

# 마이크로 방전 가공에서 요동운동을 이용한 구멍 가공에 대한 연구 Electrical Discharge Machining of Micro-Holes with Orbital Motion

\*김기도<sup>1</sup>, #김보현<sup>2</sup>

\*K. D. Kim<sup>1</sup>, #B. H. Kim (kimbh@andong.ac.kr)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 안동대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 안동대학교 기계공학과

Key words :Micro hole, Micro EDM, Orbiting

## 1. 서론

최근 미세 부품의 수요가 늘어남에 따라, 미세 구멍 가공의 필요성도 높아지고 있다. 특히, 금속에 지름 100 μm 이하의 미세 구멍을 가공하는 경우 미세 드릴링 방법은 공구의 파손과 변형에 취약하다. 이에 비해 방전 가공은 기계적인 힘을 받지 않는 비접촉가공으로 버의 발생이 없고 공구의 뒤틀림이 없는 장점이 있다. 하지만 일반적으로 구멍의 지름이 작아질수록 구멍에서 가공 부스러기를 배출하기가 쉽지 않기 때문에 가공할 수 있는 구멍 깊이가 줄어드는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 초음파 진동을 이용한 가공, 탈이온수를 이용한 가공, 공구의 형상을 변형시켜 이용한 가공 등이 연구되었다.<sup>1,2</sup> 한편, 일반 형조 방전 가공에서는 가공 부스러기를 배출하기 위해 전극 또는 가공물을 일정한 방향으로 왕복 운동을 시키는 요동 운동(orbiting or planetary movement)이 이용된다. 따라서 본 논문에서는 미세 방전 구멍 가공에서 가공 깊이를 증가시키기 위해 Fig. 1 과 같이 요동 운동을 적용하였으며 그 영향에 대해서 연구하였다.

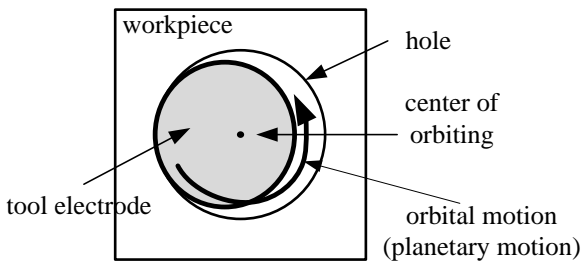


Fig. 1 Orbital motion of a tool electrode in EDM drilling

## 2. 실험 장치

실험에서 사용된 방전 가공 회로로서 RC 회로를 이용하였으며 미세 공구 전극은 초경합금(WC)를 미세 방전 연삭(Wire Electrical Discharge Grinding, WEDG) 방법으로 제작하였다.<sup>1</sup> 가공된 구멍의 지름이 100 μm 가 되도록 전극의 직경을 74 μm, 70 μm, 64 μm 로 가공하였으며 이는 요동운동의 편심 반경(eccentric radius)에 따라 달라진다. 미세 구멍 가공에 이용한 가공 조건은 Table 1 에 나타내었다.

Table 1 Machining condition

Electrode	WC alloy (Ø 64 - 80 μm)
Workpiece Electrode	SUS304 (t: 500, 1000 μm)
Voltage	100V
Resistance	1kΩ
Capacitance	1000pF - 20000pF
Dielectric fluid	Kerosene
Spindle speed	3000 rpm
Hole diameter	100μm

## 3. 원형 전극을 이용한 미세 구멍 가공

먼저 요동운동을 적용하지 않은 미세 구멍 가공의 특성을 알아보았다. 일반 원형 전극을 이용하여 500 μm 두께의 스테인레스(304SS) 시편에 구멍을 가공하였으며 콘덴서용량의 영향을 알아보기 위해 1000, 5600, 10000, 20000 pF의 4가지 콘덴서를 이용하였다. Fig. 2 와 같이 전극 이송 속도는 콘덴서 용량이 커질수록 빨라진다. 하지만 Fig. 3 과 같이 콘덴서의 용량이 클수록 전극의 마모도 커지기 때문에 5600, 1000, 20000 pF의 조건에서는 구멍 관통까지 걸리는 시간에 큰 차이를 보이지 않았다. 1000pF의 경우에는 구멍이 관통되기까지 많은 시간이 걸렸으며 이는 방전 에너지가 작기 때문이라 판단된다. 한편, 방전 가공에서는 가공 표면은 콘덴서 용량이 커질수록 거칠어진다. 따라서 본 실험에서는 거의 비슷한 가공 속도를 보이며, 가공 표면 품질에 유리한 5600 pF를 이용하였다.

