

Electro Discharge Deposition (EDD)을 이용한 미세 구조물 제작

오석훈* (연세대 대학원 기계공학과), 민병권 (연세대 기계공학부), 박성준 (연세대 NT연구단),
이상조 (연세대 기계공학부)

Fabrication of Micro Structure Using Electro Discharge Deposition

S. H. Oh (Mech. Eng. Dept., YONSEI UNIV), B-K. Min (Mech. Eng. Dept., YONSEI UNIV.),
S. J. Park (Center for Nano Technology, YONSEI UNIV.), S. J. Lee (Mech. Eng. Dept., YONSEI UNIV.)

ABSTRACT

This paper provides a new method for hybrid machining, particularly suited to micro fabrication applications such as micro point, micro line, micro structure, micro partition and so on. Developed micro fabrication process by electrical discharge machining (EDM) and electrical discharge deposition (EDD) with metal powder (Ti, Fe) has been studied to build TiC or FeC structure. Titanium powder or iron powder is supplied from working fluid (kerosene or de-ionized water with powder) and adheres on a workpiece by the heat and electric power caused by the electrical discharge. The use of a tool electrode is expected to keep powder concentration high in the gap between a workpiece and a tool electrode and to accrete powder material on the workpiece. The deposition is tried under various electrical conditions (workpiece, tool electrode, working fluid, discharge current, voltage and powder etc.). On the other hand, using electrical discharge machining (EDM) with the same tool electrode, it can be used as a removal process (cutting) by electro erosion at the same time. Therefore, this new method can do a hybrid machining to build up and down a structure with the workpiece.

Key Words : Electro Discharge Deposition (EDD), Micro Electro Discharge Machining, Polarization (분극성), Hybrid Machining (복합가공), 3차원 미세가공

1. 서론

초소형 정밀기계, 초미세 금형, 바이오 칩, DNA 조작용 등으로 대표되는 마이크로 나노 복합가공영역에서의 응용제품 개발을 위해서는 초미세 점 및 미세 선폭가공, 격벽가공 등의 가공이 필요하다. 초소형 기계, 부품 제작기술의 대표적인 것은 MEMS 기술이며, 이러한 MEMS 기술에 의한 소형화는 반도체 제작기술을 기본으로 하고 있기 때문에 가공치수가 너무 작아 힘을 전달하는 기계적 부품으로 사용하지 못한다. 또한 공정상 가공시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 이에 따라 현재 MEMS 공정기술에 의한 것보다는 조금 큰 치수로서 기계적인 강도를 가질 수 있는 크기의 3차원 미세구조물을 가공할 수 있고 미소면적과 대면적의 복합영역에 대하여 마이크로수준의 가공을 할 수 있는 가공방법이 필요하다. 이러한 조건을 만족시키는 가공방법으로

Micro EDM이 있지만 한 방향의 가공만 가능한 공정이므로 3차원 미세구조물을 가공하는 데에는 한계가 있다. 때문에 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하고자 metal 증착공정을 첨가하여 양방향 가공이 가능한 hybrid machining 개념의 EDD (Electro Discharge Deposition)을 개발했다.

2. Electro discharge deposition (EDD)

2.1 EDD의 개요

EDD는 Micro EDM과 달리 metal powder를 공급한 후 용융 증착시키는 가공방법이다. 때문에 입자의 종류와 크기에 따라 가공조건이 달라지게 된다. 또한 전극의 크기와 모양에 따라 증착량에 차이가 생긴다. 이러한 EDD의 기본적인 원리는 전극과 모재 사이에 metal powder (Ti, Fe)등을 공급한다. 여기

에 전압을 걸어주면 분극현상이 발생하게 되는데 이러한 분극현상은 순간적으로 전극사이에 브리지(Bridge)를 형성하여 방전을 유도한다. 거시적으로 입자가 중립일지라도 외부에 존재하는 전계가 각 대전된 입자에 영향을 주고 반대방향으로 양 음 전하의 작은 이동을 일으킨다.

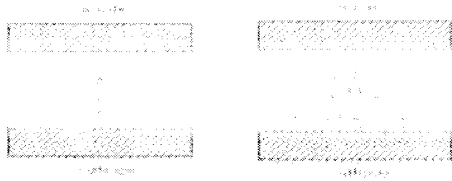


Fig. 1 Serial discharge reaction

방전은 브리지가 형성되면서 연속적으로 발생하게 된다. 방전에 의하여 플라즈마 채널이 형성되고 여기서 powder의 용융이 일어나며 모재에 증착하게 된다. Fig. 2는 전극과 모재사이의 입자의 거동을 보여주고 있다.

