

# 탈이온수 미세방전가공에서 전해현상을 이용한 표면조도개선 Surface Roughness Improvement via Electrochemical Effect in Micro EDM using Deionized Water

\*정도관<sup>1</sup>, 신홍식<sup>1</sup>, 최세환<sup>1</sup>, #김보현<sup>2</sup>, 주종남<sup>1</sup>

\*D. K. Chung<sup>1</sup>, H. S. Shin<sup>1</sup>, S. H. Choi<sup>1</sup>, #B. H. Kim(bhkim@andong.ac.kr)<sup>2</sup>, C. N. Chu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 기계항공공학부, <sup>2</sup>안동대학교 기계공학부

Key words : Micro EDM, Surface Roughness, Surface Polishing, Deionized Water

## 1. 서론

미세 금형 및 미세 정밀 부품에 대한 수요가 늘어나면서 정밀도에 대한 요구 수준이 높아지고 있다. 형상 정밀도뿐만 아니라 금형의 수명과 정밀 부품의 가치를 결정하는 표면조도에 대한 요구 조건도 갈수록 높아지고 있다. 일반적으로 마이크로미터 단위의 미세한 형상을 가공하는 기술로써 난삭재인 스테인리스 스틸 등을 가공하는 데에는 미세전해가공(Micro ECM)과 미세방전가공(Micro EDM) 등의 특수가공 기술이 쓰이고 있다.<sup>1,2</sup> 미세전해가공기술은 방전에 비해 공구마모가 없고, 가공면의 표면품질 또한 우수하지만 가공속도가 방전에 비해 느리고, 전기화학적 반응을 이용하므로 재료가 바뀌면 이에 맞는 전기적인 가공조건 및 전해액을 찾아야 하는 문제점이 있다. 미세방전가공 기술은 전도성이 있는 금속 가공물과 공구 전극을 사용하여 스파크의 고온의 열로 가공하는 기술로써 미세가공기술 분야에서 널리 사용되고 있다. 하지만 방전에서는 공구전극의 마모로 인한 형상 오차가 발생하는 문제와 더불어 방전가공면이 거칠어 초정밀금형 및 정밀부품생산을 위해서는 표면조도 개선을 위한 후처리 공정이 필요하다.

미세방전가공에서 방전가공면의 표면조도를 개선하기 위해서 Takahata 등은 공구전극과 가공물 사이에 미세입자를 넣는 방법으로 표면조도를 개선하였다.<sup>3</sup> Hung 등은 방전가공된 구멍에 전해액을 이용하여 electropolishing 으로 표면조도를 개선하였다.<sup>4</sup> 본 연구에서는 탈이온수를 사용한 방전가공에서 탈이온수의 전해작용을 이용하여 방전가공면의 표면조도를 개선하였다.

미세방전가공에서 절연액으로 등유(Kerosene)를 사용하면 방전가공면은 방전 스파크의 고온으로 녹은 가공물이 재응고하여 크레이터(crater) 형상을 이룬다. 탈이온수를 절연액으로 사용하면 방전면에 형성된 크레이터가 탈이온수의 전해작용에 의해 미세구멍(pit)으로 바뀐다.<sup>2</sup> 이러한 탈이온수의 전해작용을 이용하면 크레이터로 형성된 일반적인 방전가공면을 전해가공면과 같은 표면조도가 우수한 가공면으로 개선할 수 있다. 탈이온수를 이용해 방전가공한 가공면을 절연액의 교환없이, 그리고 공구전극이나 가공기계의 교환없이 연속적인 공정으로 표면조도를 개선할 수 있다.

## 2. 실험 방법

탈이온수를 이용하여 방전가공면의 표면조도를 개선하는 방법은 Fig. 1 과 같이 탈이온수를 절연액으로 사용하여 미세방전가공한 후, 탈이온수의 전해반응을 이용해 방전가공면의 표면조도를 개선하게 된다. 미세방전가공은 Fig. 1 (a)와 같이 일반적인 RC(resistor-capacitor) 회로를 이용한다. 전압 V 로부터 충전된 capacitor 가 방전하면 공구전극과 가공물 사이에 스파크가 발생하고 가공물이 고온의 열로 제거된다. 이와 같은 과정이 반복되며 가공이 이루어진다. 전해작용에 의한 표면개선을 위해서는 방전가공이 완료되면, fig. 1 (b)와 같이 방전회로에서 capacitor 를 제거하고 전압을 가한다. 탈이온수에서 일어나는 전해반응 가공간극이 방전간극보다 크므로 방전가공면에 전해반응만 일어나게 된다.

전해반응이 일어나는 시간을 제어하면 표면조도가 우수한 가공면을 얻게 된다.

