

비트리파이드 본드 다이아몬드 슷돌을 이용한 초경합금의 초정밀 연삭에 관한 연구

Research on Ultra-Precision Grinding of WC using Vitrified bond Diamond Wheel

*박순섭^{1,3}, 이기용¹, 강상도², 원종호³

*S. S. Park^{1,3}, K. Y. Lee¹, S. D. Kang², J. H. Won³ (jhwon@cnu.ac.kr)

¹ 한국생산기술연구원, ² ㈜에이지광학, ³ 충남대학교 기계공학과

Key words : Ultra-Precision Grinding, Vitrified bond Diamond Wheel, WC, Surface Roughness, Form Accuracy

1. 서론

오늘날 광전자기계 복합 제품기술의 발달로 전자제품이나 산업 기기 등에서 제품의 소형화, 경량화, 고성능화를 만족시키기 위하여 비구면 렌즈의 연구가 진행되고 있다.

상대적으로 짧은 연구 역사로 인하여 세계적인 연구 결과에 비하여 국내에서의 초정밀 가공의 연구는 초기단계라 할 수 있으며, 원하는 형상정밀도와 표면 거칠기를 얻기 위한 초정밀 가공조건에 관한 기술력의 축적은 반드시 필요한 연구 과제이다.

최근에는 광학 유리의 경우 다양한 제조 공정의 급속한 발달로 비구면 렌즈가 다양한 분야에 사용되고 있으나, 아직은 제조 원가가 비싸고, 금형 코어 수명이 짧으며 광학 유리의 제조업체가 아닌 경우는 접근하기가 어려운 것이 단점이 있다. 그러나 최근 플라스틱 렌즈만으로는 원하는 광학적 성능을 얻기 힘들기 때문에 비구면 유리 렌즈에 대한 요구가 증가하고 있다.

비구면 유리 렌즈는 초정밀 성형용 금형 코어를 사용하여 성형으로 렌즈가 만들어 지기 때문에 제조시간이 많이 단축되며, 고도의 재현성을 갖고 비구면 생산이 가능한 장점을 가지고 있다. 비구면 유리 렌즈 성형용 금형 코어의 요구되는 조건은 형상의 정밀도 $P-V = 0.2 \mu\text{m}$ 이하, 표면 거칠기 $R_{\text{max}} = 50 \text{ nm}$ 이내를 갖는 금형 코어가 필요하다².

본 연구에서는 기존 비구면 유리 렌즈 성형용 금형 코어를 레진 본드 다이아몬드 슷돌을 사용하고 있으나, 편홀 등이 발생하는 문제점이 있기에, 비트리파이드 본드 다이아몬드 슷돌을 사용하여 유리 렌즈 성형용 금형 코어로 사용되고 있는 초경합금(WC, FB01)의 초정밀 연삭 특성의 연구를 통하여 초경합금의 초정밀가공 데이터베이스를 구축하는데 목적이 있다.

2. 실험 장치 및 방법

렌즈를 성형 하기 위한 금형 코어를 초정밀 가공기계인 Toshiba 사의 ULG-100C(H³)을 이용하여 수직축 연삭법을 수행 하였다. 초정밀 가공기계의 구성은 V-V 롤러가이드와 리니어 모터 구동(X, Z 축)과 공작물을 고정시키는 공기 정압 베어링 스피들과 고속 고정도 공기 정압 베어링 스피들로 구성되어 있다. 두 안내면은 각각 X 축과 Z 축의 직교형태를 이루며 구동한다. Z 축의 중심부에 해당하는 안내면에 워크 스피들이 고정되어 회전하며, 안내면의 구동방향과 평행을 이루며 회전한다. X 축 구동 안내면 위에는 고속 고정도 공기 스피들이 고정되어 연삭 슷돌을 설치할 수 있으며, 스피들 구동방향과 수직방향으로 구동한다. 가공 후의 코어의 국부적인 표면조도를 측정 하기 위해 비 접촉 방식의 레이저 간섭무늬를 이용한 NanoSystem 사의 NV-E1000의 장비로 표면조도를 측정하였다.

실험 방법으로는 현재 많이 행하여지고 있는 축 대칭 유리렌즈 성형용 코어의 대표적인 연삭 방식인 수직축 연삭법을 사용하였다².

스틀 축과 공작물의 축이 직교하는 중형구성으로 X, Z

축의 2 축 동시제어에 의한 연삭 경로에 따라 가공 된다. 연삭 점에 있어서 공작물의 회전방향과 슷돌의 주축 벡터가 직교하는 것이 이 방식의 특징이다.

