

# 전해증착에 의한 미세 방전가공 공구 제작 Fabrication of Micro EDM Tool Electrode by Electrochemical Deposition

\*권민호<sup>1</sup>, #정도관<sup>1</sup>, 박민수<sup>2</sup>, 김규만<sup>3</sup>, 주종남<sup>1</sup>  
 \*M. H. Kwon<sup>1</sup>, #D. K. Chung(dogani04@snu.ac.kr)<sup>1</sup>, M. S. Park<sup>2</sup>, G. M. Kim<sup>3</sup>, C. N. Chu<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 서울대학교 기계항공공학부, <sup>2</sup> 서울산업대학교 제품설계금형공학과, <sup>3</sup> 경북대학교 기계공학부

Key words : Electrochemical deposition, Tool electrode, Micro EDM

## 1. 서론

방전가공은 전기에너지를 이용하여 모재를 용융시켜 가공하는 방법으로서 전도성 물질이면 재료의 강도나 경도 등 기계적 성질에 관계없이 가공이 가능하기 때문에 최근 산업현장에서 널리 쓰이며 그 중요성이 증대되고 있다.<sup>1</sup> 또한, 미세 방전가공은 다른 가공 방법들에 비해서 높은 정밀도의 미세 형상을 가공할 수 있다.<sup>2</sup> 그러나 전극 마모가 발생하고 가공 속도가 비교적 느리다는 단점이 있기 때문에 전극 마모에 의한 형상 오차 보정, 가공 효율 향상 등에 관한 다양한 연구가 수행되고 있다. 이러한 미세 방전가공의 단점 보완을 위한 연구로서 공구 전극 제작에 대한 연구도 활발히 이루어지고 있다.<sup>3,5</sup> 일반적으로 방전가공에서 전체 가공 시간과 비용의 50% 이상이 전극 제작에 소요된다.<sup>6</sup> 따라서 효율적인 방법의 공구 전극 제작을 통해서 미세 방전가공의 가공 효율성을 높이고, 가공특성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

일반적으로 와이어방전연삭(Wire electrical discharge grinding, WEDG)이나 역방전으로 미세 방전 전극을 제작한다. 최근 들어 Takahata<sup>3</sup> 등은 LIGA 공정을 이용하여 미세 방전 전극을 제작하였고, Hu<sup>4</sup> 등은 UV-LIGA 공정을 적용하여 고세장비의 미세 방전가공용 전극을 제작하고 방전가공을 수행한 바 있다. Habib<sup>5</sup> 등은 펄스 전압을 이용한 전해증착을 통해서 다양한 형태로 전극을 제작하였다.

본 연구에서는 전해증착을 이용하여 미세 방전가공용 공구 전극을 제작하고, 미세 방전가공에 적용해 봄으로써 미세 전극 제작의 효율성을 높일 수 있는 가능성을 모색해 보았다.

## 2. 실험 장치

Fig. 1 은 전해 증착을 위한 실험 시스템이다. 시스템의 기본적인 원리는 황산구리와 황산의 혼합 수용액 내에 전류를 인가하여 전극에 구리가 증착시키는 것이다. 전류를 인가하는 방식으로서 펄스 전압, 일정 전압, 일정 전류 등을

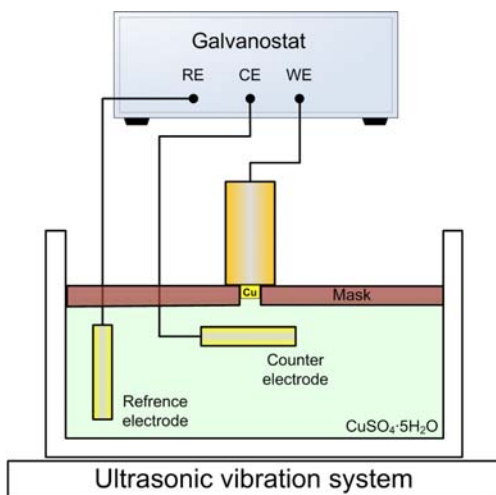


Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup of electrochemical deposition

을 인가하는 방식이 있지만 전류밀도에 의해 결정되는 증착 구조물의 높이를 예측하기 용이하도록 일정 전류를 인가하는 방식을 선택하였다. 따라서 일정전류기(Galvanostat)를 이용하여 Fig. 1 과 같이 작업전극(Workpiece electrode), 대전극(Counter electrode), 기준전극(Reference electrode)의 시스템을 구성하고, 일정한 전류를 인가하였다. 대전극과 기준전극으로는 순도 99.99%의 구리를 사용하였고, 작업전극(Workpiece electrode)로는 실험 준비와 처리과정의 용이성을 위하여 구리보다 강성이 높은 인청동을 사용하였다. 전해액으로는 250g/l 황산구리와 60g/l 황산의 농도를 가진 혼합 수용액을 사용하였다. 마스크를 원하는 공구 전극 형상으로 제작하고, 작업전극과 밀착되도록 하였다. 또한, 전해증착 반응시에 생성되는 기포를 마스크 밖으로 배출시키고, 마스크 내로의 이온 공급을 원활하게 하기 위해 전해액에 초음파를 부가하여 진동시키는 방식을 이용하였다.

