

셰이핑 공정을 이용한 고 세장비 미세 채널패턴 가공 High Aspect Ratio Micro Channel Pattern Machining using Shaping Process

*김병두¹, 이강원¹, 최두선¹, 이응숙¹, #제태진¹

*B. D. Kim¹, K. W. Lee¹, D. S. Choi¹, E. S. Lee¹, #T. J. Je(tj@kimm.re.kr)¹

¹한국기계연구원 나노기계연구본부

Key words : High aspect ratio, Micro channel, Shaping process, Single crystal diamond, Cutting force, Machining surface

1. 서론

광도파로, 디스플레이용 협 시야각 보안필름, 전자파 차폐용 필터 등에는 미세 사각채널 패턴 구조물이 적용되고 있다. 미세 사각 채널 패턴의 경우 패턴의 미세화와 함께 세장비를 확대화 하는 방향으로 연구가 진행 중이며 패턴의 형상이나 세장비에 따라 다양한 분야에 적용이 되고 있다. 먼저 광통신 분야에서는 광 신호를 전달하는 통로 역할을 하는 광도파로를 제작하기 위한 금형에 사용이 된다. 다음으로 정보통신의 발달과 함께 공중장소에서 디스플레이 사용이 빈번해져 개인 정보 노출의 위험이 증가됨에 따라 선택적 협 시야각화의 솔루션으로 광학 보안필름이 있는데 기존에는 3M에서 필름 적층공정과 절단 공정으로 제작을 하였으나 절단면에 의한 표면품질 저하 문제가 발생하여 그 대안으로 기계가공을 통한 대응을 시도하고 있고 전자파 차폐용으로도 사용이 되고 있다.

본 연구에서는 고 세장비 미세 사각 채널 패턴의 금형 가공을 목표로 미세 가공 공구의 설계 제작, 셰이핑 공정 확립, 절삭 깊이에 따른 절삭력 분석, 표면 상태의 분석 등에 관련된 연구를 수행하였다.

2. 미세 사각 채널 패턴 가공

2.1 미세 사각 채널 패턴

Fig. 1은 미세 사각 채널 패턴 형상을 나타낸 것이다.

이 패턴의 세장비는 격벽 구조물의 윗변(W_3)과 아랫변(W_2)에 대한 구조물의 가공 깊이(H) 비에 의해서 결정이 된다. 따라서 고 세장비를 가지는 패턴을 형성하기 위해서는 패턴의 미세화가 요구된다.

패턴 미세화는 공구 폭과 형상각 그리고 가공피치(P)에 따른 격벽두께(W_2, W_3) 조절로 결정이 된다. 또한 고 세장비 구조물은 장시간의 가공이 불가피하기 때문에 패턴 가공 불량률의 최소화 및 고균일의 안정된 가공을 위하여 공구 강성 및 격벽 가공 안정성 해석, 최적 절입 조건 및 공구 모니터링이 동시에 수행이 되어야 한다.

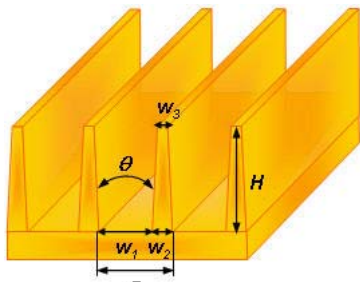


Fig. 1 Shape of micro channel pattern

2.2 실험 장치 구성 및 가공 방법

본 연구에서 다양한 용도에 맞는 사각채널 금형 가공을 위하여 Fig. 2과 같이 실험 장치를 구성하였다. 시스템은 X-Y-Z 기본

3축으로 구성이 되고 X-Y축은 분해능 5nm의 정밀도를 가지고 Z축은 40nm의 분해능을 가진다. Z축 tool post 부에 공구 동력계를 장착하여 미세절삭력을 측정할 수 있도록 하여 실시간으로 가공 상태 및 공구를 감시 분석 할 수 있도록 하였다.