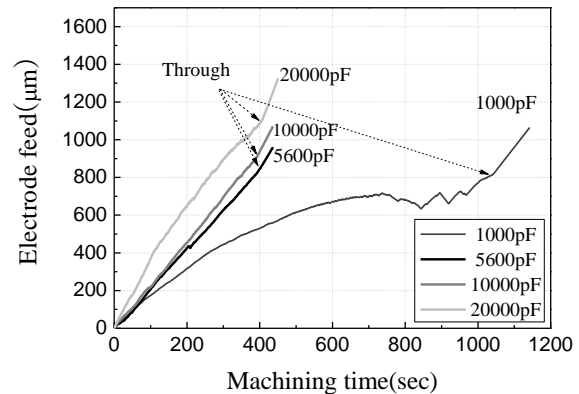


Fig. 2 Electrode feed in EDM with cylindrical electrode (workpiece: SUS 304, thickness 500 μm)

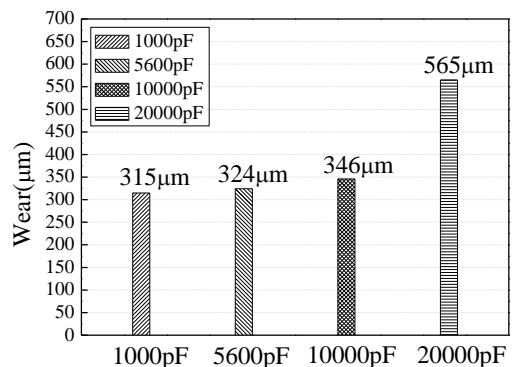


Fig. 3 Electrode wear in EDM (Ø 80μm cylindrical electrode)

## 4. 요동가공

방전 가공에서의 요동가공법은 전극의 이송과 함께, 가공물이나 전극을 수평으로 일정한 주기로 왕복 운동을 시키는 것을 말한다. 구멍 가공에서는 전극을 구멍 중심에서 약간의 편심반경을 주어 회전시키는데, 이 때 요동 운동에 의해 구

명과 전극 사이의 여유 공간이 생기게 된다. 편심반경을 통해 만들어진 여유공간으로 인해 방전의 결과물로서 원하지 않는 2 차 방전, 간극 오염 등의 원인이 되는 가공 부스러기(debris)의 배출이 용이해진다. 이로 인해 일반 방전가공으로 만들 수 있는 구멍보다 깊은 미세 구멍 가공이 가능하다. 편심반경에 따른 가공성의 변화를 살펴보기 위해서 두께 1 mm 스테인리스강에 구멍을 가공하였다. 가공되는 구멍의 지름을 100  $\mu\text{m}$  로 맞추기 위해 편심반경(eccentric radius)이 3  $\mu\text{m}$ , 5  $\mu\text{m}$ , 8  $\mu\text{m}$  인 경우 전극의 직경을 각각 74  $\mu\text{m}$ , 70  $\mu\text{m}$ , 64  $\mu\text{m}$  로 가공하였다.

Fig. 4 와 같이 편심반경이 3  $\mu\text{m}$  일 경우 관통을 못하였지만 8  $\mu\text{m}$  의 경우에는 1000 초 내외에서 구멍이 관통되었고 5  $\mu\text{m}$  의 편심반경의 경우 755 초에서 관통이 되었다. 편심반경 8  $\mu\text{m}$  의 경우에는 공구의 직경이 64  $\mu\text{m}$  로 작아 상대적으로 공구의 마모가 많았다. 그 결과 공구 이송속도는 빠르지만 관통까지 걸리는 시간은 더 오래 걸렸다. 편심반경 3  $\mu\text{m}$  의 경우에는 초기 공구 이송속도는 편심반경이 5  $\mu\text{m}$  인 경우와 유사한 경향을 보이지만 구멍의 깊이가 깊어지면서 급격한 가공성의 저하를 보이며 결국 구멍 관통에 실패하였다. Table 2 에 편심반경이 5, 8  $\mu\text{m}$  일 때의 가공 시간과 전극 마모를 나타내었다. 편심반경이 5  $\mu\text{m}$  의 경우가 상대적으로 적은 공구 마모와 빠른 가공시간을 보였다. Fig. 5 는 요동운동을 이용하여 가공한 미세 구멍의 사진이다.

