

방전 미세구멍가공 특성의 고찰

정태현*(울산대 대학원 기계자동차공학부), 박규열(울산대 기계자동차공학부)

A Study on the Micro Hole Machining Characteristics in WEDG method

T. H. Jung*(Sch. of mech. & automotive Eng., Grad. Sch., UOU), K. Y. Park(Sch. of mech. & automotive. Eng., UOU)

ABSTRACT

Micro drilling characteristics by EDM method was investigated. In detail, Micro tool electrode for EDM drilling was machined by use of WEDG method and micro hole was drilled using the machined tool electrode in SUS plate. The machining accuracy and time was compared in a different dielectric fluid. As a result, it was convinced that this method could be utilized as a fabrication technology of micro mold or micro 3 dimensional parts.

Key Words : Micro tool electrode(미세공구전극), EDM drilling(방전 구멍가공), WEDG method(Wire Electric Discharge Grinding method : 와이어방전연삭법), dielectric fluid(가공액)

1. 서론

생산제품의 경박단소화 과정에서 제한된 용적 내에 가능한 많은 기능을 내장시키기 위하여 미세가공법에 대한 관심이 높아지고 있으며, 미세가공 기술의 발전과 더불어서 각종 제품의 다기능화 및 고집적화가 실현 가능하게 되었다. 특히 근간의 전자통신, 반도체, 컴퓨터 및 각종 센서류 등의 제조분야에서 미세가공기술의 적용 및 활용은 필수적인 요건으로 지목되고 있다.

현존하는 많은 미세가공법 중에서 방전을 이용한 미세가공은 다양한 금속재료에 복잡한 형상의 가공이 비교적 용이하여 미세형상의 제조용 금형의 제작기술로 응용이 가능하며, 최근에는 광 센서 또는 반도체 기능부품의 생산을 위한 기반기술로서 적용분야가 확대되고 있다.

본 연구에서는 미세방전가공의 용도확장을 목적으로 WEDG¹⁾법을 이용하여 방전 구멍가공용 공구전극을 제작하고, 가공된 공구전극을 이용하여 미세금형 혹은 미세형상부품의 제작에 있어서 요구되는 미세구멍가공을 실시하였다. 구체적으로는, 방전을 이용한 스테인레스 박판의 미세구멍가공에서 가공액의 종류에 따른 가공형상과 가공시간을 조사한 결과를 토대로 가공능률과 가공정밀도를 평가함으로써 미세구멍가공에 방전가공의 적용성에 관하

여 고찰하였다.

2. WEDG법을 이용한 미세구멍가공법

본 연구에서 적용된 방전 미세구멍가공에서는 먼저 WEDG 법을 이용하여 공구전극을 제작하고, 제작된 공구전극을 사용하여 구멍을 가공하는 방법을 선택하였다. Fig. 1은 WEDG 법을 이용한 공구전극 제작과 미세구멍가공의 개요를 나타낸다. 실제로 방전가공을 이용한 구멍형상을 포함하여 미세형

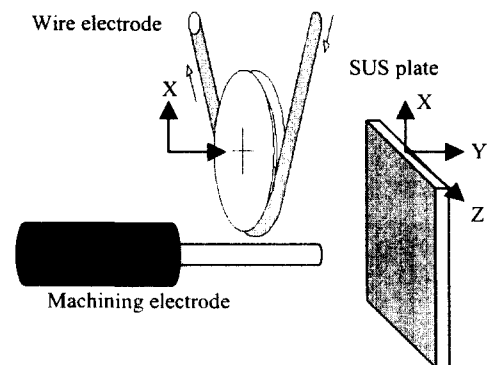


Fig. 1 schematic illustration of micro drilling by EDM

상물의 제작에서 WEDG 법을 이용함으로써 전극제작 공정과 형상가공 공정을 동일 가공기 상에서 일원화함으로써 가공오차의 문제점을 해결하는 3 차원 형상의 방전가공법에 관한 연구결과가 보고되어 있다^[1]. 미세방전가공을 이용한 미세전극 제작 및 구멍가공을 효과적으로 구현하기 위해서는 적절한 가공회로의 구성, 주축 스피들의 회전수 조절, 가공액의 공급의 균일성, 정밀위치결정 시스템을 이용한 공작물 이송의 안정성 등이 요구되는 것으로 알려져 있다.