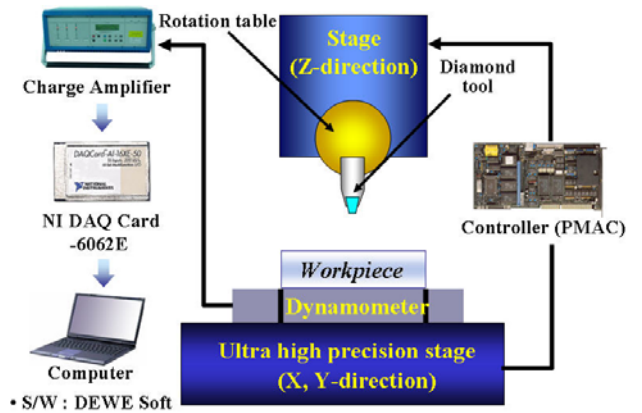


Fig. 2 Schematic of experimental setup

아래 Fig. 3은 제작한 천연 다이아몬드 공구를 나타낸 것이다.

Fig. 3(a)는 광도파로 금형 가공 용 공구로 끝단 폭이 15 μ m, 형상각이 30°이다. Fig. 3(b)는 보안 필름 및 전자 차폐용 금형 가공을 위한 공구로 끝단 폭이 120 μ m, 형상각이 5.72°이다.



(a) Tool for optical waveguide (b) Tool for privacy film

Fig. 3 Single crystal diamond tool

Fig. 4는 가공 공정을 나타낸 것으로 셰이핑 방식을 적용하여 절입 깊이를 점진적으로 증가시키며 가공하였다.

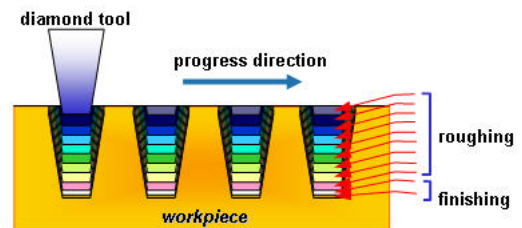


Fig. 4 Shaping process

3. 실험 및 결과

3.1 광도파로 용 금형 가공

5um/pass로 9회 황삭 가공을 하고 3um, 2um 절입 깊이로 정삭가공을 하여 최종깊이가 50um이고 피치가 56.8um인 광도파로 금형가공을 하였다.

Table 1은 광도파로 용 금형 가공을 위한 세부적인 실험 조건을 나타낸 것이다.

Fig. 5는 가공면 상태를 나타낸 것으로 단면 형상이 양호 하고 가공 표면과 에지부에 버 형성의 거의 발생하지 않았다. 따라서 가공표면 결함으로 정보손실을 발생시키는 광 산란등의 광학특성의 문제가 거의 없을 것으로 보인다.

Fig. 6는 절삭 힘 증가에 따른 절삭력을 나타낸 것이다. 절삭힘수가 증가 될수록 절삭 단면적의 증가에 따라 거의 직선형으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

Table 1 Experimental conditions

Cutting tool	single crystal diamond, width :15um, angle : 30°
Cutting speed	1,200mm/min
Cutting depth	roughing : 5um*9, finishing : 3um + 2um
Workpiece	6:4 brass
Pitch	56.8um

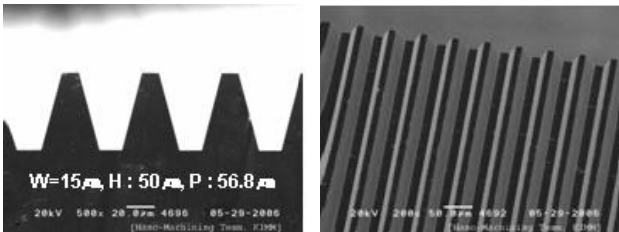


Fig. 5 Machining surface results

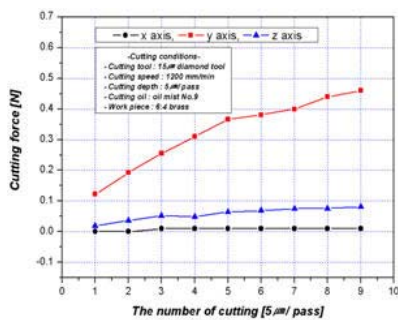


Fig. 6 Cutting force result

3.2 보안필름 용 금형 가공

Fig. 7은 헝 시야각 보안 필름 구조를 나타낸것이다. 광투과부는 가공에 의해서 제거되어 수지충전으로 투명층이 되고 광차단부는 금형에서 격벽부로 성형 후 잉크 충전으로 광을 차단하게 된다.

