

# 타원진동을 이용한 타프피치동의 미세절삭가공에 관한 연구

\*김기대<sup>1</sup>, 노병국<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 대구가톨릭대학교 기계자동차공학부, <sup>2</sup>한성대학교 기계시스템공학과

## A Study on the Elliptical Vibration Micro Cutting of Tough Pitch Copper

\*G. D. Kim<sup>1</sup>, B. G. Loh<sup>2</sup>

<sup>1</sup> School of Mech. and Auto. Eng., Catholic Univ. of Daegu, <sup>2</sup> Dept. of Mech. Sys. Eng., Hansung Univ.

Key words : Elliptical vibration micro cutting, Tough pitch copper, Burr, Chip shape, Cutting force

### 1. 서론

MEMS, 정밀광학 산업, 디스플레이 산업에서 미세부품을 정밀하게 가공할 필요성은 날로 증대되고 있다. 현재까지 수행된 표면의 미세 가공기술로서는 미세방전가공, LIGA 공정, 레이저가공, 전해가공, 그리고 포토 리소그래피 공정 기술 등을 들 수 있다. 그러나 각각의 공정들은 재료의 한계, 고비용, 열변형, 비선형성 광학현상, 거친 표면거칠기, 전극 가공의 필요성, 긴 제작시간 등의 단점을 가지고 있다. 특히 미세 금형에서 홈(groove)의 정밀한 가공이 중요한데, 위와 같은 문제점들을 해결하기 위하여 초음파 기술을 이용하게 되었다.

타프피치동(Tough pitch copper)은 전기동을 용융, 정제하여 구리(Cu) 중의 산소를 300~600ppm 정도 함유한 연성(ductility)이 매우 풍부한 정련동이다. 고순도의 원재료를 엄선하여 분위기 제어(atmospheric control)를 통해 불순물을 제거함으로써 열/전기 전도성, 가공성, 내식성이 좋아 각종 스위치, 릴레이, 차단기, 변압기, 유도로용 코일 및 부품 재료로 널리 사용된다.

본 연구는 연성이 풍부하고 응용성이 다양한 타프피치동을 미세한 두께로 V홈을 가공할 때 공구에 초음파로 진동하는 타원 궤적의 진동을 생성하여 줌으로써 형상 정밀도를 향상시키는 것을 목적으로 한다. 가공 중의 절삭력의 변화와 표면정도 및 형상 정밀도의 변화, 그리고 칩 형상의 변화 등을 관찰함으로써 연성재료 절삭 시 초음파 타원궤적 진동절삭의 유효성을 살펴보고자 한다.

### 2. 시험 방법

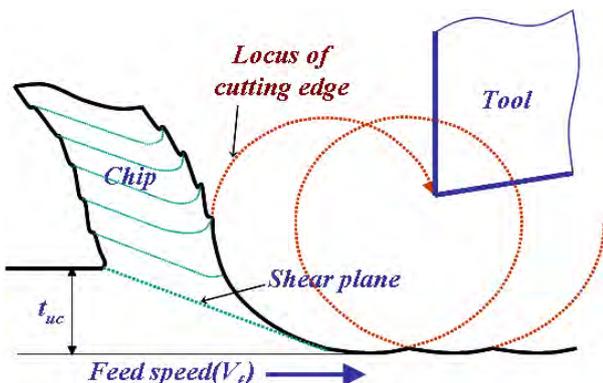


Fig. 1 Elliptical vibration cutting(EVC)

타원궤적 진동절삭(EVC)이란 Fig. 1에 나타난 바와 같이 절삭공구가 타원궤적을 그리면서 절삭 방향과 배분력 방향으로 2차원의 진동을 생성하면서 가공하는 절삭의 형태를 말한다. 일반절삭(Ordinary cutting, OC)에 비하여 칩의 두께가 얇아지고 마찰력이 감소하여 절삭력이 감소하고 형상정밀도가 향상되는 것으로 알려져 있다.<sup>[1-5]</sup>

Fig. 2는 공구에 타원궤적 진동을 생성시키기 위한 구조로 본 연구에서는 한 쌍의 평행한 PZT에 위상 차이를 두고 65kHz의 정현파형 전압을 인가하여 이들의 합성 운동으로 원하는

2차원 타원궤적을 얻었다.<sup>[4-5]</sup> 1 μm 이내의 노우즈 반경을 가진 단결정 다이아몬드 공구를 부착하고 정밀 xyz 스테이지로 구동하는 절삭 기구를 구성하였다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 연성이 큰 타프피치동(C1100P)을 재료로 하여 미세 V 홈을 세이핑(shaping) 가공할 때 일반가공법과 타원궤적 진동절삭 가공법의 여러 가지 가공성능을 비교하였다.

