

# 안경렌즈용 세라믹 금형코어의 고속절삭특성 High-speed Cutting Characteristics of Ceramic Core for Ophthalmic Lens

\*김효식<sup>1</sup>, 김홍택<sup>2</sup>, 박정훈<sup>1</sup>, 김동익<sup>1</sup>, 원종호<sup>2</sup>, #김건희<sup>1</sup>,

\*H. S. Kim<sup>1</sup>, H. T. Kim<sup>2</sup>, J. H. Park<sup>1</sup>, D.I. Kim<sup>1</sup>, J. H. Won<sup>2</sup>, #G. H. Kim(kgh@kbsi.re.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국기초과학지원연구원 연구장비개발부, <sup>2</sup>충남대학교대학원 기계기계설계메카트로닉스공학과

Key words : Aspherical Lens, Ophthalmic Lens, High-speed Cutting, Ceramic Core

## 1. 서론

산업의 발달로 항공 산업, 자동차 산업, 금형 산업 등에서 내구성과 내마멸성이 뛰어난 고경도 재료가 주류를 이루면서 정삭에 의한 고정밀도의 가공을 행하고 있으며, 5축 가공은 3축 가공에서 불가능한 형상의 가공이 가능 할 뿐 아니라 한번의 공작물 세팅으로 대부분의 가공이 가능하기 때문에 높은 가공 정밀도와 효율을 제공하는 가공 기술이다.<sup>1-2)</sup>

본 논문에서는 5축 고속가공기를 이용하여 안경 렌즈용 세라믹 금형코어의 고속절삭특성에 관한 연구를 수행하였다. 실험계획법(DOE, Design of Experiments)을 이용하여 공구종류, 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이가 표면 거칠기에 미치는 영향에 대한 특성을 연구하였다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

본 연구에 사용된 고속가공기는 독일 EXERON 사로부터 최근 도입한 5축 고속가공기 HSC 600을 사용하였다. Fig. 1은 5축 고속가공기를 보여주고 있다.



Fig. 1 High speed cutting center (HSC 600)

특징으로는 열변형 없는 기계 구조로서 양방향 주축을 채택(더블 볼스크류, 더블 모터)하여 초정

밀, 초고속 가공을 실현하였다. 광전방식으로 측정 한 리니어축의 정밀도는 0.001 mm 이고, 세로형 테이블을 채택하였다.

### 2.2 실험방법

Table 1은 가공조건을 나타내었으며, 실험계획법의 완전요인배치법을 이용하여 공구 2수준과 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이를 각 3수준으로 하여 실험 테이블을 작성하고, Ø100 mm, 두께 33 mm의 세라믹 시편을 제작하여 실험하였다. 가공 조건 변화에 따른 표면 거칠기를 측정하여 최적 가공조건을 찾았으며, 세라믹의 표면 거칠기 측정을 위하여 압전소자를 이용한 접촉식 비구면 형상 측정기 Form Talysurf series2를 사용하였다. 측정기는 Fig. 2에 보여 주고 있다.

Table 1 Experimental conditions

| Item                        | Cutting condition |
|-----------------------------|-------------------|
| Work pice                   | Ceramic           |
| Cutting tool (ball endmill) | PCD, CBN          |
| Cutting speed (m/min)       | 20, 60, 100       |
| Feed rate (mm/min)          | 30, 60, 90        |
| Depth of cut (mm)           | 0.05, 0.1, 0.2    |
| Tool diameter (mm)          | 6                 |
| Cutting fluid               | Air               |



Fig. 2 Photograph of measuring instrument (Form Talysurf Series2)

## 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 3은 표면 거칠기 측정값의 주 효과의 크기를

비교하기 위하여 분산 분석한 그래프이다. 그림에서 가운데 실선은 데이터 전체평균이고 각 점은 수준별 평균을 나타내며, Table 2는 주 효과를 공구 종류, 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이의 4가지의 요인으로 나누어 분석한 결과의 평균값을 나타내었다. Fig. 3에서 공구종류의 주 효과에서는 PCD 블엔드밀을 사용했을 때 표면 거칠기 평균값이 0.7418  $\mu\text{m}$ 로 CBN 블엔드밀을 사용했을 때의 표면 거칠기 평균값 0.8948  $\mu\text{m}$  보다 표면 거칠기가 양호함을 알 수 있다. 절삭속도의 주 효과에는 절삭속도가 증가함에 따라 금속의 절삭과는 반대로 표면 거칠기가 나빠지는 경향을 보이고 있으며, 4가지 요인 중에 가장 큰 영향을 주고 있다. 이송속도에 대한 주 효과는 이송속도가 증가함에 따라 표면 거칠기가 증가하고 있다. 절삭깊이에 대한 주 효과는 절삭깊이가 0.05 mm, 0.1 mm, 0.2 mm로 증가함에 따른 표면 거칠기 평균값이 증가함을 나타내고 있으나, 증가량은 비교적 적게 나타나고 있다.

