

# 평삭을 이용한 미세채널 가공에서 상면 버 억제를 위한 연구

## Study on Upper Burr Decrease for Micro Channel Machining using Orthogonal Cutting

\*박인석<sup>1</sup>, #제태진<sup>1</sup>, 최환진<sup>1</sup>, 김재구<sup>1</sup>, 박경택<sup>1</sup>, 유영은<sup>1</sup>, 최두선<sup>1</sup>, 황경현<sup>1</sup>

\*E. S. Park<sup>1</sup>, #T. J. Je(jtj@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, H. J. Choi<sup>1</sup>, J. G. Kim<sup>1</sup>, K. T. Park<sup>1</sup>, Y. E. Yoo<sup>1</sup>, D. S. Choi<sup>1</sup>, K. H. Whang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 나노공정장비연구실

Key words : Micro channel, Shaping process, Machining surface, Cutting force, Chip formation

### 1. 서론

조정밀 미세 절삭가공에서는 항상 마이크로 버(Micro burr)에 대한 문제가 부각되고 있다.[1] 특히 미세사각공구와 평삭가공법을 이용한 미세채널 금형가공에서는 상면 버(Upper burr)의 발생이 필연적으로 수반되고 있으며, 고세장비의 미세 채널 패턴을 가공하기 위해 중첩 가공을 수행 할 때는 이와 같은 상면 버의 성장이 큰 문제가 되고 있다.[2, 3, 4]

이에 따라 본 논문에서는 2차원 평판가공을 이용한 미세 사각 채널패턴 가공 시 채널 상면부에 발생하는 버의 감소를 위한 연구를 수행코자 하였다. 주요 연구내용으로는 초기 절삭 깊이에 따른 버의 발생 특성을 분석하고 버의 크기가 가장 작은 조건을 기반으로 미세 중첩가공 시의 버의 성장 상태를 고찰하였다. 공구폭 60 $\mu$ m, 형상각 2.89° 및 0° 인 2 종류의 다이아몬드 사각공구가 사용되었고 15 $\times$ 15mm<sup>2</sup> 면적의 6:4 황동 시편이 사용되었다. 가공 중에는 각 조건에 따른 절삭력이 측정 분석되고, 가공 시편의 표면상태 및 버의 변화상태 등이 분석되었다.

### 2. 실험장치 및 방법

#### 2.1 실험장치 및 공구

미세 사각 채널 가공을 실험을 위해 Fig 1과 같은 실험 장치를 구성하였다. 시스템은 X-Y-Z 기본 3축으로 구성되어 있으며 X-Y 축은 리니어 스테이지로 구동되며 분해능 5nm, Z축은 서보모터로 구동되며 40nm의 분해능을 가지고 있다. Z축에 공구 동력계(Dynamometer)를 장착하여 X, Y, Z축의 절삭력을 실시간으로 측정 할 수 있게 하였다.

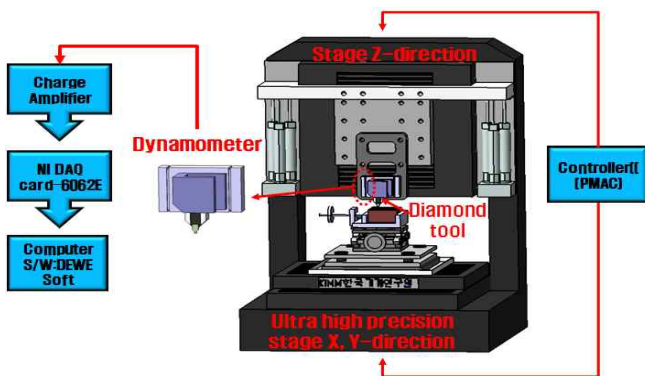
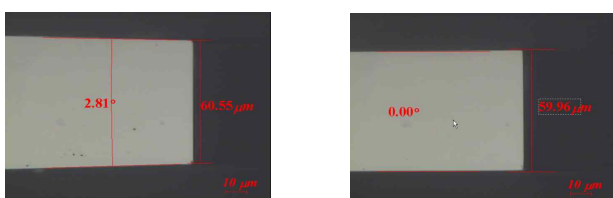


