

# 단결정 다이아몬드공구를 이용한 대면적 롤금형의 미세 절삭가공 특성

## Micro Machining of Large Surface Roll Mold with Single Crystal Diamond tool

\*이동윤<sup>1</sup>, 송기형<sup>2</sup>, 박경희<sup>3</sup>, 최영재<sup>2</sup>, #이석우<sup>4</sup>

\*D. Y. Lee<sup>1</sup>, K. H. Song<sup>2</sup>, K. H. Park<sup>3</sup>, Y. J. Choi<sup>2</sup>, #S. W. Lee<sup>4</sup>(swlee@kitech.re.kr)

<sup>1</sup>한국생산기술연구원 융합생산기술연구그룹, <sup>2</sup>한국생산기술연구원 디지털협업센터

<sup>3</sup>한국생산기술연구원 생산시스템연구그룹, <sup>4</sup>한국생산기술연구원 충청권지역본부

Key words : Micro machining, Roll mold, Single crystal diamond tool, Cutting force

### 1. 서론

넓은 면적을 갖는 표면에 미세 패턴을 기계가공하는 공정기술에 대한 관심이 광학 부품을 제조하는 분야를 중심으로 활발하게 일어나고 있다. 이러한 대면적 미세패턴 가공공정기술은 높은 품질을 갖고 있는 공학 부품을 대량으로 제작할 수 있다는 장점을 갖고 있기 때문에 특히 디스플레이 분야를 중심으로 연구가 진행되고 있다. 과거 도광판(LGP: Light guide plate)을 사출성형하기 위해서 사용하였던 평금형에 비하여, 롤금형은 금형 자체의 제작 시간을 크게 단축시킬 수 있으며, 대면적화에 유리하고 무엇보다도 연속성형이 가능하다는 장점을 갖고 있으므로, 대형 디스플레이제품의 프리즘 시트와 같은 대형 광학 부품에 많이 적용되고 있다. Fig. 1은 롤금형을 가공하기 위해 사용되는 초정밀 선반을 보여주고 있으며, 프리즘 시트 제작을 위한 초정밀 롤금형을 제작하기 위해서 모든 이송축과

회전축에 유정압 베어링을 적용하였고, 온도와 습도가 일정하게 유지되는 환경에서 가공을 수행하고 있다. Fig. 1의 장비에 설치되어 있는 롤금형은 강관으로 정밀하게 제작된 원통을 필요에 따라 구리나 니켈로 도금한 후 다이아몬드공구를 이용하여 가공하고 있으며[1], 롤금형의 수명 연장을 위하여 크롬이나 니켈로 코팅하여 사용하기도 한다. 최근에는 20 $\mu$ m 이하의 크기를 갖는 미세패턴이 가공된 2m 이상의 길이를 갖는 롤금형이 많이 사용되고 있다.

과거 많은 연구자들에 의하여 크기효과(size effect) 및 임계칩두께(critical chip thickness) 등과 같은 미세 절삭가공 특성이 논의된 바 있다.[2]

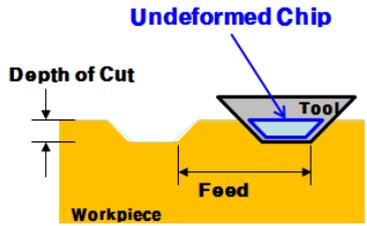
본 논문은 동도금된 롤금형의 미세 절삭가공특성을 분석하는 것을 목적으로 하고 있으며, 가공깊이 변화에 따른 절삭력을 측정 후 분석하였고, 다이아몬드공구의 절삭에지반경(cutting edge radius)을 측정하여 임계칩두께와 비교하여 보았다.



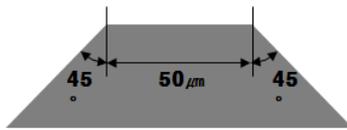
Fig. 1 Experimental Equipment (Drum lathe)

### 2. 실험 방법

Fig. 1에서 보이는 장비를 이용하여 실험을 수행하였으며, Fig. 2는 본 실험을 위해서 사용한 다이아몬드공구의 형상과 가공 조건을 보여주고 있다. 공구의 경사각은 0도, 여유각은 6도로서 천연다이아몬드공구를 사용하였으며 결정방향(crystal orientation)은 1 1 0 이다. 절삭속도는 300m/min으로 설정하였고, 미변형칩형상(undeformed chip shape)을 유지하면서, 가공 깊이를 1 $\mu$ m에서 20 $\mu$ m까지 변화하면서 가공실험을 수행하였으며 각각의 경우에 대해서 절삭력을 측정하였다.