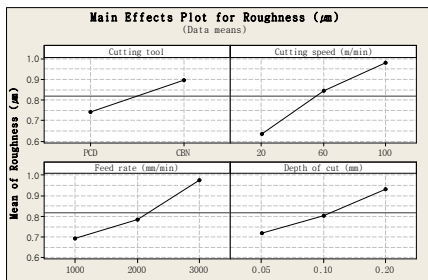


Fig. 3 Main effects plot for surface roughness

Table 2 ANOVA of Main effects plot for surface roughness

| Factor                         | Level | Mean (μm) |
|--------------------------------|-------|-----------|
| Cutting tool<br>(ball endmill) | PCD   | 0.7418    |
|                                | CBN   | 0.8948    |
| Cutting speed<br>(m/min)       | 20    | 0.6347    |
|                                | 60    | 0.8423    |
|                                | 100   | 0.9779    |
| Feed Rate<br>(mm/min)          | 1,000 | 0.6927    |
|                                | 2,000 | 0.7847    |
|                                | 3,000 | 0.9775    |
| Depth of cut<br>(mm)           | 0.05  | 0.7189    |
|                                | 0.1   | 0.8032    |
|                                | 0.2   | 0.9329    |

#### 4. 안경렌즈용 세라믹 금형코어 가공

세라믹 재료의 직경은  $\varnothing 100$  mm 이며, 두께는 33 mm 이다. 곡률반경 R100 mm, 비구면계수  $K = -4.5$ 의 비구면을 5축 고속가공기 HSC 600으로

가공하였다. 세라믹 금형코어의 절삭조건은 PCD 블엔드밀 공구로 황삭 가공시 절삭속도 20 m/min, 이송속도 1,500 mm/min, 절삭깊이 0.2 mm로 가공 여유 0.05 mm까지 가공하였으며, 최종 정삭가공은 실험계획법으로 얻은 최적절삭조건인 절삭속도 20 m/min, 이송속도 1,000 mm/min, 절삭깊이 0.05 mm 로 최종 가공하였다. Fig. 4는 비구면 세라믹 금형코어의 측정 사진이다. 표면 거칠기의 측정결과 Ra 0.8278  $\mu\text{m}$ 이며, Pv 5.0301  $\mu\text{m}$ 로 가공 되었다.

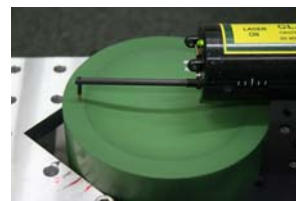


Fig. 4 Photograph of aspherics ceramic core

#### 5. 결론

세라믹 금형코어의 고속절삭 가공시 공구종류, 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이의 변화에 따른 표면 거칠기에 미치는 영향을 파악하기 위해 실험계획법을 이용하여 PCD  $\varnothing 6$  블엔드밀 공구로 절삭속도 20 m/min, 이송속도 1,000 mm/min, 절삭깊이 0.05 mm로 최종 가공 했을 때 가장 양호한 표면 거칠기를 얻었으며, 안경렌즈용 세라믹 금형코어의 비구면 가공 후 Ra 0.8278  $\mu\text{m}$ 이며, Pv 5.0301  $\mu\text{m}$ 의 표면 거칠기를 얻어 비구면 안경렌즈 금형으로의 사용가능성을 검증하였다.

#### 후기

이 논문은 중기청 2010년 제조현장녹색화기술개발사업 비구면 안경렌즈 금형 및 자동 성형공정 기술 개발 과제로 수행하였습니다.

#### 참고문헌

1. J. H. Kim, K. G. Kim, M. C. Kang, J. S. Kim, K. T. Kim, "Monitoring and machinability evaluation in high-speed machining of high hardness steel(SKD11)", Korean Society of Precision Engineering spring conference, pp. 987~990, 2000.
2. 정용호, 소범식, 여경동, "기계 특성을 고려한 5축 가공 시간의 예측", 한국공작기계학회 춘계 학술대회 논문집, pp. 208~214, 2006.