Fig. 1 Schematism of experimental setup



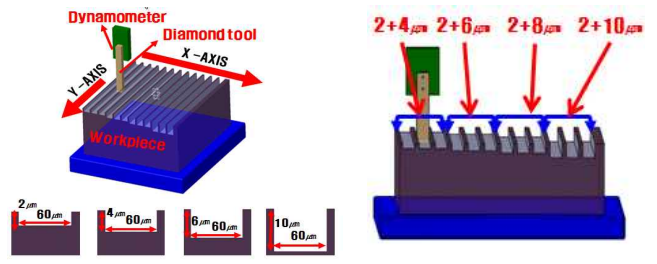
(a)Width=60 $\mu$ m, Angle=2.89° (b)Width=60 $\mu$ m, Angle=0°

Fig. 2 Designed tools for experiments

본 실험에서는 공구 형상각에 따른 버(burr)의 발생상태 관측을 위해 2종류의 사각공구를 제작하였다. Fig. 2는 본 실험을 위해 제작된 공구폭(W) 60 $\mu$ m의 천연 다이아몬드 사각공구 형상이다. Fig. 2(a)는 형상각 2.89°, (b)는 0°이며 각공구의 경사각은 0°, 전면 여유각은 3°, 측면 여유각은 1°로 설계 제작되었다.

#### 2.2 실험방법

Fig. 3은 미세 사각 공구를 이용하여 채널패턴을 가공하는 방법을 나타낸 것이다. Fig 3(a)는 초기 절삭 깊이에 따른 실험방법을 나타낸 것으로서 15 $\times$ 15mm<sup>2</sup>의 6:4 황동 시편에 절삭 깊이 2 $\mu$ m, 4 $\mu$ m, 6 $\mu$ m, 10 $\mu$ m의 조건으로 채널 패턴을 가공하였다. Fig. 3(b)는 상면버의 변화상태를 고찰하기 위해 중첩가공 실험을 수행하는 방법을 나타낸 것이다. 초기 절삭 깊이에 따른 가공실험을 통하여 채널 상면부의 버 발생이 가장 작고 표면상태가 양호한 조건을 선택하여 이를 기반으로 4, 6, 8, 10 $\mu$ m의 중첩가공을 하였다. Table 1은 1회 절삭깊이 실험 및 중첩가공의 실험조건이다.



(a) Depth 2, 4, 6, 10 $\mu$ m (b) Depth 2+4, 2+6, 2+8, 2+10 $\mu$ m

Fig. 3 Experiment method

Table 1 Cutting conditions

Machine Tool	Shaper (200 $\times$ 200 stroke)
Cutting tool	W60 $\mu$ m, $\theta$ =2.89°/ $\theta$ =0° diamond tool
Cutting speed	1,200mm/min
Pattern size	Pitch 80 $\mu$ m
Cutting depth	초기 2, 4, 6, 10 $\mu$ m   중첩 2+4, 6, 8, 10 $\mu$ m
Workpiece	6:4 brass, 15 $\times$ 15mm <sup>2</sup>
Cutting oil	Mist oil No.9

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 초기 절삭 깊이에 따른 가공면 분석

Fig. 4는 형상각이 서로 다른 공구로 초기 절삭 깊이에 따른 실험을 수행한 가공표면을 비교한 것이다. 공구 형상각과 관계없이 초기 절삭 깊이가 깊으면 상면 버의 발생이 심해졌다. 또한 초기 절삭 깊이를 2 $\mu$ m으로 했을 때 버의 발생이 가장 적었다. 공구형상 각 비교에서 상대적으로 0°의 공구가 2.89° 공구에 비해 상면 버 발생이 적었다. 이러한 결과는 공구 형상각이 있으면 측면부로 전달되는 절삭저항이 발생되고 이로 인하여 버 발생에도 영향을 미친 것으로 여겨진다. 이와 같은 실험 결과를 바탕으로 초기 절삭 깊이가 적을수록 버의 크기가 작아진다는 것을 확인하여 초기 절삭 깊이를 줄여서 중첩가공을 하면 버의 성장을 억제

할 수 있을 것으로 판단하고 중첩가공을 통한 상면 버의 성장상태 고찰실험을 수행하였다.