3. 미세구멍가공 시스템 및 실험방법

3.1 구멍가공 시스템 구성

미세방전을 이용한 구멍가공에서는 전술한 바와같이 주축 스피들의 회전 및 전극과 공작물간의 위치결정기술에서 높은 정밀도가 필요하며, 방전 에너지를 공급하기 위하여 적정회로를 구성하는 것이 필수적이다. 공구전극가공에 있어서는 와이어전극 테이블의 이송량 및 이송속도, 와이어전극 자체의 이송속도, 주축 스피들의 회전수 등을 조절할 수 있는 전용장치를 사용하였으며, 가공된 공구전극을 이용한 미세구멍의 가공에는 Fig. 1의 X 축과 Z 축을 이용하여 가공구멍의 위치를 확인하고 Y 축을 이송시키면서 구멍가공을 진행하였다. 또한 가공액의 공급은 와이어전극 테이블과 동시에 움직이도록 분류(streaming)식 노즐을 설치하였다. Fig. 2는 본 연구에 사용된 WEDG 법을 포함하는 방전 구멍가공장치의 외관을 나타낸다. 방전 에너지는 R-C 회로를 사용하여 전극과 공작물에 직류전류를 공급하였다.

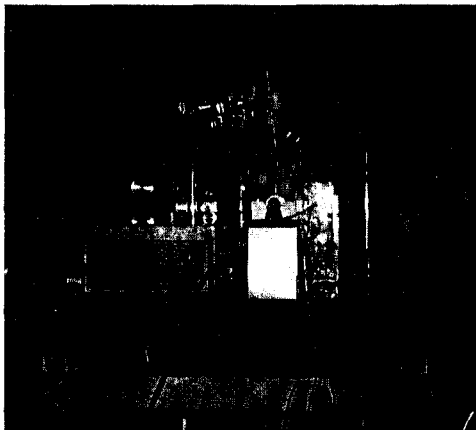


Fig. 2 Photo view of Micro-EDM machine

3.2 실험방법

Table.1 experimental set-up and electric conditions

Wire electrode	Brass wire ($\phi 250 \mu\text{m}$)	
Tool electrode	WC-Co alloy ($\phi 500 \mu\text{m}$)	
Workpiece	SUS plate($t: 100 \mu\text{m}$)	
Dielectric	EDM oil / De-ionized water (Temp. 15°C)	
	Voltage	100V
EDM circuit	Resistance	1 k Ω (20W)
	Capacitor	10000/100pF
Wire feed speed	50mm/min	
Spindle speed	600 / 100rpm	

Table 1은 앞 절에서 구성된 WEDG 법을 이용하는 미세구멍가공 시스템용 장치의 사양과 전기적인 조건을 나타낸다. 와이어 전극으로는 와이어컷 방전가공에서 일반적으로 많이 사용되는 황동와이어($\phi 0.25 \text{ mm}$)를 사용하였다. 공구전극은 구멍가공시의 전극손모를 고려하여 직경 0.5mm의 초경합금(WC-Co) 봉재를 사용하였으며, 가공액은 방전유와 탈이온수 두 가지를 사용하였다. 미세구멍가공의 실험에서는 가공액의 종류로 방전유와 탈이온수 사용하여 구멍가공 특성으로써 누설전류(leak current)에 의한 전해현상의 발생형태와 가공액 종류에 따른 가공시간을 비교조사하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 가공액 종류에 따른 가공형상의 차이

Fig. 3은 동일한 공구전극을 사용하여 가공액을 분류방식으로 공급하면서 가공액으로 방전유와 탈이온수를 사용하여 가공액의 종류에 따른 가공형상의 차이를 비교한 결과이다. Fig. 3의 (a)는 구멍가공을 위해 WEDG 법을 이용하여 제작된 초경합금 공구전극을 나타낸다. 동 그림의 (b)는 방전유를 사용하여 가공된 구멍형상으로, 가공된 구멍의 직경을 고려하면 공구전극의 형상이 명확하게 반전된 것을 알 수 있다. 반면, 동 그림의 (c)에 나타난 탈이온수를 사용한 경우, 공구전극의 형상반전이 불분명하며, 누설전류에 의한 전해현상의 발생에 기여하는 것으로 추정되는 형상정밀도의 저하와 더불어 가공간극이 방전유에 비하여 커지는 것을 확인할 수 있다. 동 결과에 의하면, 공구전극의 반전형상을 요구하는 미세 방전가공의 경우, 가공액으로서 탈이온수에 비하여 방전유를 사용하는 것이 형상정밀도의 면에서 보다 유리함을 알 수 있다. 또한 동 결과로부터, 공구전극형상의 반전성능을 제

