

# 초경합금 렌즈금형 코어의 나노레벨 경면가공기술 개발

## Development of Nano-level Mirror Surface Machining Technology on WC Alloy Lens Mold Core

\*#이용철<sup>1</sup>, 곽태수<sup>2</sup>, 김경년<sup>3</sup>, 김민기<sup>4</sup>

\*#Y. C. Lee(yclee@yc.ac.kr)<sup>1</sup>, T. S. Kwak<sup>2</sup>, G. N. Kim<sup>3</sup>, M. K. Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 연암공업대학 컴퓨터응용기계과, <sup>2</sup> 진주산업대학교 기계공학과, <sup>3</sup> 거제대학 기계공학과, <sup>4</sup> 두산인프라코어(주) 공기자 동화사업본부

Key words : Mirror surface, Nano-level precision machining, Lens mold core, Surface roughness, Form accuracy

### 1. 서론

최근 나노레벨의 초정밀가공이 주목을 받게 되는 큰 이유는 카메라, 레이저프린터, CD 플레이어, DVD, 의료용 내시경, 현미경 등의 전자제품 및 광학제품의 수요가 급증하고 있으며, 이에 따른 제품의 생산성 증대와 품질향상의 요구에 직면해 있기 때문이다. 이들 제품의 고급화를 위해서 성능향상은 물론 소형·경량화가 가속화되고 있다. 이를 위해서는 광학소자의 비구면화가 필수적일 뿐만 아니라 플라스틱제에서 유리(Glass)제품으로 바뀌어야 한다.

유리제품을 성형하기 위한 금형코어는 내열성과 내구성을 고려하여 초경합금재를 사용하여야만 한다. 초경합금재의 가공에는 다이아몬드 연삭숫돌을 이용한 연삭가공을 채용할 수 밖에 없는 것이 현실이다<sup>(1-2)</sup>.

따라서 본 연구에서는 두산인프라코어(주)에서 개발한 초정밀자유곡면가공기 NT300F를 사용하여 초경합금재의 나노레벨 경면연삭 가공기술을 개발하였다

### 2. 실험장치구성 및 방법

본 연구에 사용된 초정밀자유곡면가공기는 X, Y, Z-슬라이드 3개의 직선 이송축과 B, C 2개의 회전축으로 구성된 5축가공기로 B축의 회전축 위에 연삭헤드를 설치하여 연삭실험을 실시하였다. 이 가공기는 LM 가이드와 나노스케일을 이용하여 정밀이송이 가능하며, 유정압베어링에 의해 구동되고, 3개의 유정압 슬라이드가 교차하는 형태로 되어 있다. 안내면의 위치정밀도는 1 펄스당 1nm의 이송이 가능하며, 테이블의 스트로크는 300×100×250mm이다. 공작물 축은 최대 6,000rpm까지 가능한 진공척을 사용하였고, 연삭헤드의 공구축은 최대 60,000rpm까지 가능한 에어터빈 스핀들이 장착된 연삭헤드를 제작·설치하였다. Fig. 1과 2에 실험에 사용된 초정밀자유곡면가공기의 외관과 실험의 상세 사진을 각각 나타내었다.



Fig. 1 Ultra-precision Machine (NT300F)

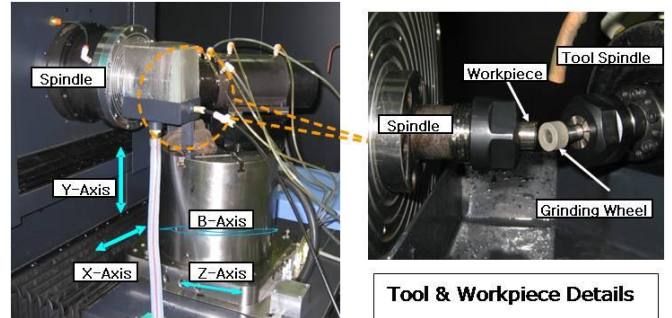


Fig.2 Details of tool & workpiece area

그리고 본 연구에 사용된 공작물은 유리렌즈 성형용 금형코어로 쓰이는 초경합금(WC)재료 Co 함량 0.5%이하로 처리된 것이며, 사용된 연삭숫돌은 레진본드 미립다이아몬드 SD#325(황삭용), SD#600(중삭용), 그리고 정삭용으로 SD#1,200과 SD#2,000을 사용하였다. 숫돌별 연삭조건은 참고문헌<sup>(3-6)</sup>과 기초 예비실험을 통해서 선정하였다. 공작물의 모양과 크기 그리고 연삭숫돌 입도별 연삭조건을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Workpiece and grinding conditions

