

## 알루미늄 합금의 초정밀 플라이커팅에 관한 연구

박순섭\*, 이기용, 김형모, 황연(한국생산기술연구원)

### A Study on Ultra-precision Fly-cutting of Aluminum Alloy

Soon-Sub Park, Ki-Yong Lee, Hyoung-Mo Kim, Yeon Hwang(KITECH)

#### ABSTRACT

For the machining of freeform surface, fly cutting is one of the key technology to meet profile accuracy and surface roughness simultaneously. Fly cutting can be applied to manufacturing of optical components with complex profile. In this study aluminum alloy was machined in the process of ultra precision fly cutting and investigated optimum machining conditions in terms of feed-rate, pitch per cycle and depth of cut.

**Key Words :** ultra precision(초정밀), fly-cutting(플라이커팅), Interrupted machining(단속 절삭)

#### 1. 서론

IT 산업의 발달에 따른 광학부품의 소형화 정밀화는 초정밀 가공의 적용영역을 다양화시키고 있으며, 반대로 가공의 정밀도 및 제품의 품질 요구 정도는 높아지고 있다.

플라이커팅은 단속절삭의 한 방식으로 CNC 제어 가공기를 통한 복합형상 자유곡면의 가공에 적용될 수 있는데, 특히 초고정도를 요구하는 F-theta 렌즈 금형 가공은 레이저 프린터 시장의 수요 증가와 정밀금형에 대한 요구에 따라 다양한 시도가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 알루미늄 합금계열에서의 최적가공 조건을 찾고 가공 메커니즘에 대한 기하학적 접근을 통해 가공면의 형상오차(form error)  $Ra \leq \lambda/10$  ( $\lambda=632$  nm), 표면 조도(surface roughness)  $Rmax \leq 10$  nm의 조건을 만족하기 위한 실험을 수행하였다.[1,2]

#### 2. 실험 조건과 설정

본 연구에서는 federate, depth of cut, pitch per cycle의 조건을 변화시키며 최적의 가공조건을 찾기 위한 반복적 조건하에서 가공이 수행되고, 가공면은 형상오차와 표면조도의 항목으로 성능이 평가되어진다. [3]

Table.1 은 실험이 수행된 조건인데 가공 바이트는 노즈 반경  $R=5$ mm의 다이아몬드 바이트를 전용 지그에 장착하여 사용하였다. 실험에 쓰인 테스트 시편은 Al 합금 재질(S3M)을 사용하였다.

실험은 1nm 수준의 제어가 가능한 4축 제어 초

정밀 가공기(ULG100, Toshiba)가 사용되었으며, Mist 오일의 분사 조건하의 semi-dry cutting 을 적용하고, 가공면 데이터 신뢰성을 위해 공구 스피들의 balancing 최적 조건인 바이트 회전수(12,000rpm)를 사용하였다.

Table.1 Experimental conditions

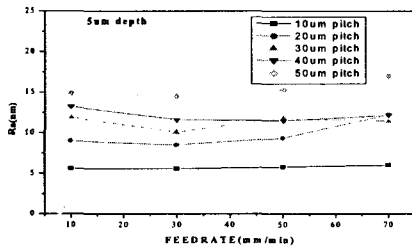
Bite(material)	Single crystal Diamond
Bite radius(mm)	5
Mist	Semi-dry cutting
Feed rate(mm/min)	10,30,50,70
Depth of cut(um)	5, 10
Pitch per cycle(um)	10,20,30,40,50
Work piece material(S3M,%)	Al(Cu0.001↓, Si0.005↓, Fe0.004↓, Mg3.7~4.5)