## 3. 실험 및 결과

마스크를 이용한 전해증착에서 마스크 내의 이온 공급과 기포 배출이 가공 조건의 안정성에 큰 영향을 미친다. 마스크 내의 기포가 배출되지 못하면 기포에 의해서 용액 저항이 변화하여 인가된 전류 및 전압 조건이 불안정하게 변화하게 되고 이온 공급을 방해하여 영성한 구조의 증착물이 형성된다. 따라서 마스크의 두께가 얇아질수록 마스크 내의 기포 배출과 이온 공급이 원활해진다. 하지만 두께가 얇아지면 마스크가 초음파에 의한 피로 파괴 등의 문제가 빈번히 발생하기 때문에 실험을 통하여 마스크의 두께를 500 μm로 선정하였다. 500 μm 이상의 두께에서는 초음파를 부가하여도 마스크 내의 기포 배출 및 이온 공급의 문제가 발생하여 영성한 구조로 증착물이 형성되었다.

두께 500 μm의 엔지니어링 플라스틱에 직경 100 μm의 구멍을 가공하여 마스크를 이용하고 전해액에 초음파를 부가하여 전극을 제작하였다. 일정전류기를 이용하여 시간당 50 μm 높이로 증착되도록 전류를 인가하였다. 가공 시간은 4 시간으로 증착물의 높이는 최종적으로 200 μm이었다. Fig. 2 는 제작된 공구 전극의 표면으로서 매끈하고 치밀한 구조를 이루고 있어 방전가공용 전극으로 이용하는 데 문제가 없는 품질을 보여주었다.

이와 같이 제작된 직경 100 μm, 길이 200 μm의 구리 전

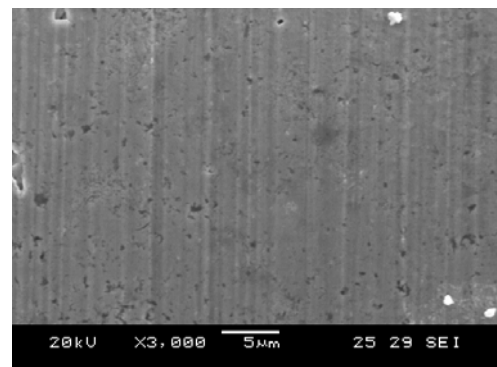


Fig. 2 Surface of deposited tool electrode

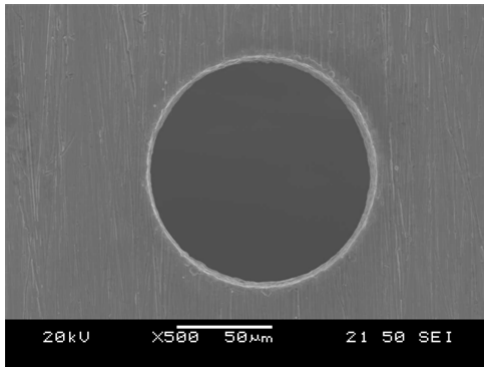
극을 이용하여 깊이 100  $\mu\text{m}$ 의 미세 방전 드릴링을 4 회 반복적으로 수행하여 가공양상을 살펴보았다. 미세 방전가공에 사용된 가공 조건은 Table 1 에 나타내었다.

미세 방전가공 전후의 공구 전극과 가공된 작업물을 살펴 봄으로써 방전가공의 성공적인 수행 여부를 확인하였다. Fig. 3 은 스테인리스강에 방전가공된 미세 구멍이다. 반경 방향으로 평균 10  $\mu\text{m}$ 의 가공 간극을 갖는 미세 구멍이 가공되었다. Fig. 3(a)는 미세 구멍의 입구를 정면에서 관찰한 것으로서 진원도가 유지된 형상으로 가공이 이루어졌음을 볼 수 있다. Fig. 3(b)는 측면에서 관찰한 것으로서 미세 구멍의 벽면에 균일한 형태로 형성된 방전 크레이터가 나타난 것을 보면 정상적으로 방전이 일어나면서 가공이 수행되었음을 알 수 있다.