Workpiece & Size	WC(Co:under 0.5% contained), Flat φ14×20, Spheric φ10×20, SR30			
Grain size	Tool rev. (RPM)	Workpiece rev.(RPM)	Feedrate (mm/min)	Depth (μm)
SD #325	30,000	500	5	10
SD #600	40,000	400	1	1
SD #1,200	40,000	400	0.5	0.5
SD #2,000	35,000	350	0.5	0.5

연삭숫돌의 입도는 연삭면의 표면거칠기를 결정하는 주요변수이며, 가공효율과 관련이 깊다. 평면과 구면시편의 연삭가공공정은 똑같이 먼저 #325 번의 숫돌로 황연삭을 한 다음, #600 번으로 중연삭을 실시하였다. 최종다듬질연삭 공정으로 #1,200 번과 #2,000 번의 두 종류로 각각 연삭하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

새로이 개발한 초정밀자유곡면가공기 NT300F에서 평면과 구면시편에 대해서 위에 열거한 조건으로 초정밀연삭 후의 표면거칠기와 형상정밀도의 연삭특성을 파악하기 위해서 각 시편의 표면거칠기와 형상정밀도를 측정하고, 고찰하였다.

표면거칠기 측정에 사용된 측정기는 3 차원 표면구조현미경(NewView5032, Zygo)이고, 형상정밀도 측정은 초정밀자

유곡면 3D 측정기(UA3P, Panasonic 사)를 사용하였다. 표면거칠기의 측정값은 중심선표면거칠기 Ra 와 최대표면거칠기 PV 두 종류로 하였으며, 측정위치는 가공물을 원주방향으로 3 등분하고 각도를 90 도 회전하면서 전체 8 부위를 측정하여 평균값을 취했다. 형상정밀도 측정값은 RMS 와 PV 두종류로 하였으며, 측정길이 10mm 로 하였다. 측정위치는 공작물을 45 도 회전시키면서 전체 4 회 측정하여 평균값을 취하였다.

평면시편에 대한 가공 결과를 Fig. 3 에 각각 나타내었다. 평면시편의 경우 Fig.3 에 나타난 바와 같이 중심선표면거칠기가 #1,200 에서는 14.609nmRa, #2,000 에서는 4.907nmRa 로 나타났으며, 최대표면거칠기는 #1,200 에서는 166.129nmPV, #2,000 에서는 56.899nmPV 로 나타났다.

형상정밀도는 측정길이 10mm 에 대해서, #1,200 에서는 0.362 μmPV, #2,000 에서는 0.097μmPV 로 나타났다.

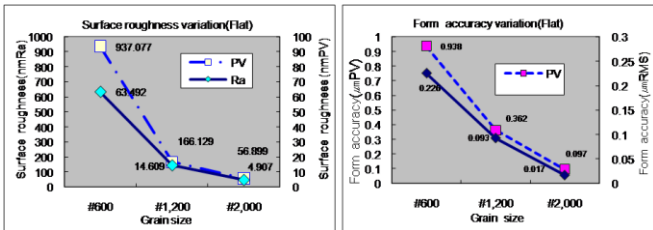


Fig. 3 Surface roughness & form accuracy variation of flat workpiece

구면시편의 가공결과를 Fig.4 에 나타내었다. Fig.4 에 나타난 바와 같이 중심선표면거칠기가 #1,200 에서는 15.691 nmRa, #2,000 에서는 6.691nmRa 로 나타났으며, 최대표면거칠기는 #1,200 에서는 173.019nmPV, #2,000 에서는 60.353 nmPV 로 나타났다.

형상정밀도는 측정길이 10mm 에 대해서, #1,200 에서는 3.322μmPV, #2,000 에서는 1.052 μmPV 로 나타났다.

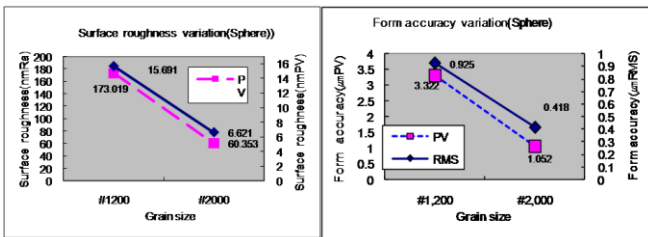


Fig. 4 Surface roughness & form accuracy variation of sphere workpiece

평면과 구면 시편의 표면거칠기 측정결과를 분석해보면 두 경우 똑 같이 슷돌입도에 따른 공작물과 연삭스틀과의 원주속도 차이로 각 부위에서의 표면거칠기의 편차가 다소 나타났다. 즉 공구와 공작물의 회전수는 일정하고 공구와 공작물과의 연삭포인트가 직경의 변화에 따라 원주속도가 달라지게 된다. 따라서 보다 더 정밀한 가공을 원한다면 원주속도 일정제어로 연삭이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

