

# DLC 및 Re-Ir 코팅에 의한 성형용 코어면의 코팅 효과 Coating Effect of Molding Core Surface by DLC and Re-Ir Coating

\*김현욱<sup>1</sup>, 정상화<sup>2</sup>, 김상석<sup>3</sup>, 김혜정<sup>3</sup>, #김정호<sup>3</sup>

\*H. U. Kim<sup>1</sup>, S. H. Jeong<sup>2</sup>, S. S. Kim<sup>3</sup>, H. J. Kim<sup>3</sup>, #J. H. Kim<sup>3</sup> (kimjh@kopti.re.kr)

<sup>1</sup> 조선대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup> 조선대학교 기계공학과, <sup>3</sup> 한국광기술원 초정밀광학팀

Key words : Tungsten Carbide(WC), Diamond Like Carbon(DLC), Rhenium-Iridium(Re-Ir)

## 1. 서론

최근 고화질 카메라폰의 수요가 증가하면서 Plastic 렌즈 또는 구면 Glass 렌즈만으로는 요구되는 광학적 성능 구현이 힘들기 때문에 비구면 Glass 렌즈에 대한 요구가 증가하고 있다. 최근 비구면 Glass 렌즈는 일반적으로 초경합금 성형용 코어를 이용한 고온 압축 성형방식으로 제작되어지기 때문에 코어면의 초정밀 연삭가공 및 코어면 코팅기술에 관한 연구가 매우 활발하다[1,2].

특히, Glass 렌즈 성형분야에서 초경합금의 성형용 코어면 DLC 코팅의 경우, 성형공정 시 Glass 렌즈와 성형용 코어와의 이형성 향상 및 성형용 코어 수명향상을 위해 주목받고 있는 기술분야이다. 다이아몬드상 탄소(Diamond-Like Carbon, DLC) 코팅은 고경도, 고탄성, 내마모성, 화학적 안정성을 가지기 때문에 다양한 분야에서 많은 연구가 이루어지고 있으며, 산업분야에서 광범위하게 적용되고 있다[3,4].

한편, Rhenium-Iridium(Re-Ir) 코팅은 주로 국내 Glass 렌즈 성형업체에서 고온에서의 내마모성, 내식성의 증대와 Glass 렌즈와의 이형성의 증가를 목적으로 사용하고 있는 일반적 코팅 방법이다.

본 연구에서는 3 Mega Pixel, 2.5배 Zoom 카메라폰 모듈용 비구면 Glass 렌즈 개발을 목적으로 실험계획법(DOE)을 적용한 최적연삭조건을 구하였고, 최적연삭가공조건을 활용하여 초정밀 연삭가공을 수행하여 2개의 성형용 초경합금(WC) 코어를 가공하였다. 가공된 성형용 코어의 가공면 위에 DLC 코팅과 Re-Ir 코팅을 각각 수행하고, 측정을 통하여 DLC 코팅 과 Re-Ir 코팅이 성형용 코어의 형상정도(PV)와 표면조도에 미치는 영향을 평가하였다.

## 2. 실험방법

본 연구에서는 실험계획법(Design of Experiment: DOE)을 적용하여 Glass 렌즈 성형용 초경코어의 초정밀 연삭가공조건을 구하였다.

성형용 코어의 재료는 Tungsten Carbide(WC, Co 0.5%)이고, 연삭가공에 사용된 Tool은 다이아몬드 휠 #2000을 사용하였다. 특성치는 초정밀 가공 후의 표면조도(Ra)값으로 하였으며, 연삭 깊이, 이송속도, 주축회전속도 및 공작물회전속도 등을 인자로 2<sup>4</sup> 요인배치법을 적용하여 가공결과를 측정·평가하였다. 초정밀 연삭가공 후의 표면조도(Ra) 측정결과는 실험계획법 상용프로그램인 MINITAB를 이용하여 분석하였다. Table 1은 실험계획법을 사용하여 구한 성형용 코어 최적 연삭가공조건을 나타낸다.

Table 1 Grinding conditions

Material	Tungsten Carbide, WC Effective diameter : 3.0 mm
wheel	SD2000P120B97
Turbine speed	35,000 rpm
Work speed	350 rpm
Depth of cut	0.1 μm
Feedrate	0.25 mm/min