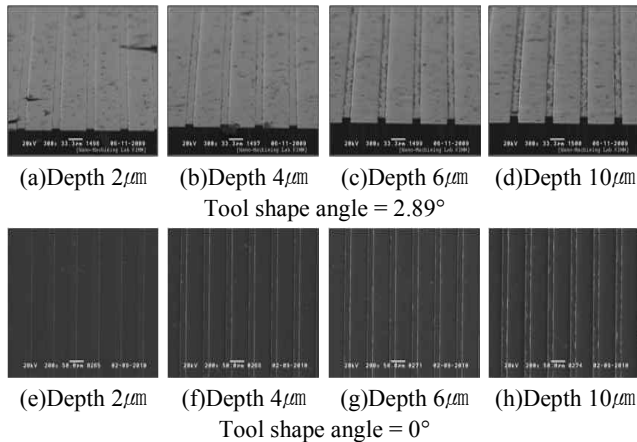


Fig. 4 Comparison of machining surface with tool angle

### 3.2 초기 절삭 깊이에 따른 실험 절삭력 측정

Fig. 5는 초기절삭 깊이에 따른 절삭력을 나타낸 것이다. 실험 결과 형상각 0° 인 공구의 절삭력보다 2.89° 인 공구의 절삭력이 높았다. 이것은 끝단 폭이 같은 공구로 동일 깊이로 가공 시 형상각이 있는 공구의 절삭 면적이 더 크기 때문에 나타난 현상이다.

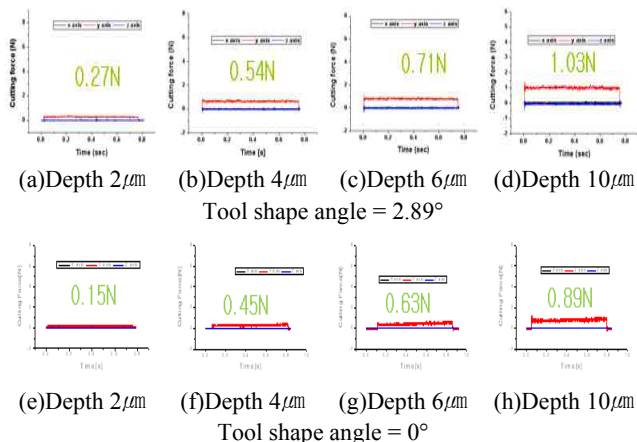
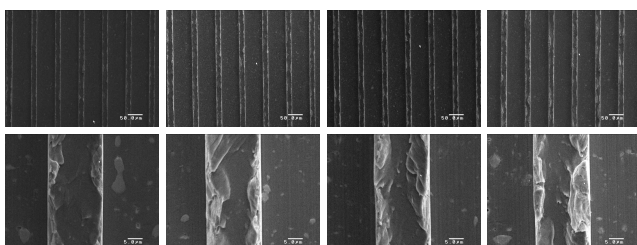