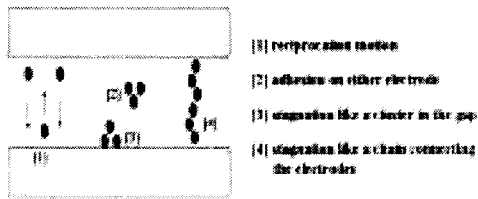


Fig. 2 Four types of powder behavior.

3. 실험장치

3.1 실험에 사용된 방전회로

실험에 사용된 방전회로는 TR (Transistor)를 장착한 회로를 기본으로 하고 있다. 직류전원을 스위칭용의 트랜지스터와 전류제한용의 저항을 통하여 전극간 간극에 연결시키는 방식으로서, 그 구성을 Fig.3 에 표시한다. 트랜지스터의 베이스 전류가 저항량의 펄스 발생기로부터의 신호에 의하여 제어되고, 그것에 대응하여 전원회로가 ON, OFF된다. 펄스 발생기로서는 보통 멀티바이브레이터가 사용되는데, 이것에 의한 펄스의 ON, OFF의 주기는 방전간극의 상태와 관계없이 조정할 수 있기 때문에 이와 같은 방전식을 독립 임펄스 방식이라고 말할 때도 있다. 스위치 회로가 있기 때문에 강제적으로 전류를 차단할 수 있어 방전이 소멸된 후는 전원으로부터의 에너지 유입이 없고, 극간의 절연회복이 되기 쉽다. 그 때문에 방전과 방전의 간극을 짧게 할 수 있으며, 펄

스폭과 방전 정지시간을 길게 할 수 있다. 또 방전전류의 피크 값이나 펄스폭의 제어도 멀티바이브레이터의 파형을 변화시킴으로써 콘덴서 방전보다 훨씬 더 쉽게 조절 가능하여 광범위한 가공조건을 선정할 수 있다.

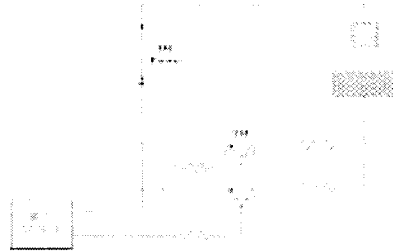


Fig. 3 TR circuit.

전원은 0V에서 300V까지 가변 가능하며 허용 전류는 1~3A로 하였다. 또한 무유도 저항의 사용으로 인한 인덕턴스(inductance)발생을 최소화 할 수 있는 무유도 저항을 장착하였다.

3.2 실험장치의 구성

미세전극을 사용하여 미세형상을 가진 구조물을 가공하기 위한 장비이다. 장비의 대략적인 구조는 Fig. 4와 같다.

간략하게 설명하면 공작물을 설치할 수 있는 수송테이블과 테이블의 x축, y축, 전극을 장착할 수 있는 z축을 이송하기 위한 스텝 모터, z축의 주축(spindle) 회전을 위한 모터로 구성되어 있다. 장비에 설치된 모든 이송계는 컴퓨터로 제어하며, 리니어 스케일을 이용하여 정밀 제어가 가능하다.

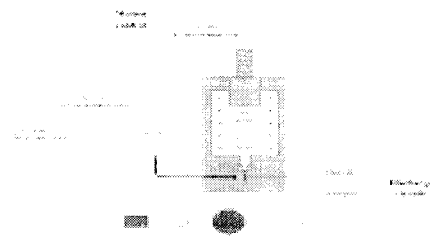


Fig. 4 Schematic diagram of experimental set-up.

4. 실험 및 실험결과

4.1 실험

본 실험은 metal powder를 모재에 용융 증착하여 원하는 미세구조물을 제작하는 데 그 목적이 있다. Table 1에 실험 조건을 나타내었다.

