

# 적외선 광학소자를 위한 CaF<sub>2</sub> 초정밀 가공 특성에 관한 연구 Ultra Precision Machining Characteristics for CaF<sub>2</sub> of IR Optical Element

\*#양순철<sup>1</sup>, 김명상<sup>1</sup>, 이인제<sup>1</sup>, 정준오<sup>1</sup>, 원종호<sup>2</sup>

\*#S. C. Yang<sup>1</sup>(md941057@kbsi.re.kr), M. S. Kim<sup>1</sup>, I. J. Lee<sup>1</sup>, J. O. Jung<sup>1</sup>, J. H. Won<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 한국기초과학지원연구원, <sup>2</sup>충남대학교 기계공학과

Key words : SPDTM, CaF<sub>2</sub> (Calcium Fluoride)

## 1. 서론

오늘날 현대에 이르러 멀티미디어 및 광통신 등의 새로운 산업이 주목되고 발전됨에 따라 이에 관련된 생산품들이 실생활에 급속히 보급되고 있다. 카메라, 디지털 캠코더, 현미경 등에 사용되는 렌즈는 그 제품의 성능을 결정하는 중요한 구성요소 중 하나이며 그 성형기술은 매우 엄격하고 중요하다. 이제까지 광학 부품의 렌즈에는 구 또는 구면형상의 렌즈가 이용되었으나 현재에는 성능형상과 고정밀도를 높이기 위하여 렌즈의 비구면화가 진행되고 있으며 이것은 초정밀 경면가공 기술에 의하여 실현되고 있다.<sup>1,2)</sup> 광전자기계 복합 제품(opto-mechatronics) 기술의 발달로 전자제품이나 산업기기 등에서 제품의 소형화, 경량화, 고성능화를 만족시키기 위하여 비구면 렌즈의 연구가 진행되고 있다.

최근의 광학 재료들은 우수한 품질의 광학 표면을 얻기가 곤란하고, 높은 취성을 갖는다. 만약 이런 취성 재료들의 가공 조건들이 최적화 되지 않는다면 절삭영역에서 결정재료의 미세 분열 때문에 가공표면에 피치와 크랙이 남게 될 것이다. 여기서 우리는 파쇄 기구로부터 크랙 발생과 전파가 재료의 응력 상태에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다.<sup>3)</sup> 다른 한편으로는 절삭영역에서의 응력 분포상태는 절삭 매개 변수들과 절삭공구 형상을 조절함으로써 최적화 될 수 있다. 그래서 미세 균열을 피할 수 있고 마치 연성재료들의 가공처럼 소성변형에 의해 물질을 제거할 수 있는 최적조건 하에서의 취성 물질의 가공을 “연성 절삭” 이라고 한다. 이러한 취성 광학재료들을 초정밀 가공으로 우리가 필요한 성능의 광학렌즈를 얻을 수 있고 또한 취성재료의 초정밀 절삭특성을 통하여 최적가공조건을 얻을 수 있다.<sup>4)</sup>

따라서 본 연구에서는 광학 소자인 CaF<sub>2</sub>(Calcium Fluoride)의 연성 절삭에 대한 최적의 초정밀 가공 조건을 찾아내고, CaF<sub>2</sub>의 가공에 적용하고자 한다. 그리고 취성 재료의 초정밀 광학 요소들을 제조하는데 다이아몬드 선삭 기술을 적용함으로써 수입의존도가 매우 큰 적외선 영역에 사용되는 렌즈의 국산화 및 수입 대체 효과가 기대된다.

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 실험장치

본 연구에 사용된 초정밀 가공기는 RTH사의 Nanoform 600 다이아몬드 터닝머신(DTM)이다. 다이아몬드 터닝 머신은 안내면의 위치 결정정도는 0.25 μm/300 mm, 분해능은 1.25nm의 성능을 가지고 있으며, 선삭의 경우 최대 ∅600mm, 연삭의 경우 ∅300 mm까지 가공이 가능하다. Fig. 1은 초정밀 가공 시스템을 나타낸다.