실험계획법을 적용하여 구한 최적연삭가공조건을 활용하여 두벌의 비구면 Glass 렌즈 성형용 코어의 초정밀 연삭가공을 수행하였다. 비구면 Glass 렌즈 성형용 코어(WC) 가공은 초정밀 연삭가공이 가능한 초정밀가공기(일본, Nachi社, ASP01)를 사용하였다. 가공된 성형용 코어는 형상정도(PV) 및 표면조도(Ra) 향상을 위해 비구면 폴리싱 가공기(일본, Kuroda社, KRF-2200F)를 사용하여 초정밀 폴리싱가공하였다. 가공완료된 성형용 코어 중 성형용 코어(a)의 가공면 위에 이온 증착법을 활용하여 SiC(20 nm), DLC(80 nm) 코팅(일본, Nanotech社, NC400)을 순차적으로 각각 수행하였다. 한편, 성형용 코어(b)에는 Magnetic sputter법을 사용하여 Re-Ir(240 nm) 코팅(한국, 아텍시스템, ATS-PVD)을 수행하였다. Fig. 1은 DLC 코팅 및 Re-Ir 코팅막 구조와 코팅된 성형용 코어를 각각 나타낸다.

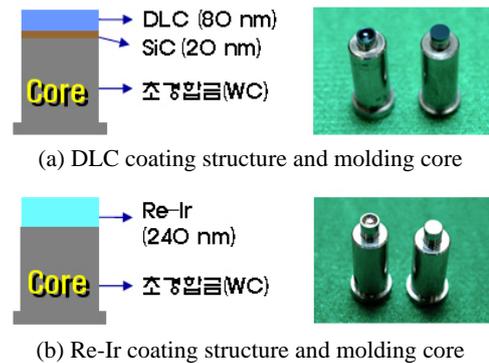
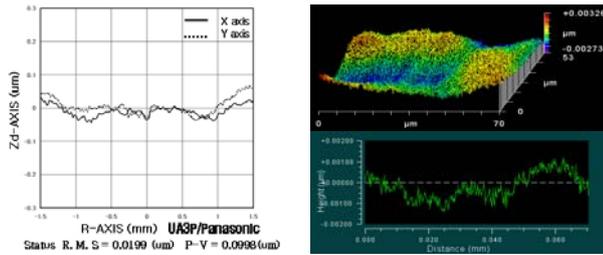


Fig. 1 Coating film structure and coated core for molding

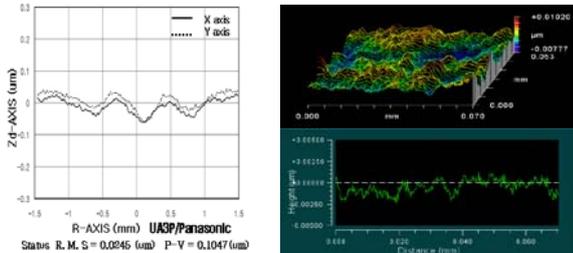
DLC 코팅 및 Re-Ir 코팅 전후 성형용 코어의 형상정도(PV)와 표면조도(Ra)의 변화를 각각 측정, 평가하였다. 비구면 성형용 코어면의 형상정도(PV) 측정은 원자간력을 사용하여 측정물 표면에 손상을 주지 않으며, 측정물 표면 반사도에 영향이 없는 초정밀 자유곡면 3-D 형상 측정기(일본, Panasonic社, UA3P)를 사용하였다. 표면조도(Ra)는 3차원 표면조도 측정기(미국, Zygo社, NewView5000)를 사용하였다.

## 3. 실험결과

최적연삭가공조건을 활용하여 초정밀 연삭가공한 두벌의 성형용 코어를 초정밀 자유곡면 3-D 측정기와 3차원 표면조도 측정기로 각각 측정한 결과 형상정도(PV) 0.155 μm와 0.153 μm(비구면)와 0.100 μm와 0.105 μm(평면), 표면조도(Ra) 3.4 nm와 3.5 nm(비구면)과 1.9 nm와 2.0 nm(평면)의 결과를 얻었다. Fig. 2는 가공된 두 개의 평면 성형용 코어의 형상정도(PV) 및 표면조도(Ra) 측정결과를 각각 나타낸다.



(a) Measurement of bare core for DLC coating(plane surface)



(b) Measurement of bare core for Re-Ir coating(plane surface)

Fig. 2 Measurement of bare core for coating(plane surface)

초정밀 연삭가공을 수행한 성형용 초경코어의 가공면에 이온 증착법을 사용하여 DLC 코팅을 수행한 후 측정된 결과 형상정도(PV) 0.137 μm(비구면)와 0.082 μm(평면), 표면조도(Ra) 2.2 nm(비구면)와 1.5 nm(평면)의 결과를 얻었다. Fig. 3에 DLC 코팅 후 평면 성형용 코어의 형상정도(PV) 및 표면조도(Ra)에 대한 측정결과를 각각 나타낸다.