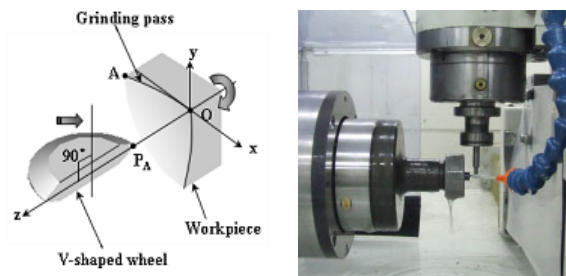


Fig. 1 Cross grinding method

WC 재료를 비트리파이드 본드 다이아몬드 슷돌의 초정밀 연삭 가공 데이터 베이스를 구축하기 위해 Table 1 과 같은 가공조건(연삭속도, 워크 스피들 회전수, 이송속도, 절입 깊이)에 대하여 얻어지는 가공결과(Surface Roughness)와 가공 표면의 데미지를 파악 하기 위해 SEM 사진을 찍고, 초정밀 연삭 가공 조건 관점에서 종합적으로 분석하였다.

Table 1 Grinding condition of WC

Grinding Method	Cross Grinding
Work piece	FB01 (WC: 99%, Co: 1%)
Wheel bond	Vitreous
Wheel Grain Size (#)	14,000
Wheel diameter (mm)	Ø12
Grinding Speed (m/min)	754, 1017, 1206, 1394
Work spindle speed (rpm)	50, 100, 150, 200
Feed-rate (mm/min)	0.5, 1, 2, 3
Depth of cut (um)	0.2, 0.5, 0.7, 1

초기의 표면 거칠기를 일정하게 하기 위해 연삭속도 1,394 m/min, 워크 스피들 회전수 200 rpm, 이송속도 5 mm/min, 절입 깊이 1um 으로 5 회 평면 연삭 후 Table 1 과 같은 조건으로 평면 연삭을 수행하였다.

3. 실험 결과

3.1 연삭속도 변화에 따른 표면 거칠기

본 연구에 사용된 초정밀 가공기계와 연삭 슷돌의 최대 연삭속도는 1,500 m/min 이다. 이를 고려하여 연삭속도를 754, 1,017, 1,206, 1,394 m/min 으로 변화를 주면서 워크 스피들 회전수 100 rpm, 이송속도 2 mm/min, 절입 깊이 0.5 um 에서 연삭 가공 한 후 표면 거칠기를 측정하였다. Fig. 2 는 연삭속도 변화에 따른 표면 거칠기를 측정한 결과이다. 연삭속도가 1,206 m/min 일 때, 표면 거칠기 Ra 값이 2.23 nm 로 가장 우수 하였다.

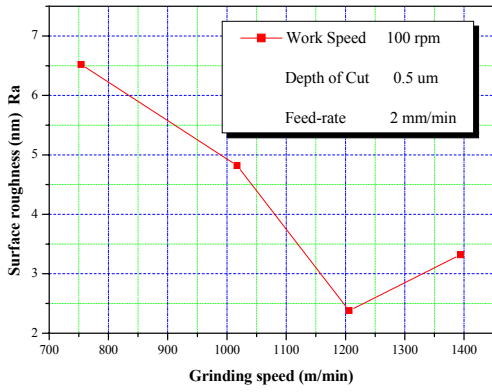


Fig. 2 Surface roughness versus grinding speed

3.2 워크 스피드 회전수 변화에 따른 표면 거칠기

WC 소재는 경도도 높고 취성이 있어 본 연구 이전의 레진 본드 다이아몬드 스톨의 경우 워크 스피드 회전수가 작을수록 표면 거칠기가 좋음을 알 수 있었기에 워크 스피드 회전수를 저속인 50, 100, 150, 200 rpm 으로 변화를 주면서, 연삭속도 1,206 m/min, 이송속도 2 mm/min, 절입 깊이 0.5 um 으로 고정 한 후 워크 스피드 회전수를 변화시키면서 표면 거칠기를 측정하였다.

Fig. 3 은 워크 스피드 회전수 변화에 따른 표면 거칠기를 측정 한 결과이며, 워크 스피드 회전속도 100 rpm 에서 표면조도 Ra 2.23 nm 로 우수한 결과를 보였다.

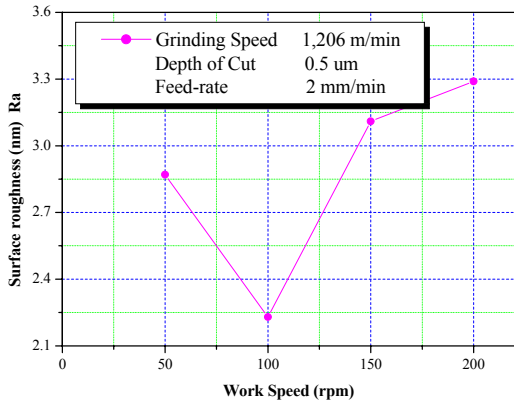


Fig. 3 Surface roughness versus work speed

3.3 이송속도 변화에 따른 표면 거칠기

Fig. 4 는 이송속도 변화에 따른 표면 거칠기를 측정 한 결과이다. 이송속도를 0.5, 1, 2, 3 mm/min 으로 변화를 주고, 연삭속도 1,206 m/min, 워크 스피드 회전수 100 rpm, 절입 깊이가 0.5 um 에서 이송 속도를 변화시키면서 표면 거칠기를 측정하였다.

