

미세 사각 패턴 가공 시 절입 깊이에 따른 영향 분석 Effects Analysis for Cutting Depth on Micro Channel Pattern Machining

*이강원¹, 김병두¹, 최두선¹, 이응숙¹, #제태진¹

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

¹ 한국기계연구원 나노기계연구본부

Key words : Micro channel pattern, Cutting depth, Machining surface, Cutting force, Chip formation

1. 서론

최근 디스플레이 응용분야에 사각 채널 패턴의 적용이 많이 요구되고 있으며 대표적인 예로 헵 시야각 보안 필름을 들 수 있다. 또한 광통신용 도파로나 광학필터 및 마이크로 렌즈 등 다양한 분야에 적용이 가능하다. 이런 사각 채널 패턴은 기존의 일반적인 마이크로 패턴과는 달리 고 세장비 구조를 가지고 있는 것이 특징이며 이를 기계적인 가공에 의해 구현하기 위해서는 공구 강성에 따른 공구 변형 및 파손, 가공 버 형성의 최소화, 절삭저항에 의한 구조물의 안정성 등을 고려하여 절입 깊이를 포함한 최적의 절삭조건이 필요하다.

본 연구에서는 미세 가공 시스템으로 기초실험을 수행하여 미세 사각 채널 패턴 가공 시 절입 깊이에 따른 영향을 가공면 상태, 가공 절삭력, 가공 칩 등을 통하여 분석하였다.

2. 미세 사각 채널 패턴 가공

2.1 미세 사각 채널 패턴 형상

Fig. 1은 사각 채널 패턴 형상 예를 나타낸다. 공구 형상각에 의해서 사각형상과 사다리꼴형상이 결정되는데 사각형상은 공구 제작이 어려워 본 연구에서는 사다리꼴 형상의 공구를 제작하여 고 세장비 사각 채널 패턴 가공을 위한 기초 실험을 수행하였다. 이 패턴은 주로 고 세장비 구조를 가지는 것이 특징이며 세장비(Aspect Ratio)는 격벽 구조물의 윗변과 아랫변의 길이에 대한 가공 깊이 비에 의해서 결정이 된다. 따라서 공구의 형상각을 예리하게 만들수록 세장비는 확대가 가능하나 가공조건에 따른 공구 강성을 고려하여 설계하여야 한다. 또한 일반적으로 공구 형상각이 다른 마이크로 패턴에 비해서 극히 작고 Over-depth에 의해서 정삭가공이 되는 패턴과는 가공 메커니즘이 달라 가공 중에 발생하는 버 제거가 쉽지 않아 초기 발생 버 최소화 및 디버링을 위한 방법이 요구된다.



Fig. 1 Examples of micro channel pattern

2.2 실험 장치 구성 및 가공 방법

본 연구에서 이용한 장치는 Fig. 2에 나타낸 것과 같이 서브미크론의 정밀도를 가지는 X-Y축 리니어 스테이지와 고 정밀 Z축 서보모터로 3축이 구성되고 Z축에 공구 동력계를 장착하여 가공 시 발생하는 X, Y, Z 3축의 절삭저항을 실시간으로 측정할 수 있도록 하였다. Fig. 3은 설계한 공구 형상 및 치수와 측정 사진을 나타낸 것이다. 폭이 120um이고 공구 형상각이 5.72°이며 재질은 단결정 다이아몬드이다. 설계상에는 측면 여유각이 1°로 되어 있으나 기하학적으로 형성할 수가 없는 치수로 가공 시 측면 마찰이 발생하지 않는 범위로 최소화하여 제작하였다.

가공방법은 Fig. 4와 같이 셰이핑 공정을 이용하였다.