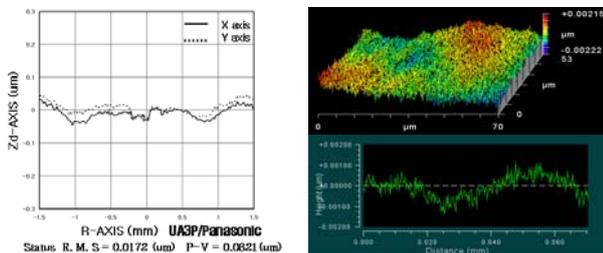


Fig. 3 Measurement of DLC coating core(plane surface)

초정밀 연삭가공을 수행한 성형용 초경코어의 가공면에 Magnetic sputter법을 사용하여 Re-Ir 코팅을 수행한 후 측정된 결과 형상정도(PV) 0.149 μm(비구면)와 0.097 μm(평면), 표면조도(Ra) 3.0 nm(비구면)와 1.8 nm(평면)의 결과를 얻었다. Fig. 4는 DLC 코팅 후 평면 성형용 코어의 형상정도(PV) 및 표면조도(Ra)에 대한 측정결과를 각각 나타낸다. Table 2는 DLC 및 Re-IR 코팅 전후의 측정결과를 비교하여 나타낸다.

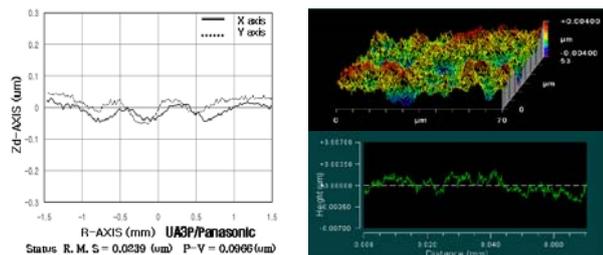


Fig. 4 Measurement of Re-Ir coating core(plane surface)

Table 2 Form accuracy and surface roughness

	Form accuracy : PV(μm)		Surface roughness : Ra(nm)	
	Aspheric	Plane	Aspheric	Plane
<i>DLC coating</i>				
Before	0.155	0.100	3.4	1.9
After	0.137	0.082	2.2	1.5
<i>Re-Ir coating</i>				
Before	0.153	0.105	3.5	2.0
After	0.149	0.097	3.0	1.8

#### 4. 결론

본 연구에서는 3 Mega Pixel, 2.5배 Zoom 카메라폰 모듈용 비구면 Glass 렌즈 개발을 목적으로 실험계획법을 적용하여 성형용 초경코어의 최적연삭조건을 구하였고, 이를 활용하여 초정밀 연삭가공을 수행하였다. 가공된 성형용 초경코어의 가공면에 최근 관련분야에서 주목받고 있는 DLC 코팅과 Re-Ir코팅을 각각 수행한 후, 코팅 전후 코어면의 형상정도 및 표면조도를 측정하고 결과를 비교, 평가하였다.

1. 성형용 초경코어면의 초정밀 연삭가공결과 형상정도(PV; φ 3.0 mm)는 형상정도(PV) 0.155 μm과 0.153 μm(비구면)와 0.100 μm과 0.105 μm(평면), 표면조도(Ra) 3.4 nm와 3.5 nm(비구면)과 1.9 nm와 2.0 nm(평면)의 결과를 얻었다.
2. DLC 코팅 후, 형상정도는 비구면에서 0.018 μm과 평면에서 0.018 μm, 표면조도는 비구면에서 1.2 nm와 평면에서 0.4 nm 향상된 결과를 얻었다.
3. Re-Ir 코팅 후, 형상정도는 비구면에서 0.004 μm과 평면에서 0.008 μm, 표면조도는 비구면에서 0.5 nm와 평면에서 0.2 nm 향상된 결과를 얻었다.
4. 성형용 코어의 형상정도와 표면조도가 90%이상 전사됨을 확인할 수 있었고 이러한 결과는 비구면 Glass 렌즈 성형렌즈의 광학적 성능 향상에도 유효함을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Hirofumi SUZUKI, Sunao KODERA, Tomoaki NAKASUJI, Tsutomu SHTA and Katsuo SYOJI, " Precision Grinding of Aspherical CVD-SiC Molding Die", Japan Soc. Prec. Eng., Vol. 32, No. 1, 25-30, 1999
2. M. J. Chen, D. Li, and S. Dong, "Research on a large depth-to-diameter ratio ultra-precision aspheric grinding system", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 129, 91-95, 2002
3. Hyun-Uk Kim, Sang-Hwa Jeong, Yong-Pil Park, Sang-Suk Kim, Hye-Heong Kim, Jeong-Ho Kim, "DLC Coating Effect of WC Mold Surface for Glass Molding Lens ", The Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, Vol. 19, No 11, 1050-1053, 2006