

가공액 환경에 따른 WEDG가공특성의 실험적 연구

Experimental Study on the WEDG Machining Characteristics of Dielectric Conditions

정태현(울산대 대학원), 배순홍(울산대 대학원), 박규열(울산대)

Tae-hyun Jung(Univ. of Ulsan), Soon-Heung Bac(Univ. of Ulsan), Kyu-Yeol Park(Univ. of Ulsan)

1. 서론

본 연구에서는 초미세 형상부품의 제작기술로서 방전가공기술의 활용을 전제로 하여, WEDG(Wire electric discharge grinding: WEDG)가공에 있어서 가공액의 공급방식을 포함한 공급환경이 표면상태에 미치는 영향에 관하여 조사하였다. WEDG법을 이용한 형상가공에 있어서는 단위 방전 펄스당의 에너지를 극소화하여 제거단위를 미세화함으로써 가공정밀도(가공표면 및 가공형상의 정밀도)를 향상시키는 것이 가능하다. 따라서 이를 효과적으로 구사하면 궁극적으로는 마이크로 기능부품 혹은 마이크로 기능구조물의 제작기술로 활용가능한 것으로 기대할 수 있다.

본 연구에서는 미세 WEDG가공시스템을 이용한 가공에서 가공표면의 품질을 향상시키기 위한 방안으로서 방전에너지를 분산시키기 위하여(펄스당의 에너지를 작게하기 위하여) 가공액의 공급방식을 기존의 침적식에서 분무하는 방법을 제안하였다. 따라서 본 연구에서는 가공액의 공급에 있어서 기존의 침적방식과는 상이하게 일반 방전유를 공기와 혼합하여 미세한 액적의 형태로 공급하는 분무방식을 적용하고 가공액의 종류 및 방전극성에 따른 가공특성의 차이를 조사하였다.

2. WEDG법의 개요

WEDG가공시스템은 와이어 공구전극의 연속공급 장치(와이어 주행시스템), 공작물과 와이어 공구전극간의 위치결정시스템, 가공액 공급장치 및 방전회로로 분류된다. Fig. 1은 WEDG법의 개요를 나타낸다. 동 방식에 의하면, 새로운 전극와이어를 연속공급함으로써 방전가공 중에 발생하는 전극소모에 따른 형상오차를 무시 할 수 있으며, 가

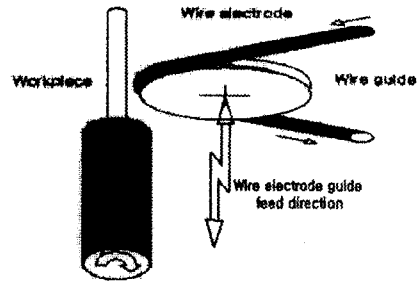


Fig. 1 Schematic illustration of WEDG method

공 중에 와이어 전극을 주행시킴 으로서 원하는 형상을 제작할 수 있다는 장점이 있다. 실제로 방전가공을 이용한 미세형상물의 제작에서 WEDG법을 이용함으로써 전극제작 공정과 형상가공 공정을 동일 가공기 상에서 일원화함으로써 가공오차의 문제점을 해결하는 3차원 형상의 방전가공법 등의 연구결과가 보고되어 있다^[1].

3. WEDG법의 가공시스템 구성

미세 단위의 방전현상을 이용한 WEDG가공에서는 주축스핀들의 회전과 공구전극과 공작물간의 위치결정기술에서 높은 정밀도가 필요하며, 방전 에너지를 공급하기 위한 적정회로의 구성이 중요하다. 본 연구에서는 WEDG가공을 수행하기 위하여 공구전극 테이블의 이송량 및 이송속도, 와이어 전극의 이송속도, 주축스핀들의 회전수 등을 조절할 수 있는 전용장치를 제작하였다. 또한 방전에너지의 공급장치와 가공액을 분류 및 분무방식으로 공급이 가능하도록 전용의 가공액 공급장치를 구성하였다. Fig. 2는 본 연구에 사용된 WEDG가공 장치의 외관을 나타낸다. 또한 Fig. 3은 가

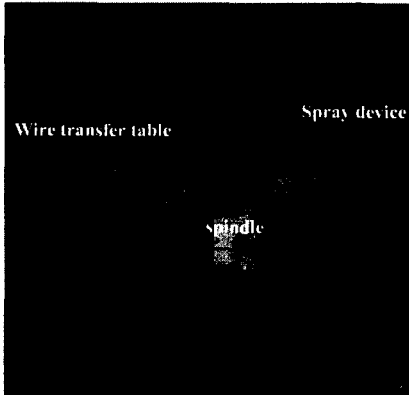
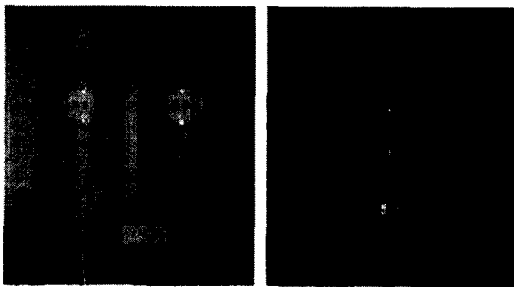


Fig. 2 Photo view of Micro-EDM machine



(a) Stream device (b) Spray device

Fig. 3 Photo of dielectric supply device

공액 공급장치이다. 방전 에너지는 R-C회로를 사용하여 주축과 와이어 공구전극에 직류전류를 공급하였다.