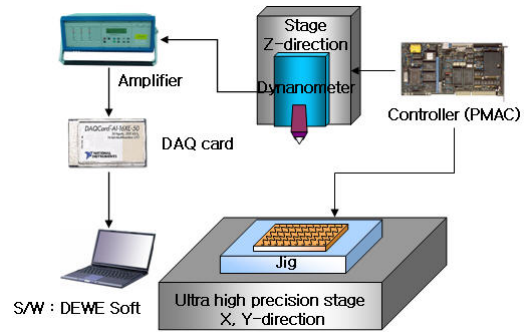


Fig. 2 Schematic of experimental setup

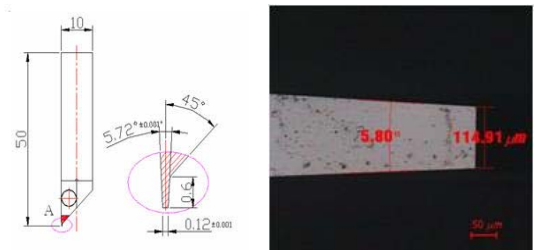


Fig. 3 Single crystal diamond tool

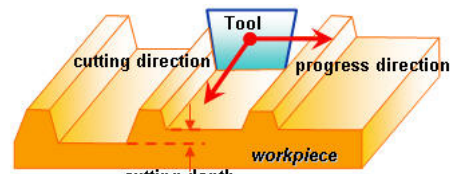


Fig. 4 Shaping process

Fig. 5는 실험 방법을 나타낸 것으로 1회 절입 깊이를 10um씩 증가시켜 가면서 절입 깊이에 증가에 따른 가공절삭력, 가공 패턴면, 칩 측정을 통하여 영향을 분석하였다.

Table 1은 세부적인 실험조건을 나타낸 것이다.

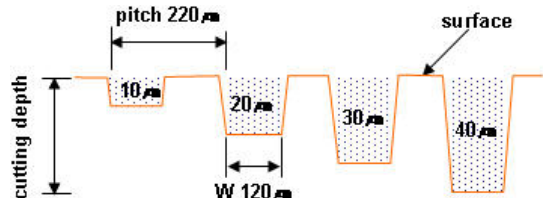


Fig. 5 Conditions of cutting depth

Table 1 Experimental conditions

Parameter	Value
Cutting tool	single crystal diamond, width : 120um, angle : 5.72°
Cutting speed	1,200mm/min
Cutting depth	10um, 20um, 30um, 40um
Workpiece	6:4 brass
Pitch	220um

3. 실험결과

3.1 가공면 분석

Fig. 6은 1회 절입 깊이가 증가에 따른 가공면 입구부 상태를 나타낸 것으로 절입 깊이가 증가될수록 버 형성이 증가되는 것을 볼 수 있으며 1회 절입 깊이가 약 20um이상에서부터는 그 경향이 두드러지는 것을 볼 수 있다.

Fig. 7은 1회 절입 깊이가 증가에 따른 에지부 상태를 나타낸다. 절입 깊이가 증가될수록 뜯김 발생이 증가하고 버 형성이 심화되는 것을 볼 수 있다. 앞서 설명한대로 사각패턴은 가공 메커니즘이 달라 버 제거가 잘 되지 않기 때문에 초기 절입 깊이를 Fig. 6과 Fig. 7의 결과를 통해 결정할 수 있다.