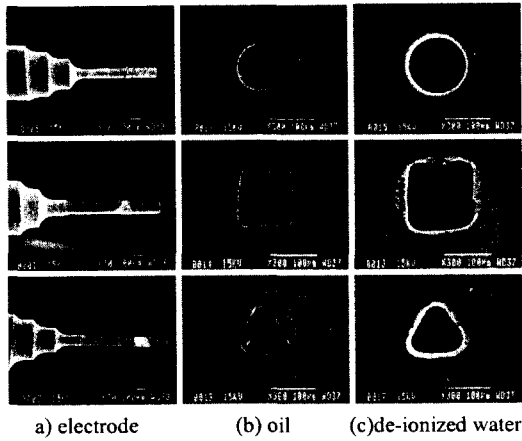


Fig. 3 view of drilled hole shape in different dielectrics

외하면, 단위 가공시간 당의 제거능률의 면에서는 탈이온수를 사용하는 것이 유리한 것으로 추정할 수 있다.

4.2 탈이온수를 사용한 미세구멍가공 특성

Fig. 4 는 전기의 결과를 토대로, 가공액으로 탈

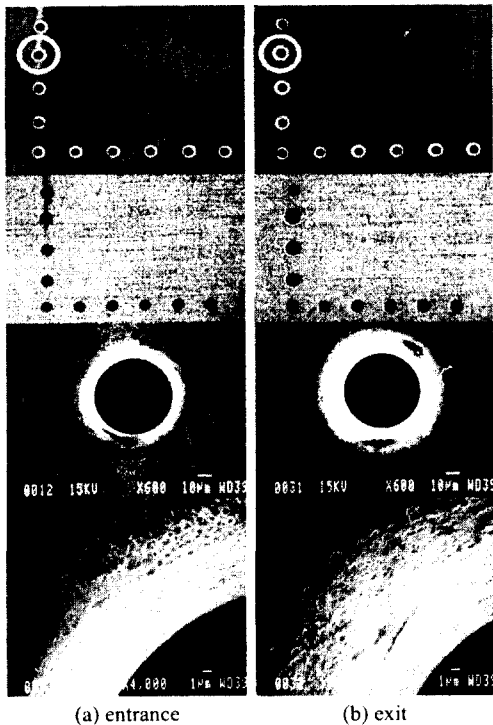


Fig. 4 view of drilled hole shape in de-ionized water

이온수를 사용하여 가공상태를 관찰한 결과로써, 가공된 구멍의 입구부와 출구부를 나타낸다. 첫번째 SEM 사진에서 보면 입구와 출구측 내경은 같으나 두번째 광학현미경 사진에서는 입구측의 직경과 출구측의 직경이 다른 것을 관찰할 수 있다. 이는 가공 시에 가공액을 앞면에서 분류방식으로 공급하기 때문에 입구측은 가공액의 일정한 유동에 의해 전해현상이 거의 일정하게 일어나는 반면, 뒷면은 가공액의 유동성이 저하되어 전해현상이 집중되므로 인하여 형상유지성능이 현저하게 낮아진 결과로 판단할 수 있다. 단, 이 경우에 전해현상은 방전가공의 진행과 동시에 발생되므로 가공액으로 탈이온수를 사용하는 것이 가공속도 면에서는 유리하게 되는 것을 확인할 수 있다.

4.3 가공액 비저항의 차이에 따른 가공특성의 고찰

Table.2 comparisons of drilling characteristics by EDM fluids

Classifications	De-ionized water	Oil
Specific resistance	low	High
Unit pulse duration	short	Long
EDM energy	high	low
Breakdown voltage	low	high
Clearance	long	short
Drilling time	short	long

Table. 2 는 방전을 이용한 미세구멍가공에서 가공액 종류에 따른 구멍가공 특성의 차이로써 방전유와 탈이온수의 비저항의 차이로 인한 동일한 간극에서의 단발방전시간, 방전에너지, 절연과피전압과 간극 및 가공시간의 차이를 비교한 것이다. R-C 방전회로에서 전극과 공작물사이의 간극을 하나의 저항으로 생각할 때, 방전유에 비하여 탈이온수의 비저항이 작으므로 탈이온수를 사용한 가공 시에 단발방전 시간이 짧아지고, 같은 시간에 흐르는 전하량은 많아지므로 방전에너지가 커지며 절연과피전압은 작아지게 된다. 이러한 이유로 탈이온수를 사용하여 가공하게 되면 방전유에 비해 가공간극이 커지고 구멍가공 시에 가공시간은 줄어들게 된다. 또한 탈이온수를 사용한 가공시에 가공간극이 커지게 됨으로 해서 가공시에 발생하는 칩의 배출이 원활하다. 이러한 현상은 가공시 칩들이 뭉쳐져서 생기게 되는 단락현상이나 그로 인한 전극의 절손을 방지함으로 안정된 방전상태를 유지하고, 칩들에 의한 2 차 방전을 방지함으로 전극마모도 감소하는 효과를 가져온다. Fig. 5 은 가공액으로 탈이온수를 사용한 미세구멍가공의 예를 나타낸다. 미세구멍가

