초정밀 가공기를 이용한 적외선 초자 ZnS-MS의 초정밀 가공 특성에 관한 연구

Ultra Precision Machining the Characteristics of IR material ZnS-MS

*이길재[1], 허명상[1], 이상용[1], #김건희[1], 양순철[2], 원종호[3]
*G. J. Lee[1], M. S. Huh[1], S. Y. Lee[1], #K. H. Kim(kgh@kbsi.re.kr)[1] , S. C. Yang[2] , J. H. Won[3]
[1]한국기초과학지원연구원, [2]오송 첨단의료산업진행재단, [3]충남대학교 기계공학과

Key words : Ultra Precision Engineering, ZnS-MS(Zinc sulfide Multi spectral)

1. 서론

최근의 광학 재료들은 우수한 품질의 광학 표면을 얻기가 곤란하고, 높은 취성을 갖는다. 만약 이런 취성 재료들의 가공 조건들이 최적화 되지 않는다면 절삭영역에서 결정재료의 미세분열 때문에 가공표면에 피치와 크랙이 남게 될 것이다. 여기서 우리는 파쇄 기구로부터 크랙 발생과 전파가 재료의 응력 상태에 따라 달라진다는 것을 알 수 있다.[1)] 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 최적가공 조건을 얻을 수 있다.[2)]

본 연구에서는 넓은 파장영역에 고성능의 조리개 시스템에 적합한 광학 초자인 ZnS-MS(Zinc Sulfide Multi Spectral)의 최적의 초정밀 가공 특성을 파악하기 위하여 실험계획법을 이용하여 절삭속도, 이송속도, 공구 윗면 경사각, 절삭 깊이의 변화에 따른 표면 거칠기를 측정하여 최적 절삭조건을 찾았다.[3)]

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

본 연구에 사용된 초정밀 가공기는 Precitech 사의 Freeform700A 다이아몬드 터닝머신(DTM)이다. Fig.1의 Freeform700A 다이아몬드 터닝머신은 위치 정밀도가 1.4㎚, 회전 정밀도가 0.1㎛이며, 최대 ∅700㎜까지 가공이 가능하다. 표면 거칠기 측정 장비는 비접촉식 표면형상 측정기 WYKO사의 NT2000을 사용하였으며 측정기의 측정범위는 최대 100㎜ × 100㎜ 이고, 측정범위로는 0.1㎚~150㎛이며, 분해능은 0.1㎚이고 Auto Focusing 타입이다.

Fig. 1 Ultra Precision Freeform Generator (Freeform700A)

2.2 실험방법

ZnS-MS의 초정밀 최적절삭 조건을 찾기 위하여 실험계획법을 이용하였으며 표면 거칠기에 영향을 주는 Tool rake angle, 절삭속도, 절삭 깊이와 이송속도에 대한 표면 거칠기를 측정하여 최적의 초정밀 가공조건을 찾을 수 있었다. 실험방법으로 실험계획법의 3^4 요인배치법을 이용하여 실험테이블을 작성하고 가공조건은 Table 1과 같다. Fig. 2과 같이 단결정 다이아몬드 공구로 ∅ 15㎜, 두께 5㎜ 크기의 ZnS-MS를 절삭 실험을 하였고, 가공 후 절삭 조건에 따른 표면 거칠기는 NT2000으로 중심선 ∅5㎜ 부위에서 평균 거칠기를 반복 측정한 평균값으로 결과 값을 얻었다.