#### 3. 실험 결과와 고찰

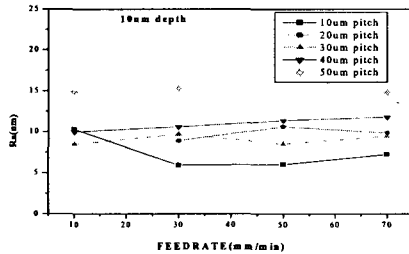
형상정도와 표면조도의 측정에는 레이저 간섭계 타입의 표면형상 측정기(Interferometric surface profiler, NV-E1000)와 접촉식 표면형상 측정기(Contact type surface profiler, FTS)를 이용하였다. Al 계열의 가공 특성상 5um 이하의 depth of cut에서는 표면의 가공이 제대로 수행되지 않는 특성을 고려하여 절삭 깊이는 5um 와 10um 의 두 경우를 실험하였다. Fig.2 의 결과와 같이 depth of cut 5um 의 경우 Fig.2 a)가 10um 의 경우 Fig.2 b) 보다 비교적 양호한 표면 조도를 보임을 알 수 있다. 그러나 Feed rate 의 변화에 따른 표면조도는 실험조건 내(Feed

rate: 10~70um)에서 특별한 경향성을 보이지 않는 것을 확인할 수 있다.

Pitch per cycle 과 표면 조도의 관계는 Fig.3 에서와 같이 10~100um 의 구간에서 비례관계를 보이는 것을 확인할 수 있다. 그러나 20~40um/cycle 의 구간에서는 비교적 크지 않은 편차를 보인다

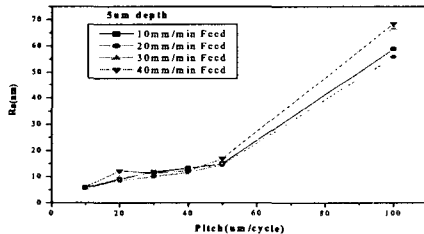


a) surface roughness with variation of feed rate(5um depth of cut)

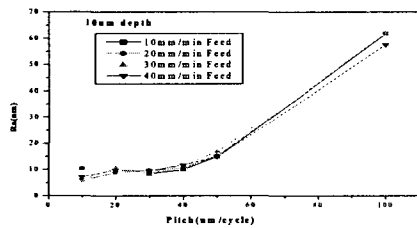


b) surface roughness with variation of feed rate(10um depth of cut)

Fig.2 Surface roughness versus feed rate



a) surface roughness with variation of pitch per cycle(5um depth of cut)



b) surface roughness with variation of pitch per cycle(10um depth of cut)

Fig.3 Surface roughness versus pitch per cycle

#### 4. 결론 및 고찰

본 연구는 알루미늄 합금(S3M)의 경면 fly-cutting 의 최적 조건을 찾기 위해 Feed rate, Pitch per cycle, Depth of cut 의 관점에서 실험을 수행하였다. 평가 요소로는 가공면의 형상정도와 표면조도를 측정하였고, 기하학적인 접근에 의한 표면조도와 비교를 하였다. 이상의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. Feed rate 는 0~70mm/min 의 영역에서는 경향성을 보이지 않는다.

2. Depth of cut 은 5um 미만에서는 가공조건에 따라 일반적으로 표면조도가 나빠지고, 5um 와 10um 의 경우에는 특별한 차이를 보이지 않았다.

3. Pitch per cycle 은 30um 이하에서는 기하학적인 예측값과 비슷한 수준( $Rpv \leq 10um$ )을 보이나 그 이상에서는 시뮬레이션과 다른 경향을 보인다.

추후 칩 생성 및 바이트의 마모에 영향에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.[4,5]

#### 참고문헌

1. J. Chae, S.S. Park and T. Freiheit, Investigation of micro-cutting operations, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 46, Issues 3-4, March 2006, Pages 313-332
2. K. Liu, X. P. Li and M. Rahman, Characteristics of high speed micro-cutting of tungsten carbide, Journal of Materials Processing Technology, Volume 140, Issues 1-3, 22 September 2003, Pages 352-357
3. Brian P. O'Connor, Eric R. Marsh and Jeremiah A. Couey, On the effect of crystallographic orientation on ductile material removal in silicon, Precision Engineering, Volume 29, Issue 1, January 2005, Pages 124-132
4. Hisham A Abdel-Aal, John A. Patten and Lei Dong, On the thermal aspects of ductile regime micro-scratching of single crystal silicon for NEMS/MEMS applications, Wear, Volume 259, Issues 7-12, July-August 2005, Pages 1343-1351
5. T. P. Leung, W. B. Lee and X. M. Lu, Diamond turning of silicon substrates in ductile-regime, Journal of Materials Processing Technology, Volume 73, Issues 1-3, January 1998, Pages 42-48