Table 1 Experimental condition

| | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Discharge volt (V) | DC 40 ~ 150 |
| Input freq.(kHz) | 1 ~ 10 |
| Resistor (Ω) | 50, 100, 300, 500(snubber resistor) |
| Electrode/Workpiece | WC / stainless 304 |
| Metal powder | Ti (14 μ m) |
| Transistor | 2SC4662 NPN type |
| Dielectric fluid | Kerosene |

Fig. 5는 EDD 공정을 나타내고 있다. 이 공정에서 Metal powder를 공급하는 방법으로 모재에 metal powder를 조금씩 공급하는 방법과 Fig. 4와 같이 미리 깔아놓고 하는 방법이 있다.

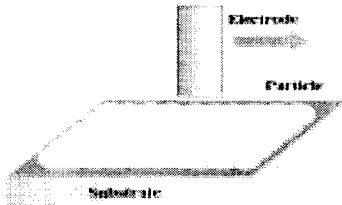


Fig. 5 Principle of EDC.

EDD는 pulse의 on/off time에 의하여 영향을 많이 받는다. 기존의 Micro EDM의 경우 PWM과 같은 펄스 제어기를 이용하여 수 kHz ~ MHz까지의 펄스를 사용하였지만 본 실험에서는 1kHz~100Hz의 펄스를 사용하였다. 금속 분말들을 용융 증착하기 위해서는 Micro EDM에 비해서 많은 에너지가 필요하기 때문이다.

4.2 실험결과

Fig. 6는 Ti powder를 이용하여 코팅한 것을 보여준다. 모재표면에 얇게 증착된 것을 알 수 있다.

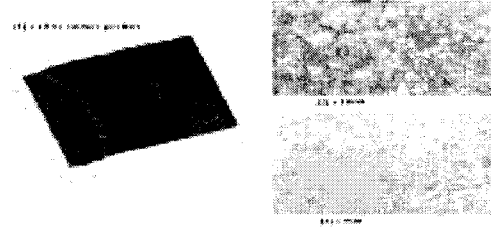


Fig. 6 Results of surface profile measurement

Fig. 7은 기둥모양의 형상을 보여준다. 지름은 약 200 μ m이고 높이는 약 500 μ m이다.



Fig. 7 Deposition column with Fe powder (diameter: 200 μ m)

Fig. 8은 전극 1mm를 사용하여 선(line)을 가공하였다. 전극을 각각 3회 왕복하였다. Fig. 9과 Fig. 10는 전극 500 μ m, 300 μ m를 사용하여 가공하였다.

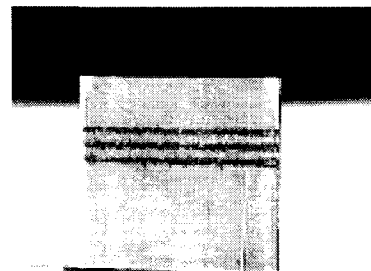


Fig. 8 Deposition line with Ti powder (width: 1mm)



Fig. 9 Deposition line with Ti powder (width: 300 and 500 μ m)

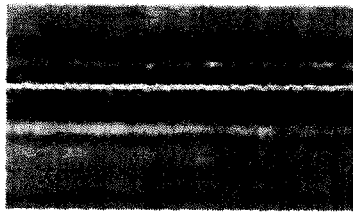


Fig. 10 Deposition line with Ti powder (width:300 μ m)

titanium carbide by electrical discharge machining with powder suspended in working fluid," Precision Engineering, Mitsubishi Electric Corp. pp138-144, 2000

3. Z.L.Wang, Y.Fang, P.N. , W.S. Zhao, K.Cheng, "Surface modification process by electrical discharge machining with a Ti powder green compact electrode," Materials processing technology, pp 139-142, 2002

5. 결론

본 연구에서는 방전기술을 이용하여 미세구조물을 가공하였다.

1. EDD 방법은 기존의 metal 증착기술에 비하여 넓은 면적을 가공할 수 있다.
2. 단일 전극을 이용하여 EDM과 EDD를 복합적으로 사용할 수 있다. 다양한 가공이 가능하다.
3. 가공방법이 간단하고 다양한 종류의 금속을 증착할 수 있다.

참고문헌

1. 안현민, 김영태, 박성준, 이송규, 이상조, "WEDG 전극가공에서의 전극표면형상의 실험적 고찰," 한국정밀공학회지, 2002년도 추계학술대회 논문집. pp. 218-222, 2002.
2. Katsushi Furutani, Akinori Saneto, Hideki Takezawa, Naotake Mohri, Hidetaka Miyake "Accretion of