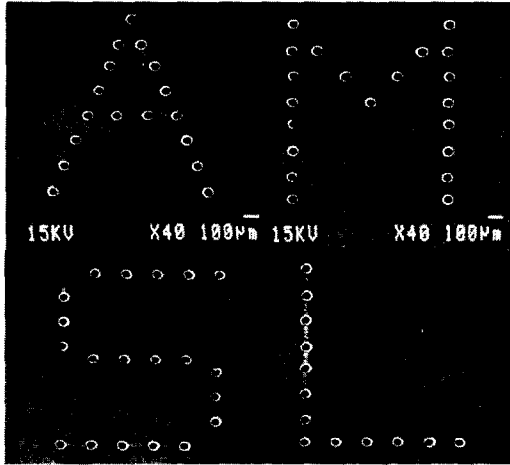


Fig. 5 drilled hole sample in de-ionized water

공에서 탈이온수를 사용하게 된다면 방전유에 비해 형상정밀도와 가공된 구멍의 직경의 차이는 있으나 가공시간과 전극 마모면에서 효율적인 가공이 가능한 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 WEDG 법을 이용한 미세구멍가공에 있어서 가공액으로 방전유와 탈이온수를 이용하여 가공시 가공형상, 전해현상의 발생 및 가공액의 비저항 차이에 의한 가공 시간 등을 비교 평가하였다. 본 연구에서 얻어진 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 1)가공액의 종류로서 탈이온수에 비하여 방전유를 사용하는 것이 우수한 형상정도를 얻을 수 있는 반면에 가공시간이 많이 소요되고, 탈이온수를 사용하게 되면 누설전류에 의한 전해현상이 발생하여 형상정밀도가 낮아진다.
- 2)가공액으로 탈이온수를 사용하면 누설전류에 의한 전해현상으로 형상정밀도는 낮아지는 반면, 전해현상과 방전가공이 동시에 진행되므로 가공 속도 면에서 유리하다.
- 3)가공액으로 방전유와 탈이온수를 사용하여 미세구멍가공을 수행하면 비저항의 차이에 의해 탈이온수에서 가공시 동 간극에서 비교하면 단발방전 시간이 짧아지고 같은 시간에 흐르는 전하량은 많아지므로 방전에너지가 커지고, 절연과괴전압은 작아지게 된다. 이러한 이유로 탈이온수를 사용하여 가공하게 되면 방전유에 비해 가공된 구멍의 직경은 커지고 가공시간은 줄어들게 된다.

후 기

본 연구는 과학기술부지원 국제공동연구(2000-I-IC-01-C-095)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. T. Msauzawa, M. Fujino, K. Kobayashi, "Wire electro-discharge grinding for micro-machining", Annals of the CIRP, 38, 1(1985)
2. T. Masuzawa, J. Tsukamoto and M. Fujino, "Drilling of Deep Microholes by EDM, Annals of the CIRP, 38, 1(1989), pp. 195~198
3. 増井 清徳, "放電加工における加工面性状", 先端電氣加工, 應用機械工學, pp.90~95, 12/ 1989.
4. 毛利 尚式, "放電微細仕上げ加工の新展開", 先端電氣加工, 應用機械工學, pp.125~130, 12 /1989.
5. 上屋 政光, 金子 勉, "NC創成放電加工の進展" 先端電氣加工, 應用機械工學, pp.101~106, 12/1989.
6. 手利尚武, 古谷 政典, 齋藤 長男, 高鷲 民生, "放電加工技術-基礎から將來展望まで", 日刊工業新聞社, 1997.
7. 笠崎 榮, "放電加工機のシステム化の現状", 技術報告, 電氣加工學會誌, Vol.33/73, pp.38-42, 1999.
8. 國技 正典, 強口 涉, "形調り放電加工における形狀創成過程の逆方向シミュレーション", 電氣加工 學會誌, Vol.33 / NO.72, pp.9~19, 1999.