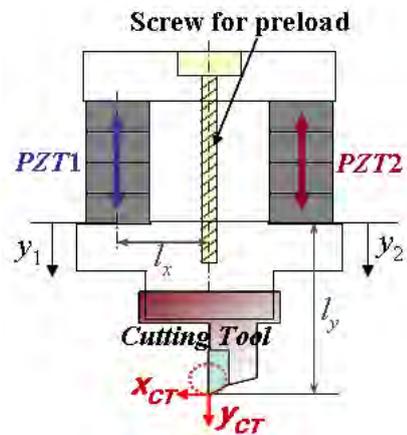


Fig. 2 Structure of PZTs and cutting tool

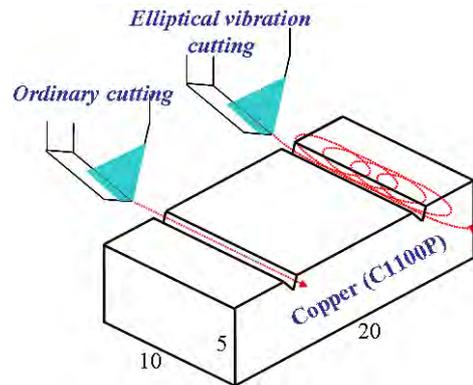
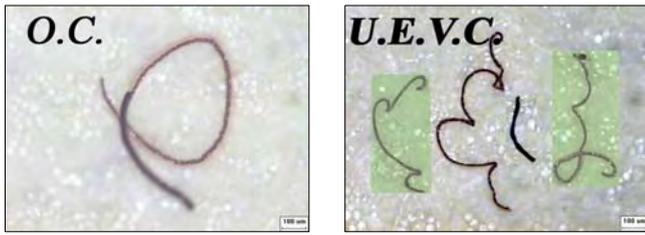


Fig. 3 Comparison of V-grooving

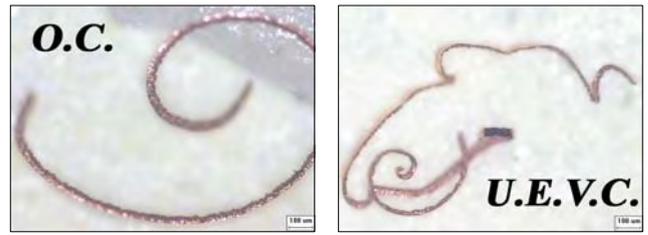
### 3. 시험 결과

Fig. 4은 절삭깊이를 5 μm로 하고 이송속도를 5mm/s로 하여 일반절삭과 타원 진동절삭 시 생성된 칩의 형상, 가공면의 상태, 절삭력의 크기를 비교한 것이다.

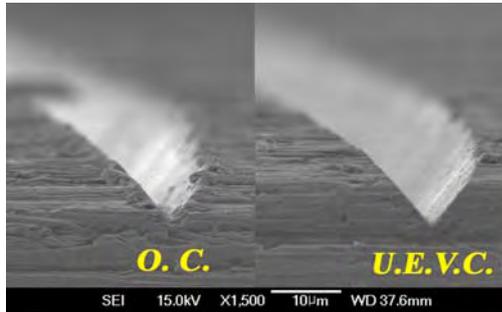
Fig. 4(a)에서 보이는 바와 같이 일반가공 시에는 상대적으로 곡률반경이 크고 두꺼운 칩이 생성되었지만, 타원진동절삭 시에는 곡률반경이 작고 상대적으로 얇은 불연속형 칩이 생성되었다. 구리와 같은 연성 재료를 타원궤적 절삭가공하면 Fig. 1에서 보이는 바와 같이 칩과 공구사이에 작용하는 마찰력은 일반가공과는 달리 칩 배출을 도와주는 작용을 하고 따라서 칩의 곡률을 더 크게 해준다. 연성재료라 할지라도 칩의 곡률이 커지면 불연속형 칩이 생성될 수 있다. Fig.4(b)는 이러한 두 가지 방식으로 절삭 가공한 뒤, 공구 이탈(exit) 시 생성된 V 홈의 형상을 SEM



