Glass렌즈 성형용 초경합금 코어의 연삭가공조건을 구하였다. 표 2는 각 인자에 따른 성형용 코어 연삭가공조건을 나타낸다.

표 2. 성형용 초경합금 코어 연삭가공조건.

Table 2. Grinding conditions of tungsten carbide (WC) molding core.

| Material                       | Tungsten Carbide(WC) |
|--------------------------------|----------------------|
| Diamond wheel mesh             | # 2,000              |
| Turbine spindle speed (rpm)    | 30,000               |
| Work spindle speed (rpm)       | 300                  |
| Feedrate (mm/min)              | 0.25                 |
| Depth of cut ( $\mu\text{m}$ ) | 0.1                  |

연삭가공조건을 활용하여 초정밀 연삭가공한 성형용 코어를 초정밀 자유곡면 3-D 측정기와 3차원 표면조도 측정기로 측정한 결과 형상정도 0.153  $\mu\text{m}$  (비구면)와 0.105  $\mu\text{m}$ (평면), 표면조도 3.5 nm(비구면)과 2.0 nm(평면)의 결과를 얻었다. 그림 4는 Re-Ir 코팅 전 평면 성형용 코어의 형상정도 및 표면조도 측정결과를 나타낸다.

초정밀 연삭가공을 수행한 성형용 초경코어의 가공면에 DC magnetic sputter법을 활용하여 Re-Ir 코팅을 수행한 후 성형용 코어를 초정밀 자유곡면 3-D 측정기와 3차원 표면조도 측정기로 측정한 결과 형상정도 0.149  $\mu\text{m}$ (비구면)와 0.097  $\mu\text{m}$  (평면), 표면조도 3.0 nm(비구면)와 1.8 nm(평면)의 결과를 얻었다. 그림 5는 Re-Ir 코팅 후 평면 성형용 코어의 형상정도 0.149  $\mu\text{m}$ (비구면)와 0.097  $\mu\text{m}$  (평면) 및 표면조도 3.0 nm(비구면)와 1.8 nm(평면)에 대한 측정결과를 나타낸다.

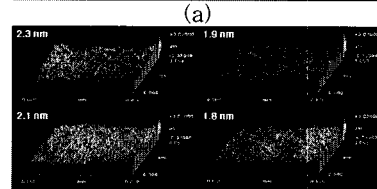
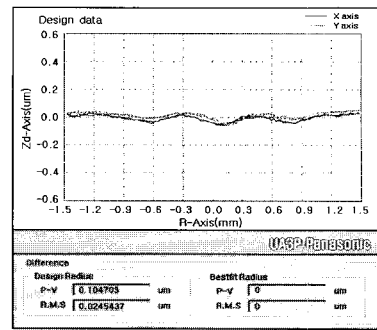


그림 4. Re-Ir 코팅 전 성형용 코어 측정결과; (a) 성형용 평면코어 형상정도, (b) 성형용 평면코어 표면조도.

Fig. 4. Measurement results of non coated molding core; (a) Form accuracy of plane molding core, (b) Surface roughness of plane molding core.

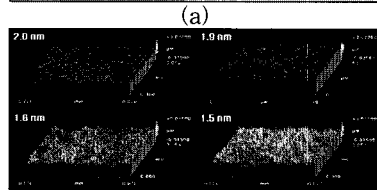
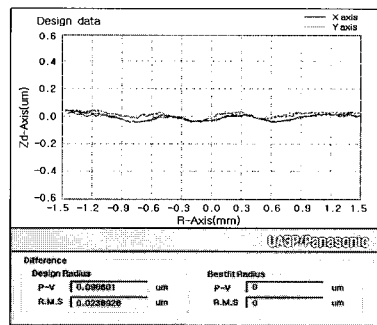


그림 5. Re-Ir 코팅 후 성형용 코어 측정결과; (a) 성형용 평면코어 형상정도, (b) 성형용 평면코어 표면조도.

Fig. 5. Measurement results of Re-Ir coated molding core; (a) Form accuracy of plane molding core, (b) Surface roughness of plane molding core.

Re-Ir 코팅 전후 측정결과 성형용 비구면 코어 형상정도는 0.153  $\mu\text{m}$ 에서 0.149  $\mu\text{m}$ 로 0.004  $\mu\text{m}$ , 표면조도는 3.5 nm에서 3.0 nm로 5 nm가 향상됨을 알 수 있었다. 또한, 성형용 평면 코어 형상정도는 0.105  $\mu\text{m}$ 에서 0.097  $\mu\text{m}$ 로 0.008  $\mu\text{m}$ , 표면조도는 2.0 nm에서 1.8 nm로 2 nm가 향상됨을 알 수 있었다. 표 3은 성형용 코어의 Re-Ir 코팅 전후 측정결과를 비교하여 나타낸다.