Table 1 Experimental Condition

Material	Zinc sulfide Multi spectral
Cutting speed (m/min)	121, 141, 188
Feed rate (mm/min)	3, 5, 10
Depth of cut (㎛)	1, 3, 5
Tool rake angle	-10°, -15°, -25°
Nose radius (mm)	1.0
Cutting fluid	Mist

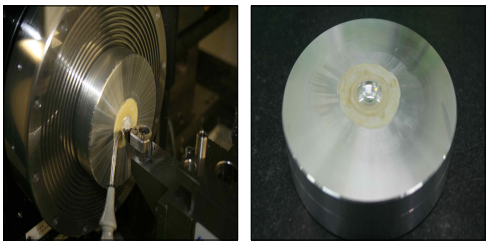

Fig. 2 Workpiece of cutting sample (ZnS-MS)

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 3는 단결정 다이아몬드 바이트를 사용하여 ZnS-MS를 공구 윗면 경사각 -10°, -15°, -25°, 절삭깊이 1㎛, 3㎛, 5㎛, 절삭속도 121, 141, 188, 이송속도 3, 5, 10로 각각 실험하여 표면 거칠기를 측정한 결과이다. 공구 윗면 경사각 -25°에서 절삭속도가 빨라질수록 양호한 표면 거칠기를 얻을 수 있었고 절삭량이 깊어지거나 이송속도가 증가하면 표면 거칠기가 나빠지는 경향을 볼 수 있다.

Fig. 4는 ZnS-MS를 절삭속도 188 m/min, 절삭깊이 1㎛, 이송속도 3㎜/min, 공구경사각 -25° 일 때 표면 거칠기 Ra 2.30㎚을 얻을 수 있었다.

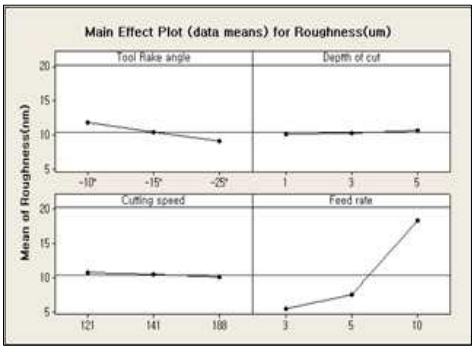

Fig. 3 Main effects plot for surface roughness

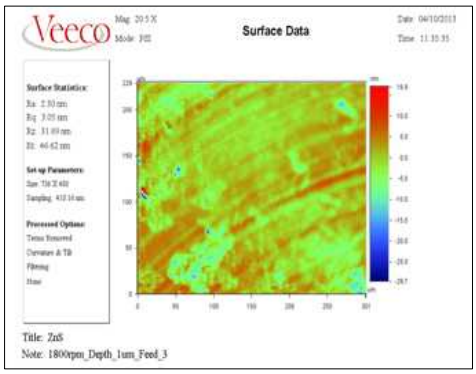

Fig. 4 Measurement of ZnS-MS Surface roughness by NT 2000

4. 결론

ZnS-MS의 초정밀가공 특성을 파악하기 위하여 Freeform700A 다이아몬드 터닝머신에서 천연다이아몬드 공구를 사용하였으며 절삭속도, 이송속도 및 절삭 깊이의 초정밀 절삭 조건에 따라 표면 거칠기를 측정하였다. 이러한 ZnS-MS의 초정밀 가공을 수행하여, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. ZnS-MS는 Tool rake angle -25° 일 때 가장 양호한 표면 거칠기를 얻을 수 있었다.

2. ZnS-MS의 최적절삭조건은 실험계획법을 이용하여 초정밀 절삭특성 결과 노우즈 반경 R1.0㎜, 절삭속도 188 m/min, 절삭 깊이 1㎛, 이송속도 3㎜/min 인 조건에서 가장 양호한 표면 거칠기 Ra 2.30㎚의 표면 거칠기 결과를 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. Donaldson, D.D. Thompson, "Design and Performance of small Precision CNC Turning Machine." Ann. CIRP, Vol. 35, PP.373~376, 1986.
2. 양순철, “F-θ 렌즈 가공을 위한 게르마늄의 초정밀 절삭 특성에 관한 연구.”
3. S. C. Yang, J.H Won, "Development of the Ultra precision machining of IR material for space observation optical system", KSPE, Vol.27, No.12, pp9-14, 2010