Table 1 에 실험조건을 나타내었다. 가공전극은 텅스텐카바이드를 Wire EDM 으로 가공하여 사용하였다.<sup>5</sup> 가공물은 스테인리스 스틸(304SS)을 사용하였다. 미세방전가공과 표면조도개선 과정에서 모두 동일한 탈이온수를 사용하였다.

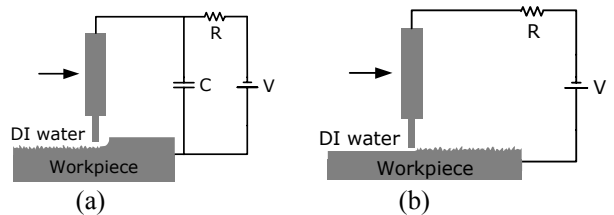


Fig. 1 Experimental system: (a) Micro EDM, (b) Surface polishing process

Table 1 Experimental Conditions

	Micro EDM	Surface Polishing Process
Electrode		Tungsten carbide
Workpiece		304SS
Fluid		Deionized water (2.5 MΩ·cm)
Resistance		1 kΩ
Capacitance	400, 5000 pF	None

## 3. 실험 결과

탈이온수를 이용한 표면조도개선 과정은 일반적인 전해가공과 같이 가공물에 (+)극이 연결되고, 공구전극에 (-)극이 연결된다. 전해가공에서는 가공물과 공구전극이 전해액 안에 놓인다. 전해액은 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaNO<sub>3</sub> 등의 용액을 사용한다.<sup>1,6</sup> 탈이온수를 이용한 표면조도개선 과정에서는 전해액으로 다량의 이온이 포함된 용액을 쓰지 않고, 소량의 이온만 존재하는 탈이온수를 쓰기 때문에 전해가공과 달리 가공량이 많지 않고, 가공물의 표면에서만 전해작용이 일어난다. 따라서 기존에 방전가공된 가공형상에 오차를 발생시키지 않고 표면조도를 개선하는 효과를 얻게 된다.

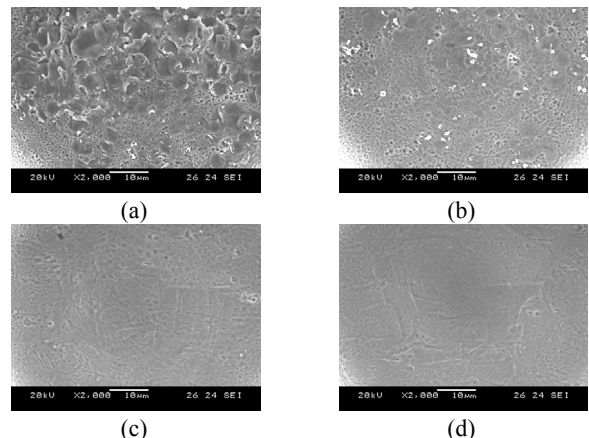


Fig. 2 Machined surface according to polishing time after micro EDM: (a) 0 s, (b) 7 s, (c) 30 s, (d) 60 s

Fig. 2는 미세방전가공 후, 전해작용에 의한 표면변화를 전해작용 시간에 따라 나타내었다. 40 V, 5000 pF 조건에서 탈이온수를 사용하여 방전가공으로 30  $\mu\text{m}$  깊이의 구멍가공을 하고, 방전가공면에 40 V의 조건으로 전해작용을 일으켰다. Fig. 2(a)와 같이 방전가공 직후에는 크레이터로 방전 표면이 이루어진 것을 볼 수 있다. 전해작용 시간을 증가시키면 크레이터 형상의 표면이 미세한 구멍으로 바뀌고 시간이 더 흐르면 매끄러운 표면으로 바뀌는 것을 관찰할 수 있다.

Fig. 3은 미세방전가공을 이용해 포켓을 가공한 결과와 미세방전가공으로 포켓을 가공한 후, 전해작용을 이용해 방전가공면을 개선한 결과이다. 두 경우 모두 방전가공 시에는 40 V, 400 pF 조건에서 탈이온수를 사용하였다. Fig. 3(a)와 (c)는 탈이온수를 이용한 방전가공 결과이고, 각각 SEM image와 optical image를 나타낸다. Fig. 3(b)와 (d)는 탈이온수 방전가공 후, 탈이온수의 전해작용을 이용해 표면을 개선한 결과이며 각각 SEM image와 optical image를 나타낸다. 방전가공 후, 탈이온수의 전해작용을 이용해 표면을 개선하면 거울면과 같이 표면조도가 우수한 가공면을 얻을 수 있다.