**표 3.** 성형코어의 Re-Ir 코팅 전후 측정결과.  
**Table 3.** Comparison results of non coated molding core and Re-Ir coated molding core.

|                           | Form accuracy<br>: PV( $\mu\text{m}$ ) |       | Surface roughness<br>: Ra(nm) |       |
|---------------------------|--|-------|-------------------------------|-------|
|                           | Aspheric                               | Plane | Aspheric                      | Plane |
| Non coated molding core   | 0.153                                  | 0.105 | 3.5                           | 2.0   |
| Re-Ir coated molding core | 0.149                                  | 0.097 | 3.0                           | 1.8   |

#### 4. 결 론

본 연구에서는 비구면 Glass렌즈 성형용 코어면 Re-Ir 코팅이 성형용 코어면과 성형된 비구면 Glass렌즈의 형상정도(PV)와 표면조도(Ra)에 미치는 영향을 파악하기 위하여 다음과 같은 실험을 수행하였다. 실험계획법을 적용하여 성형용 초경합금 코어의 연삭가공조건을 구하고, 이를 활용하여 3 Megapixel, 2.5배 Zoom 카메라폰 모듈용 비구면 Glass렌즈 성형용 초경합금 코어의 초정밀 연삭가공을 수행하였다. 가공 완료된 성형용 코어의 가공면에 DC magnetic sputter법을 이용하여 Re-Ir 코팅을 수행, 측정을 통하여 Re-Ir 코팅이 성형용 코어의 형상정도와 표면조도에 미치는 영향을 평가하였다.

성형용 초경코어면의 초정밀 연삭가공결과 형상정도는 0.153  $\mu\text{m}$ (비구면)와 0.105  $\mu\text{m}$ (평면), 표면조도는 3.5 nm(비구면)와 2.0 nm(평면)인 반면, Re-Ir 코팅을 수행한 성형용 코어의 형상정도는 0.149  $\mu\text{m}$ (비구면)와 0.097  $\mu\text{m}$ (평면), 표면조도(Ra)는 3.0 nm(비구면)와 1.8 nm(평면)로 Re-Ir 코팅으로 인해 성형용 초경합금 코어의 형상정도(PV) 및 표면조도(Ra)가 향상됨을 알 수 있었다.

이상의 연구결과를 통하여 성형용 초경코어면의

Re-Ir 코팅이 코어면의 형상정도(PV)와 표면조도(Ra)의 향상에도 영향을 미침을 알 수 있었다. 비구면 Glass렌즈 제작 시 성형렌즈의 광학적 성능 향상에도 유효한 영향이 있을 것으로 기대된다.

#### 참고 문헌

- [1] H. Suzuki and S. Kodera, "Precision grinding of aspherical CVD-SiC molding die", Journal of the Japan society for precision engineering, Vol. 32, No. 1, p. 25, 1998.
- [2] H. Suzuki, S. Kodera, S. Maekawa, N. Morita, E. Sakurai, K. Tanaka, H. Takada, T. Kuriyagawa, and K. Syoji, "Study on precision grinding of micro aspherical surface", J. Japan Soc, Prec. Engg., Vol. 62, No. 4, p. 619, 1998.
- [3] S. S. Kim, H. U. Kim, S. H. Jeong, H. H. Kim, and J. H. Kim, "Development of F-theta lens for laser beam printer", J. of KIEEME (in Korean), Vol. 19, No. 4, p. 386, 2006.
- [4] H.-U. Kim, S.-H. Jeong, Y.-P. Park, S.-S. Kim, H.-H. Kim, and J.-H. Kim, "DLC coating effect of WC mold surface for glass molding lens", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 19, No. 11, p. 1050, 2006.
- [5] H.-U. Kim, S.-H. Jeong, H.-J. Kim, and J.-H. Kim, "Optical properties of aspheric glass lens using DLC coating mold", Key Engineering Materials, Vol. 345, p. 1577, 2007.
- [6] H. Tsutsumi, K. Yosizumi, and H. Takeuchi, "Presentation of Ultrahigh Accurate 3-D Profilometer and Case Examples of Measurement", Presentation of Matsushita Electronic Industrial Co. LTD, 2002.
- [7] K. Yoshizumi, H. Kubo, H. Takeuchi, K. Handa, and T. Kassal, "Ultra accurate 3-D profilometer using atomic force probe measure nanometer", Journal of the Japan society for precision engineering, Vol. 68, No. 3, p. 361, 2002.
- [8] N. Alagumurthi, K. Palaniradja, and V. Soundararajan, "Optimization of grinding process through design of experiment(DOE)", Materials and Manufacturing Processes, Vol. 21, No. 1, p. 19, 2006.