(a) Undeformed chip shape

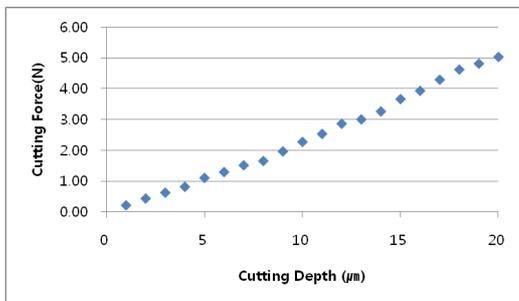


(b) Undeformed chip shape

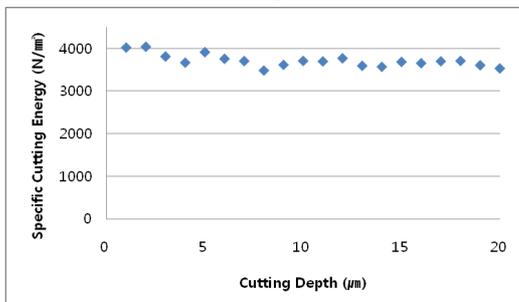
Fig. 2 Experimental conditions

### 3. 실험결과

Fig. 3은 가공 깊이 변화에 따른 절삭력(Cutting force)과 비절삭력(Specific cutting force) 이 계산된 결과를 보여주고 있다. 가공 깊이가 증가함에 따라 절삭력은 비례하여 증가하나, 비절삭력은 일정한 값을 유지하고 있다. 가공깊이에 대한 절삭공구의



(a) Cutting forces



(b) Specific cutting forces

Fig. 3 Experimental results

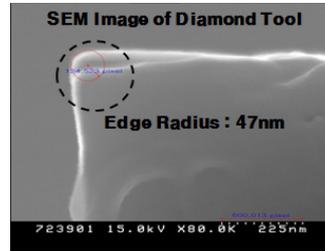


Fig. 4 SEM image of diamond tool

절삭에지반경의 비율이 일반가공(Conventional machining)에 비해 크기 때문에 미세 절삭가공에서는 가공깊이가 작아질수록 비절삭력의 크기가 커지는 현상이 발생하며, 이를 크기효과라고 하는데, 가공깊이가 절삭에지반경에 비해서 상당히 작은 경우 경사각이 음의 값을 갖는 부분이 발생하기 때문으로 알려져 있다. Fig. 4는 몰금형 가공에 사용하는 다이아몬드공구의 절삭에지를 측정 한 사진이며, 절삭에지반경이 50nm 이내로 측정되었고, 몰금형 가공의 최소 가공깊이가 1μm인 점을 감안하면, 음의 경사각 부분은 크게 고려하지 않아도 무방하다. 즉, 몰금형 가공에서는 크기효과가 발생하지 않는 것으로 사료된다.

### 4. 결론

단결정 다이아몬드공구를 이용한 몰금형의 미세 절삭가공의 경우 절삭에지반경이 매우 작기 때문에 일반적으로 알려진 미세 절삭가공에서의 크기효과를 무시할 수 있다.

### 후기

본 연구는 지식경제부에서 산업원천기술개발 사업으로 지원하는 '대면적 미세 가공공정 원천기술 개발' 과제를 통해서 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 이동윤, 홍상현, 강호철, 최현중, 이석우, "전해 니켈도금된 대면적 몰금형 가공시 단결정 다이아몬드공구의 마모에 관한 연구," 대한기계학회 논문집 A권, **33**(7), 621-628, 2009
2. J. Chae, S. S. Park, and T. Freiheit, "Investigation of micro-cutting operations," INT J MACH TOOL MANU, **46**, 313-332, 2006