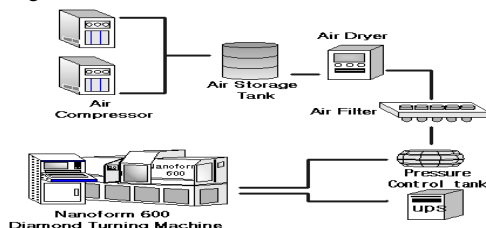


Fig. 1 The system of ultra precision lathe

Fig. 2는 표면 거칠기 측정장비는 비접촉식 표면형상 측정기 WYKO사의 NT 2000을 사용하였으며 측정기의 측정범위는 최대 100 mm×100 mm 이며, 측정범위로는 0.1 nm~150 μm이며, 분해능은 0.1 nm이고 Auto Focusing 타입이다.



Fig. 2 Photograph of measuring instrument (NT2000)

### 2.2 실험방법

CaF<sub>2</sub>의 초정밀 최적절삭 조건을 찾기 위하여 Tool rake angle에 대하여 절삭속도, 절삭 깊이와 이송속도에 대한 표면 거칠기를 측정하여 최적 초정밀 가공조건을 찾았으며 가공조건은 Table 1과 같다. Fig. 3과 같이 단결정 Diamond 공구로 ∅28mm, 두께 5mm 크기의 CaF<sub>2</sub>를 단면절삭방법으로 실험을 실시하였고, 가공 후 절삭 조건에 따른 표면 거칠기는 NT2000으로 중심선 ∅14mm 부위에서 평균 거칠기를 반복 측정하여 평균 값으로 결과값을 얻었다.

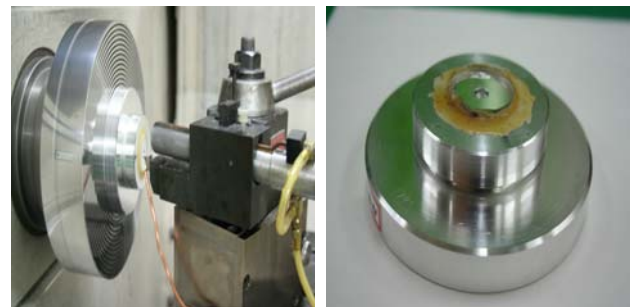


Fig. 3 Workpiece of cutting sample (CaF<sub>2</sub>)

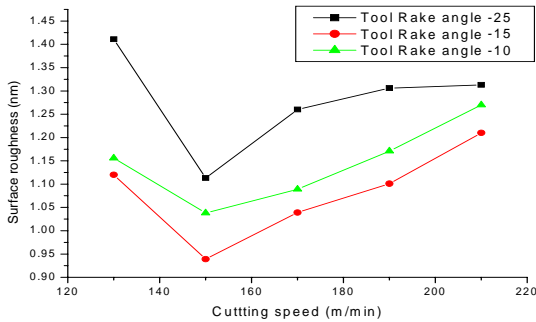
Table 1 Experimental Condition

Material	Calcium Fluoride
Cutting speed(m/min)	130, 150, 170, 190, 210
Feed rate(mm/min)	1.5, 3, 5, 7.5, 10
Depth of cut(μm)	0.5, 1, 3, 5, 10
Tool Rake angle	-10°, -15°, -25°
Nose radius (mm)	0.3
Cutting fluid	Air + EDM oil

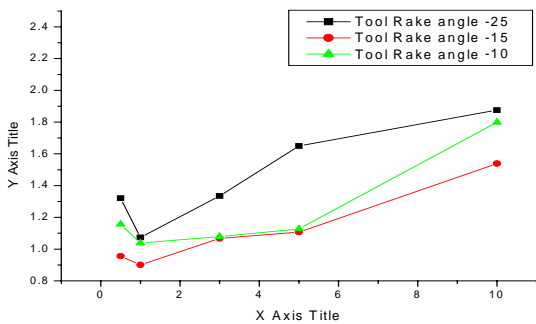
### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 4는 단결정 다이아몬드 화이트를 사용하여 CaF<sub>2</sub>를 이송 속도, 절삭 깊이, 절삭 속도 변화에 따른 표면 거칠기를 측정 한 결과이며, (a)는 Tool rake angle -10°, -15°, -25°에 대하여 절삭 속도를 단계적으로 130 ~ 210 m/min 변화에 대한 측정 결과이다. CaF<sub>2</sub>는 150 m/min일 때 공작물을 가공하는 것이 제품의 정밀도 향상에 도움을 주며, (b)는 절삭 깊이 변화에 따른 실험이며 Tool rake angle -10°, -15°, -25°에 대한 절삭 속도 150 mm/min, 이송속도 1.5 mm/min에서 각각의 절삭 깊이 0.5 ~ 10 μm에 따른 표면 거칠기를 측정 한 결과이다. (c)는 이송속도에 변화에 따른 실험으로 Tool rake angle -10°, -15°, -25°, 절삭속도 150 m/min, 절삭 깊이 1.0 μm에서 각각 이송속도 1.5 ~ 10 mm/min에 따른 표면 거칠기를 측정 한 결과이며, 평균적으로 이송속도가 일정속도를 증가하면 표면 거칠기가 나빠지는 경향을 볼 수 있다.