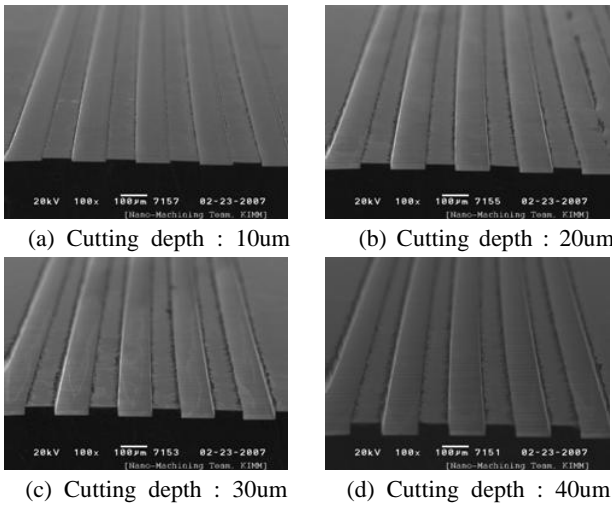


Fig. 6 Comparison of Machining surface I

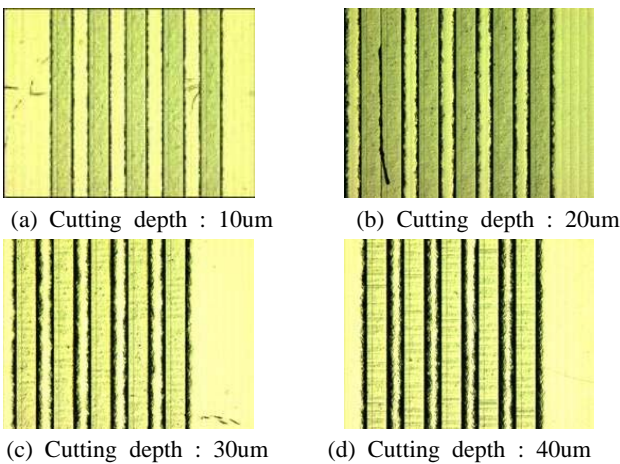


Fig. 7 Comparison of Machining surface II

3.2 가공 절삭력 분석

Fig. 8을 보면 미세 사각채널 패턴 가공 시 1회 절입 깊이가 증가에 따라 초기 진입 시 충격치가 증가하고 정적 가공 절삭력 증가와 함께 절입 깊이가 30um이상에서는 동적 절삭력 파형 폭도 두드러지게 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 공구 강성과 밀접한 관련이 있는 것으로 과도한 절입 깊이에 따른 절삭 저항에 의해서 공구 떨림이 발생한 것으로 보이며 위 가공면 상태와 같은 경향을 보인다.

3.3 가공 칩 분석

Fig. 9의 가공 칩을 보면 1회 절입 깊이가 10um에서는 유동형 칩이 발생을 하나 절입 깊이가 증가 될 수 록 칩 끊김이 발생을 하고 표면에 크랙이 형성되는 것을 볼 수 있다. 또한 칩 형성

상태와 가공면 상태가 밀접한 관련이 있음을 예측할 수 있다.

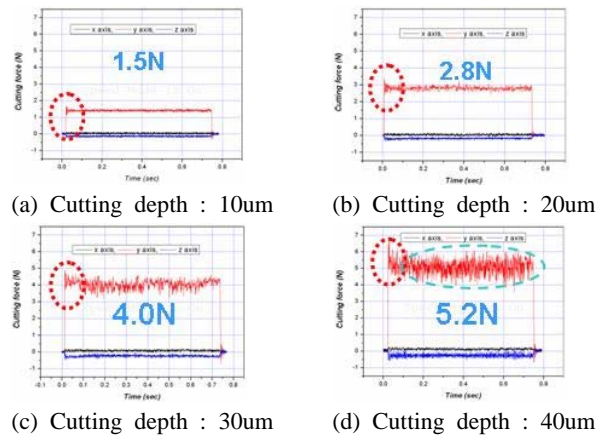


Fig. 8 Comparison of cutting force

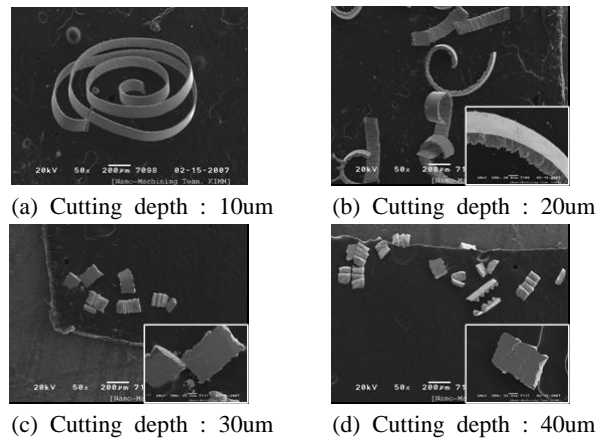


Fig. 9 Comparison of chip formation

4. 결론

본 연구에서는 기계적인 세이핑 공정을 이용하여 미세 사각 채널 패턴 가공 시 절입 깊이가 증가에 따른 영향을 알아보았다.

1. 1회 절입 깊이가 증가 할수록 정적절삭력의 증가와 함께 공구 강성과 관련하여 동적절삭력 진동 폭이 증가하였고 이를 통하여 설계된 공구사양에 대해서 안정된 절입 조건을 확인할 수 있었다.

2. 가공면 상태와 배출 칩 형상의 밀접한 관련이 있음을 확인할 수 있고 1회 절입 깊이가 증가에 따라 에지부 버 생성이 증가하고 칩 끊김과 함께 칩 표면에 크랙이 발생하였다.

참고문헌

1. 홍성민, 제태진, “미세 사각형상 공구에 의한 광도파로 금형가공”, 한국기계가공학회 춘계 학술대회, 2006
2. 제태진, 홍성민, “마이크로 사각 형상 공구에 의한 광도파로 금형가공”, 금형저널, pp68~74, 2006. 08
3. 홍성민, 제태진, 황경현 “공구특성변화에 따른 마이크로 V홈 절삭특성 분석”, 한국정밀공학회 추계학술대회, pp407~408, 2006