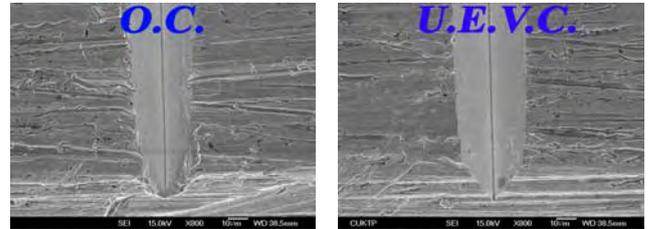
(a) Chip shape



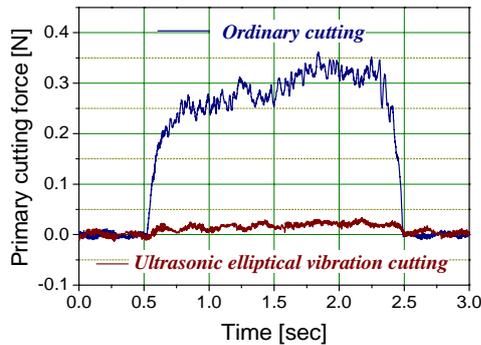
(a) Chip shape



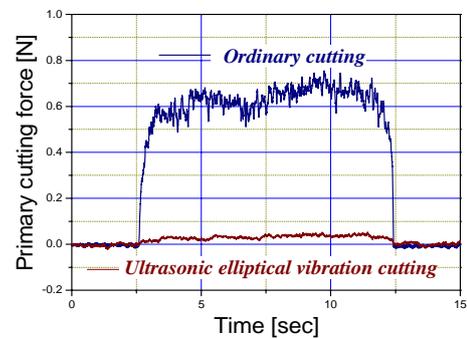
(b) Machined surface (exit view)



(b) Machined surface (exit upper view)



(c) Cutting force



(c) Cutting force

Fig. 4 Comparisons of ordinary cutting(O.C.) and ultrasonic elliptical vibration cutting(U.E.V.C.) (Depth of cut = 5 µm, Feed speed=5mm/s)

Fig. 5 Comparisons of O.C. and U.E.V.C. (Depth of cut = 20 µm, Feed speed=1mm/s)

으로 촬영한 것이다. 일반가공에 비하여 타원진동 절삭가공을 수행하면 미세 홈의 형상 정밀도가 훨씬 향상되었음을 확인할 수 있다. Fig. 4(c)는 공구동력계로 측정된 절삭력의 크기를 비교한 것이다. 초음파 타원진동 절삭을 수행하면 칩의 두께가 얇아지고 칩과 공구사이의 마찰력이 감소하여 주절삭력이 90% 이상 감소하였다.

Fig. 5는 절삭깊이를 20µm로 크게 하고 이송속도를 1mm/s로 줄여서 일반절삭과 타원진동절삭을 같은 방법으로 수행한 후, 생성된 칩의 형상, 가공면의 상태, 절삭력의 크기를 비교한 것이다. Fig. 4의 시험 결과와 거의 동일한 결과를 얻었다. Fig. 4에 비하여 절삭깊이가 커서 칩이 두꺼워짐으로써 불연속형 칩이 생성되지는 않았으나, 타원궤적 진동 절삭을 수행하면 칩의 폭물이 커지고 두께가 얇아졌음을 확인할 수 있다. 주절삭력의 크기가 90% 이상 감소하였고 버(burr)의 감소로 인해 V홈의 형상정밀도가 크게 향상되었음을 확인하였다.

#### 4. 결론

절삭공구에 한 쌍의 압전소자(PZT)를 이용하여 65kHz의 초음파로 타원진동을 생성시키면서 연성이 풍부한 재료인 타프피치동을 세이핑 공정으로 V 홈 절삭 가공하였다. 시험 결과 초음파 타원진동 절삭을 수행하면 진동을 발생시키지 않는 일반 절삭가공법에 비하여 절삭력이 90% 이상 감소하였으며 생성되는 칩의 폭물은 더 크고 두께가 더 얇아짐을 확인하였다. 또한 버 생성이

억제되어 미세 절삭 가공된 홈의 형상정밀도가 크게 향상되었다.

#### 참고문헌

1. Shamoto, E. and Moriwaki, T., "Study on Elliptical Vibration Cutting," Annals of the CIRP, 43, 35-38, 1994.
2. Ma, C., Shamoto, E., Moriwaki, T. and Wang, L., "Study of machining accuracy in ultrasonic elliptical vibration cutting," International Journal of Machine Tools and Manufacture, 44, 1305-1310, 2004.
3. Moriwaki, T., Shamoto, E., "Ultrasonic Elliptical Vibration Cutting," Annals of the CIRP, 44, 31-34, 1995.
4. Loh, B. G., Kim, G. D., "Micro Ultrasonic Elliptical Vibration Cutting - (I) The Generation of a Elliptical Vibration Cutting Motion for Micro Ultrasonic Machining," Journal of KSPE, 22(12), 190-197, 2005.
5. Kim, G. D., Loh, B. G., Hwang, G. S., "Micro Ultrasonic Elliptical Vibration Cutting - (II) Ultrasonic Micro V-grooving Using Elliptical Vibration Cutting," Journal of KSPE, 22(12), 198-204, 2005.