### 5. 결론

깊은 미세 구멍의 방전가공에서 요동운동이 가공성에 미치는 영향을 알아보았다. 요동가공에서 편심 반경과 공구 직경에 변화를 주어 지름 100  $\mu\text{m}$ , 깊이 1000  $\mu\text{m}$  의 구멍을 가공하였다. 편심반경이 너무 작은 경우(3  $\mu\text{m}$ ) 구멍 관통을 하지 못하였지만 이보다 요동반경을 크게 준 경우(5  $\mu\text{m}$ , 8  $\mu\text{m}$ )에는 관통이 되었다. 이는 요동 반경으로 인해 여유 공간이 생기고 이를 통하여 가공 부스러기가 쉽게 배출되어 방전이 안정적으로 일어나기 때문이다. 하지만 편심반경이 8  $\mu\text{m}$  인 경우에는 공구의 직경이 64  $\mu\text{m}$  로 작아 상대적으로 전극 마모가 많이 발생했다. 결과적으로 공구의 진입속도는 빠르지만 많은 양의 마모로 인해서 전체적인 가공시간은 오히려 더 길어지는 결과를 보였다. 편심반경은 5  $\mu\text{m}$  의 경우 가장 빠른 가공 속도와 적은 전극 마모를 얻을 수 있었다. 그 결과 요동운동을 이용하지 않는 경우보다 가공 깊이를 약 67% 더 깊게 가공할 수 있었다.

### 참고문헌

[1] Masuzawa, T., Fijino, M., Kobayashi, K., "Wire Electrodischarge Grinding for Micromachining", Annals of the CIRP, 34, 431-434, 1985.  
 [2] Yu, Z.Y., Rajurkar, K.P., Shen, H., "High Aspect Ratio and Complex Shaped Blind Micro Holes by Micro EDM", Annals of the CIRP, 51, 359-362, 2002.

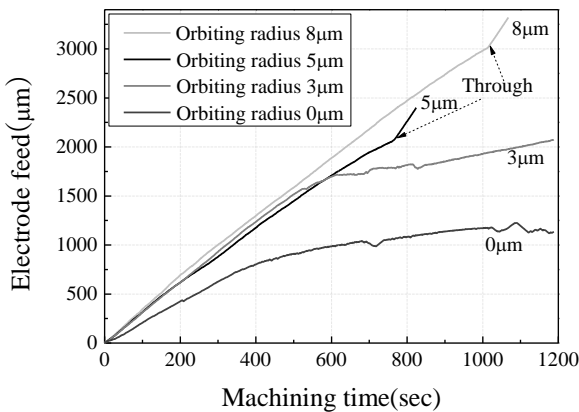


Fig. 4 Electrode feed in EDM with orbital motion (workpiece: SUS 304, thickness: 1000 $\mu\text{m}$ )

Table 2 Machining time and tool wear according to eccentric radius

Eccentric radius	5 $\mu\text{m}$	8 $\mu\text{m}$
Machining time	755sec	1013sec
Wear	1044 $\mu\text{m}$	2013 $\mu\text{m}$

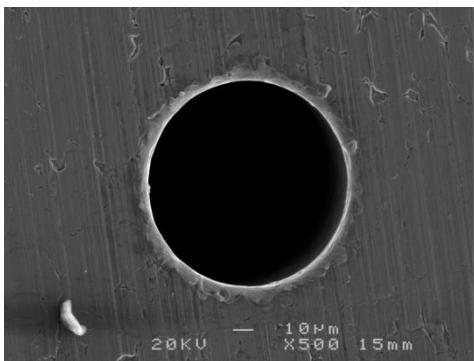


Fig. 5 Micro hole by orbiting EDM with 5 $\mu\text{m}$  eccentric radius (304SS, 1 mm thickness, 100  $\mu\text{m}$  diameter)