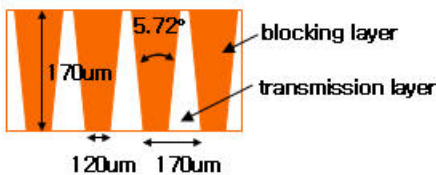


Fig. 7 Privacy film structure

Fig. 8은 가공 결과를 나타낸 것으로 진입부, 에지부, sidewall부 등 전체적으로 버 형성이 나 뜯김이 없이 양호한 가공 상태를 보였다.

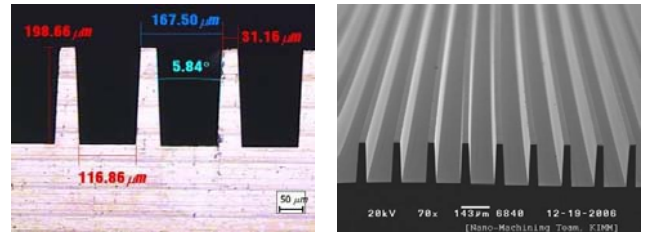


Fig. 8 Machining surface results

3.3 전자파 차폐용 금형 가공

Fig. 9은 전자파 차폐용 PDP 필터 금형 패턴 형상을 나타낸것이다. 격벽 구조물의 상부 폭을 기준으로 하면 세장비가 20이상이고 세장비 구조를 가진다.

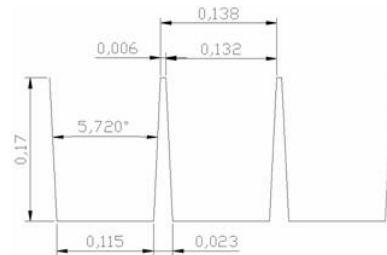


Fig. 9 Designed pattern

Fig. 10은가공면 결과를 나타낸 것으로 설계된 치수에 비해서 격벽의 두께가 얇은 것을 볼 수 있는데 이는 공구 제작 오차에 의한 것으로 보이고 에지부에 약간의 버가 형성된 것으로 볼 수 있으나 sidewall부는 거의 경면으로 형성된 것을 볼 수 있다.

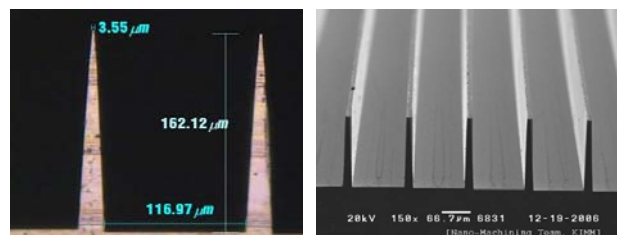


Fig. 10 Machining surface results

4. 결론

본 연구에서는 레이핑 공정을 이용하여 고 세장비 미세 사각 채널 패턴 구조물 금형 가공 실험을 수행하였다.

1. 고 세장비 미세 사각 채널 패턴 구조물 제작을 위한 기초 가공 기술을 확립하였다.
2. 다양한 고 세장 비 미세 사각채널패턴의 적용 예를 알아보고 요구사양에 따른 패턴 설계와 함께 금형제작을 하였다.

참고문헌

1. 홍성민, 제태진, “미세 사각형상 공구에 의한 광도파로 금형가공”, 한국기계가공학회 춘계 학술대회, 2006
2. 제태진, 홍성민, “마이크로 사각형상 공구에 의한 광도파로 금형가공”, 금형저널, pp68~74, 2006. 08