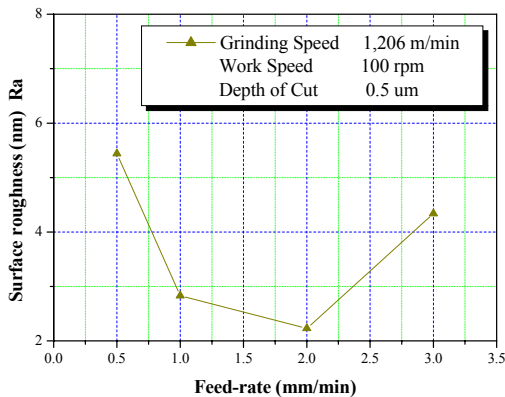


Fig. 4 Surface roughness versus feed-rate

3.4 절입 깊이 변화에 따른 표면 거칠기

Fig. 5 는 절입 깊이 변화에 따른 표면 거칠기를 측정 한 결과이다. 절입 깊이를 0.2, 0.5, 0.7, 1 um 으로 변화를 주고, 연삭속도 1,206 m/min, 워크스피드 회전수 100 rpm, 이송속도 2 mm/min 에서 절입 깊이를 변화시키면서 표면 거칠기를 측정하였다.

절입 깊이가 0.2 um 일 때보다 0.5um 일 때 표면 조도가 우수 하게 나타났다. 절입 깊이가 너무 작으면 공작물과 연삭 스톨이 미끄러지는 스틱-슬립 현상이 일어난다고 사료된다. 절입 깊이가 1um 으로 하였을 때는 가공 후 연삭 스톨의 마모가 심하게 발생 하였다.

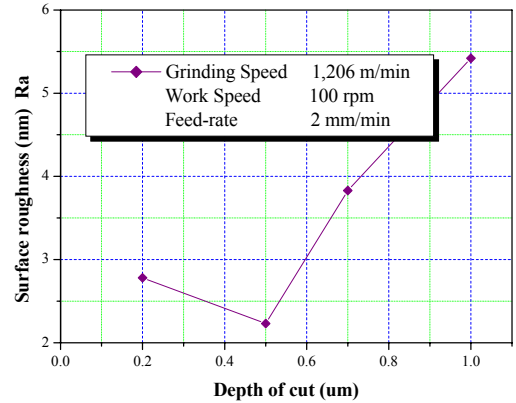
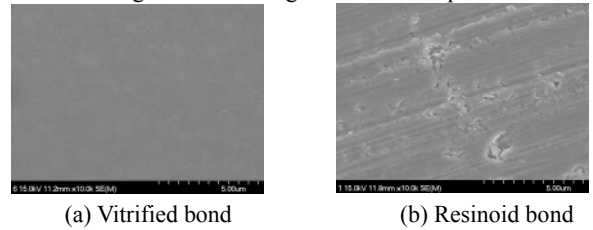


Fig. 5 Surface roughness versus depth of cut



(a) Vitrified bond (b) Resinoid bond

Fig. 6 SEM image of WC Surface

Fig. 6 은 비트리파이드 본드 다이아몬드 스톨과 레진 본드 다이아몬드 스톨로 WC 를 연삭가공 한 후의 표면 SEM 사진이다. 비트리파이드 본드 다이아몬드 스톨로 가공 한 경우가 표면의 데미지가 적음을 알 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 WC 를 수직축 연삭 가공에서의 비트리 파이드 본드 다이아몬드 스톨을 이용하여 최적의 연삭 조건과 가공 표면의 적은 데미지 조건을 구하였다.

첫째, WC 소재의 최적의 가공 조건은 비트리파이드 본드 다이아몬드 스톨로 연삭속도 1,206 m/min, 워크 스피드 회전수 100 rpm, 이송속도 2 mm/min, 절입 깊이가 0.5 um 일 때 표면 거칠기가 Ra 로 2.23 nm 로 우수하였다.

둘째, 기존 의 레진 본드 다이아몬드 스톨로 연삭 가공 한 표면과 비트리파이드 본드 다이아몬드 스톨로 연삭 가공한 표면을 비교 해 보았다. 비트리파이드 본드 다이아몬드 스톨의 경우가 핀 홀 등의 데미지는 발견되지 않았다.

참고문헌

1. R. Barry Johnsona and Michael Mandinab, "Aspheric glass lens modeling and machining", Proceedings of SPIE Vol. 5874, 2005.
2. Park, S. S. and Lee, H. J., "Research on ultra-precision grinding method", Journal of Korean Society for Precision Engineering, Vol. 23, No. 6, pp. 14-21, 2006.