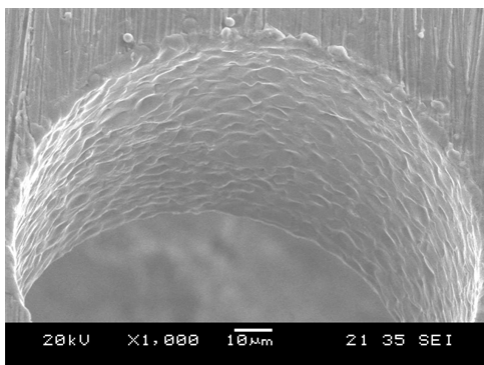
또한, 미세 방전가공 전후의 공구 전극을 관찰함으로써 방전가공이 성공적으로 수행된 것을 확인할 수 있었다. Fig. 4(a)는 미세 방전가공 전의 공구 전극이고, Fig. 4(b)는 100  $\mu\text{m}$  깊이의 미세 구멍 가공을 1 회 수행한 후의 공구 전극이다. 영성한 구조로 증착된 공구 전극을 이용하여 방전가공을 수행할 경우에는 전극의 마모가 가공 깊이의 50%에 이를 정도로 크게 일어나고, 마모가 균일하지 않게 부서러 지듯이 발생한다. 하지만 본 가공에서는 일반적인 방전가공에서의 마모특성과 같이 끝 부분이 약간 둥글게 되는 형

Table 1 Machining condition of EDM using deposited electrode

Parameters	Values
Workpiece	Stainless steel 304
Hole depth	100 $\mu\text{m}$
Applied voltage	100 V
Capacitance	600 pF
Feed rate	1 $\mu\text{m/s}$



(a) Top view

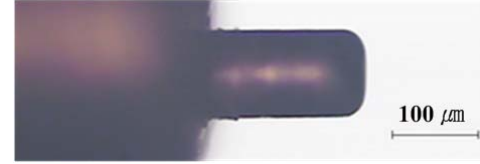


(b) Side view

Fig. 3 Micro-hole machined by copper deposited tool electrode



(a) before electrical discharge machining



(b) after electrical discharge machining

Fig. 4 Deposited tool electrode

태로 나타났다. 100  $\mu\text{m}$  깊이의 미세 구멍을 4 회 가공했을 시 평균 전극 마모량은 깊이 방향으로 10.5  $\mu\text{m}$ 이었다.

#### 4. 결론

전해 증착을 이용하여 직경 100  $\mu\text{m}$ , 길이 200  $\mu\text{m}$ 의 구리 전극을 제작하고 방전가공을 성공적으로 수행하였다. 마스크를 이용한 전해증착에서 치밀한 구조를 가진 높은 품질의 증착물을 얻기 위해서는 마스크내의 기포 배출과 이온 공급이 원활히 이루어져야 하기 때문에 마스크 두께 조절과 전해액 내의 초음파 부가로 이를 해결하였다. 또한, 전해증착된 구리 전극을 이용하여 미세 방전 드릴링을 수행하고, 가공물과 가공 전후의 공구 전극을 살펴 봄으로써 성공적으로 방전가공이 이루어진 것을 확인하였다. 이를 통해서 전해 증착을 이용한 미세 방전가공용 공구의 제작 가능성을 살펴보았다.

#### 후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2010-0000441).

#### 참고문헌

1. 송기영, 정도관, 박민수, 주종남, “방전드릴링 시 발생하는 초경합금의 표면전해부식 방지,” 한국정밀공학회지, **26**(8), 47-54, 2009.
2. Chung, D. K., Kim, B. H., and Chu, C. N., “Micro Electrical Discharge Milling Using Deionized Water as a Dielectric Fluid,” Journal of Micromechanics and Microengineering, **17**(5), 867-874, 2007.
3. Takahata K., and Gianchandani Y. B., “Batch mode micro-electro-discharge machining,” Journal of Microelectromechanical Systems, **11**(2), 102-110, 2002.
4. Hu, Y. Y., Zhu, D., Qu, N. S., Zeng, Y. B., and Ming, P. M., “Fabrication of high-aspect ratio electrode array by combining UV-LIGA with micro electro-discharge machining,” Microsystem Technologies, **15**, 519-525, 2009.
5. Habib, M. A., Gan, S. W., Lim, H. S., and Rahman, M., “Fabrication of EDM electrodes by localized electrochemical deposition,” Journal of Precision Engineering and Manufacturing, **9**, 75-80, 2008.
6. Li, L., Wong, Y. S., Fuh, J. Y. H., and Lu, L., “EDM Performance of TiC/copper-based sintered electrodes,” Materials & Design, **22**, 669-678, 2001.