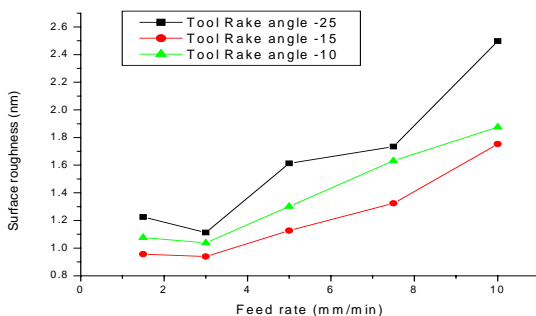
Fig. 5는 CaF<sub>2</sub>은 절삭속도 150 m/min, 절삭 깊이 1.0 μm, 이송속도 1.5 mm/min, Tool rake angle -15° 일 때 양호한 표면거칠기 Ra 0.66nm를 얻을 수 있었다.



(a) Surface roughness versus cutting speed



(b) Surface roughness versus depth of cut



(c) Surface roughness versus feed rate

Fig. 4 Result of measure to surface roughness

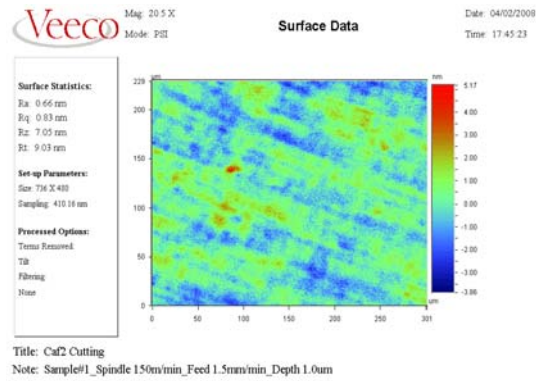


Fig. 5 Measurement of Caf2 Surface roughness by NT 2000

### 4. 결론

CaF<sub>2</sub>의 초정밀가공 특성을 파악하기 위하여 Nanoform 600 다이아몬드 터닝머신에서 천연다이아몬드 공구를 사용하였으며 절삭속도, 이송속도, 및 절삭깊이의 초정밀 절삭 조건에 따른 표면 거칠기 따른 표면 형상정밀도를 측정하였다. 이러한 CaF<sub>2</sub>의 초정밀 가공을 수행하여, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. CaF<sub>2</sub>의 최적절삭조건은 절삭속도 150 m/min, 절삭 깊이 1.0 μm, 이송속도 1.5 mm/min 일 때 Ra 0.66 nm의 표면 거칠기 결과를 얻을 수 있었다.
2. Tool rake angle에서는 -15° 일 때에 가장 양호한 표면 거칠기를 얻을 수 있었다.

### 참고문헌

1. H. Suzuki, S. Hara and H. Matsunaga, " study on Aspherical Surface Polishing Using a Small Rotating Tool. " Journal of the Japan Society for Precision Engineering, Vol. 59, No. 10, pp.1713 ~ 1718, 1993.
2. S. Itoh, " Study on Measurement of Axi-Symmetrical Form Generated by Ultra - Precision Machining ( 3rd Report ). " Journal of the Japan Society for Precision Engineering, Vol. 61, No. 3, pp. 391 ~ 395, 1995.
3. Donaldson, D. D. Thompson, " Design and Performance of Small Precision CNC Turing Machine." Ann. CIRP, Vol. 35, pp. 373~376, 1986.
4. 양순철, "F-θ 렌즈 가공을 위한 게르마늄의 초정밀 절삭 특성에 관한 연구."