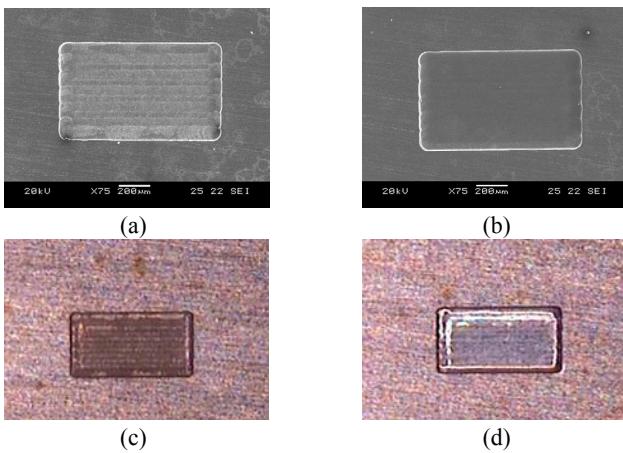


Fig. 3 Pocket machining by micro EDM using deionized water: (a) SEM image, (c) optical image and by surface polishing using deionized water after micro EDM: (b) SEM image, (d) optical image

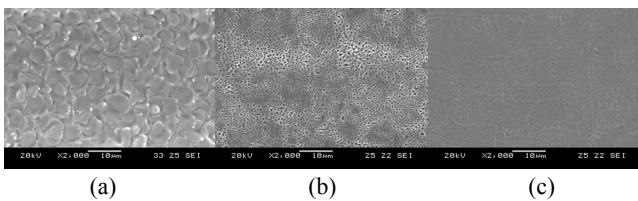


Fig. 4 Machined surface by micro EDM using (a) kerosene, (b) deionized water and by surface polishing using deionized water after micro EDM (c)

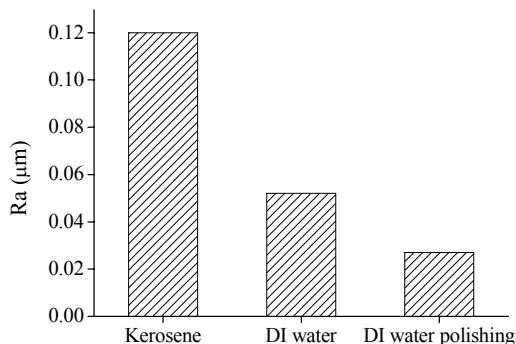


Fig. 5 Surface roughness( $R_a$ ) of machined surface by micro EDM using kerosene, deionized water and by surface polishing using deionized water after micro EDM

Fig. 4는 등유(kerosene)를 사용하는 경우의 방전가공면(a)과 fig. 3에서 보여준 탈이온수를 사용한 방전가공면(b), 그리고 전해작용으로 개선된 표면(c)을 나타내고 있다. 등유를 사용한 방전면은 80 V, 400 pF의 조건에서 가공한 결과이고, fig. 4(b)와 (c)는 fig. 3의 조건과 같다. Fig. 5는 fig. 4의 각 경우에 대해 표면조도를 측정된 결과를 보여주고 있다. 탈이온수의 전해작용에 의해 개선된 표면은 등유나 탈이온수를 이용한 방전가공면보다 표면조도가 우수함을 알 수 있다.

#### 4. 결론

미세형상가공 및 미세금형가공을 위한 방전가공 기술에서 탈이온수의 전해반응을 이용하면 후처리 과정이 필요없는 표면조도가 우수한 가공면을 얻을 수 있다. 공구의 교환이나 절연액(또는 전해액)의 교환없이 연속적인 공정으로 형상가공과 함께 가공면의 표면조도를 개선할 수 있다. 복잡한 후처리 공정 대신, 비교적 간단한 방법으로 표면조도를 개선하므로 이 연구결과는 초정밀 미세금형 및 미세형상가공 분야에서 많이 응용될 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

- Kim, B. H., Ryu, S. H., Choi, D. K., and Chu, C. N., "Micro Electrochemical Milling," *Journal of Micromechanics and Microengineering*, **15**, 124-129, 2005.
- 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**, 867-874, 2007.
- Takahata, K., Aoki, S., Sato, T., "Fine Surface Finishing Method for 3-Dimensional Micro Structures," *Proc. IEEE MEMS*, 73-78, 1996.
- Hung, J. C., Yan, B. H., Liu, H. S., and Chow, H. M., "Micro-Hole Machining Using Micro-EDM Combined With Electropolishing," *Journal of Micromechanics and Microengineering*, **16**, 1480-1486, 2006.
- Masuzawa, T., Fujimoto, M. and Kobayashi, K., "Wire Electro-Discharge Grinding for Micro Machining," *Annals of the CIRP*, **34**, 431-434, 1985.
- 최세환, 김보현, 주종남, "초경합금의 미세 전해 가공," *한국 정밀공학회지*, **23(12)**, 111-116, 2006.