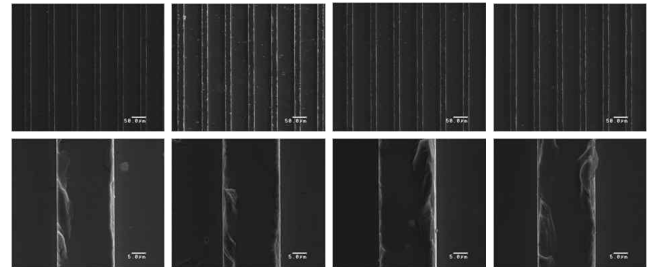
Fig. 5 Comparison of cutting force

### 3.3 중첩가공실험

Fig. 6은 초기 절삭깊이에 영향분석 실험에서 버 발생이 가장 적었던 2μm 채널가공 패턴을 기반으로 절삭깊이 4, 6, 8, 10μm을 적용하여 중첩 가공한 결과이다. 형상각 2.89°공구로 중첩 가공하였을 때 절삭 깊이가 증가 할수록 버의 성장이 두드러졌다. 이와 같은 결과는 Fig. 7(a)과 같이 공구 형상각이 채널 측면 상면부에 영향을 주어 발생한 것으로 여겨진다. 반면에 공구 형상각 0°의 경우에는 미세한 버 성장은 확인 되었으나 중첩 절삭 깊이가 깊어져도 버의 성장은 적었다. 이것은 Fig. 7(b)과 같이 공구 형상각이 없으므로 중첩가공 시 채널 측면 상면부에 영향이 적었던 것으로 여겨진다.



(a)Depth 2+4μm (b)Depth 2+6μm (c)Depth 2+8μm (d)Depth 2+10μm  
Tool shape angle = 2.89°



(a)Depth 2+4μm (b)Depth 2+6μm (c)Depth 2+8μm (d)Depth 2+10μm  
Tool shape angle = 0°

Fig. 6 Comparison of burr growth with cutting by cutting

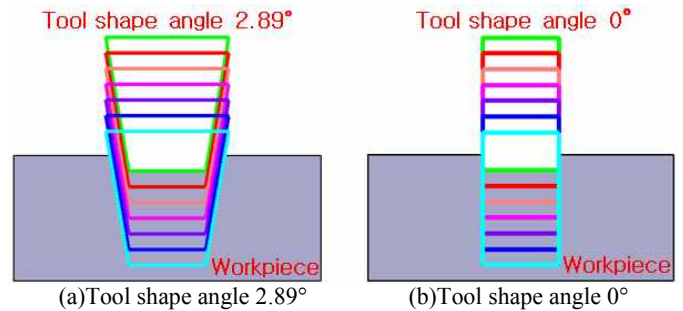


Fig. 7 Analysis of effect with tool shape angle

## 4. 결론

본 연구에서는 평삭을 이용한 미세사각 채널 가공에서 문제가 되는 상면버의 발생을 줄이기 위한 관련 실험을 수행하고 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 공구 형상각과 관계없이 초기 절삭 깊이가 클수록 상면 버의 발생 양이 커졌다. 공구형상 각 비교에서 상대적으로 0°의 공구가 2.89° 공구에 비해 상대적으로 상면 버의 발생이 적었다.
2. 형상각 0° 인 공구의 절삭력보다 2.89° 인 공구의 절삭력이 높았다. 이것은 끝단 폭이 같은 공구로 동일 깊이로 가공 시 형상각이 있는 공구의 절삭 면적이 더 크며 절삭저항도 크기 때문에 나타난 현상이다.
3. 초기 절삭 깊이에 따른 실험에서 버 발생이 가장 적은 절삭 깊이에 중첩가공 하였을 때 공구 형상각 2.89° 공구로 중첩 가공한 결과 공구 형상각이 채널 측면 상부에 영향을 주어 중첩 가공 깊이가 커질수록 상면버의 발생이 심했다. 반면에 공구형상 각 0°를 공구를 이용하여 중첩 가공한 결과 중첩 절삭 깊이가 커져도 버 발생이 커지지 않았다.

## 참고문헌

1. 고성림, “버 관련기술의 이해와 그 추세,”대한 기계 학회지, 33,33~46, 1993.
2. Tae-Jin JE, Kang-Won LEE, Sang-Cheon PARK, Jae-Gu Kim, Doo-Sun CHOI, Kyoung-Taik PARK, Kyung-Hyun WHANG "Influence of tool deflection on micro channal pattern of 6:4 brass with rectangular tool," Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 19, 164-170, 2009.
3. 제태진, 김재구, 박경택, 이강원, “평삭에 의한 고종횡비 미세 채널 패턴 가공 연구,”한국 정밀 공학회지, 731-732, 2008.
4. 이강원, 김병두, 최두선, 이응숙, 제태진, “미세 사각 패턴 가공 시절입 깊이에 따른 영향 분석,”한국 정밀 공학회지, 839-840, 2008.