구면이 평면보다 표면거칠기와 형상정밀도 모두 조금씩 나쁘게 나타나고 있다. 이는 구면 연삭 시 B 축을 사용하여 공작물 가공면과 슷돌의 접촉각이 수직을 이룬 상태에서 연삭이 이루어져야 하는데 B 축 고정으로 가공한 결과로 판단된다.

Fig. 5 에 평면시편의 사진과 표면거칠기 프로파일을 나타내었다. 그리고 Fig. 6 에는 구면시편의 사진과 표면거칠기 프로파일을 나타내었다.

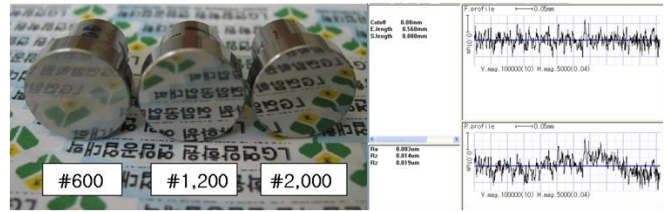


Fig. 5 Photograph and surface roughness profile of flat workpieces

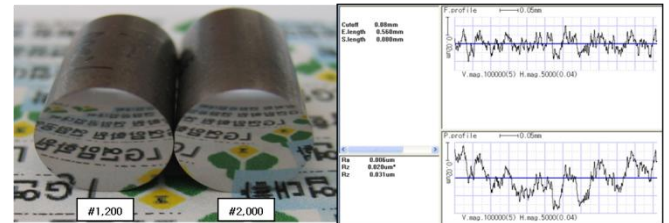


Fig. 6 Photograph and surface roughness profile of sphere workpieces

#### 4. 결론

초정밀자유곡면가공기(NT300F, 인프라코어㈜)를 이용하여 유리렌즈성형용 금형코어제인 초경합금재를 나노레벨의 초정밀연삭실험을 실시하였다. 예비실험과 참고문헌을 통해서 도출한 슷돌입도별 연삭가공조건은 적합하게 선정되어, 매우 좋은 실험결과가 나왔다고 생각된다.

최상의 표면거칠기를 획득한 경우는,평면시편과 구면시편이 #2,000 에서 각각 4.907 nmPV 과 6.691nmRa 를 얻었다. 그리고 형상정밀도는 측정길이 10mm 에 대해서, #2,000 으로 평면시편은 0.097μmPV, 구면시편은 1.052 μmPV 를 얻었다.

이는 유리성형용 초경재 금형코어 제작에 적용할 수 있는 것으로 판단된다.

#### 참고문헌

1. T. Kuriyagawa, M. Saeed, S. Zahmaty and K. Syoji, "A new grinding method for aspheric ceramic mirrors 1", Jour. Of Materials Processing Technology, Vol. 62, No.4, 387, 1996
2. Tae-Soo Kwak, Yong-Chul Lee, Gyung-Nyun Kim, Dae-Bong Choi, Mikino Yamanoi, Hitoshi Ohmori, "Nano-precision combined process of electrolytic in-process dressing grinding and magnetic assisted polishing on optics glass material", Trans. Nonferrous Met.. Soc., China, Vol.19, s301-306, 2009
3. 김상석, 이용철, 이동길, 김혜정, 김정호, "실험계획법과 보정가공을 이용한 비구면 유리렌즈 성형용 코어의 초정밀연삭가공의 최적화", 한국정밀공학회지, 제 24 권, 제 6 호, 45-50, 2007.
4. 박순섭, 이호재, "초정밀연삭방법에 관한 연구", 한국정밀공학회지, 제 23 권, 제 6 호, 14-21, 2006.
5. 박순섭, 이기용, 이호재, 강상도, "마이크로 비구면 글라스렌즈 제작기술에 관한 연구", 한국정밀공학회 2006 년도 추계학술대회 논문집, 104-105, 2006.
6. 광태수, 김경년, 이용철, "유리렌즈 성형 금형의 나노경면 가공", 한국정밀공학회지, 제 23 권, 제 1 호, 97-104, 2006.