4. 실험 방법

Table.1 Experimental set-up and WEDG conditions

Electrode	Brass wire ($\phi 250\mu\text{m}$)	
Workpiece	WC-Co alloy ($\phi 600\mu\text{m}$)	
Dielectric Fluid	EDM oil / De-ionized water (Temp. 15°C)	
EDM circuit	Voltage	120V
	Resistance	1.2k Ω (20W)
	Capacitor	10000/5000/ 1000/100pF
Spindle speed	1000rpm	
Wire feed speed	60mm/min	

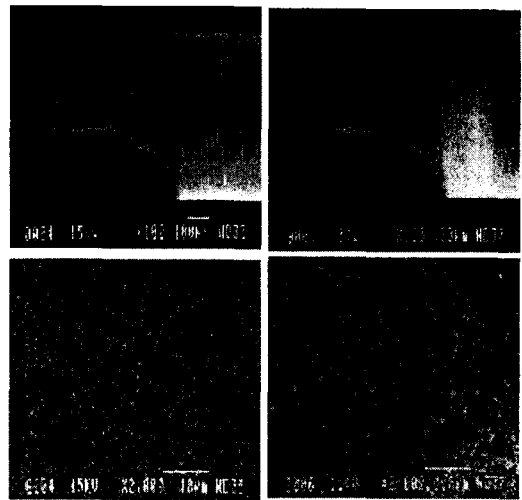
Table. 1은 앞 절에서 구성된 미세 WEDG가공시스템의 실험조건과 방전회로의 전기적인 조건을 나타낸다. 와이어 공구전극으로는, 방전가공에 있

어 가공안정성이 양호하다는 이유로 일반적으로 많이 사용되는 황동와이어($\phi 0.25\text{mm}$)를 사용하였다. 공작물은 직경 600 μm 의 초경합금(WC-Co)봉재를 사용하였으며 가공액 종류로는 방전유와 탈이온수 두가지를 사용하였다. 가공실험에서는 가공액의 종류, 방전에너지로서 콘덴서 용량이 가공특성에 미치는 영향을 포함하여 방전극성에 따른 가공성능의 차이를 조사하였다.

5. 가공환경에 따른 표면특성

a) 가공액 종류에 따른 표면특성의 차이

Fig. 4는 가공액을 분무방식으로 공급하면서 가공으로 방전유와 탈이온수를 사용하여 가공액의 종류에 따른 가공특성의 차이를 비교한 결과이다. Fig. 4의 (a)는 방전유를 사용한 것으로 와이어 공구전극의 곡률형상이 명확하게 반전된 것을 알 수 있다. 반면, 탈이온수를 사용한 경우에는 동 그림의 (b)에 나타난 바와 같이, 방전유를 사용한 경우에 비하여 와이어 공구전극의 곡률형상이 불분명하게 형성되며, 가공표면에서는 전기화학적현상에 기인하는 산화막이 형성되어있는 것을 확인 할 수 있다. 동 결과에 의하면, 높은 정밀도를 필요로 하는 미세 형상물의 제작에 WEDG가공을 적용할 경우에는 가공액으로서 탈이온수에 비하여 방전유를 사용하는 것이 형상정밀도와 표면상태의 면에서 보다 유리한 것으로 판단된다.



(a) Oil (b) De-ionized water

Fig. 4 SEM view of machined shape and surface by spray method

b) 가공액 공급방법에 따른 표면특성의 차이

Fig. 5는 전기의 결과를 토대로 가공액으로 방전유를 사용하고 가공액의 공급방식, 즉 분류 및 분무방식에 따른 가공상태의 차이를 조사한 결과이다. Fig. 5의 (a), (b)에서 방전흔적의 크기는 거의 비슷하나 방전흔적의 외주면의 용융재응고층의 두께가 분사방식에서 다소 감소되며, 용융재 응고층에 존재하는 방전크랙은 현저하게 작아지는 것으로 확인되었다. 이는 방전 펄스당의 에너지가 가공액의 공급방식에 따라서 차이를 갖게되는 결과에 기인하며, 방전흔적에서 용융재응고층의 두께가 분무방식에서 보다 얇아지는 이유로 다음의 두가지 기구를 생각할 수 있다. 즉, 가공액을 분무공급함으로써 1) 가공액의 높은 분무압력으로 가공부산물의 제거작용이 촉진되는 효과^[2], 2) 가공액이 미립의 액적으로 공급됨으로서 방전에너지 분산에 따른 가공단위 체적의 미세화 효과를 들 수 있다. 단, 가공액을 분무하는 방식에서는 분류 방식에 비하여 가공면의 상태가 향상되는 반면, 가공속도가 현저하게 저하되는 것으로 확인되었으며, 이는 전술한 방전에너지의 분산에 따른 에너지 손실이 발생된 결과로 판단할 수 있다.

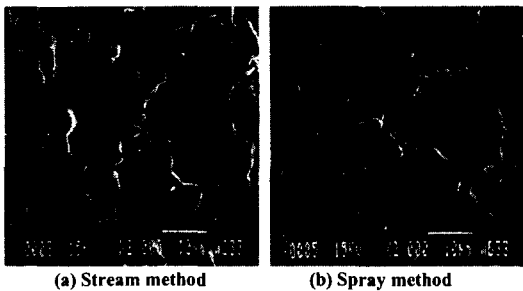


Fig. 5 SEM view of difference of discharge crater in oil

c) 콘덴서 용량에 따른 표면특성

Fig. 6은 방전유의 분류 및 분무조건에서 콘덴서의 용량이 방전가공면에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 가공액의 공급방식과는 무관하게 콘덴서 용량이 작을수록 표면의 상태가 개선되는 것으로 나타났다. 이는 콘덴서용량에 따라서 단위펄스당의 방전에너지가 좌우되며, 콘덴서용량을 작게 함으로서 펄스당의 방전에너지가 작아짐에 따라서 표면상태가 개선된 결과로 생각할 수 있다. 또한 가공액의 공급방식에 따른 차이로는 가공액의 분무방식에서 콘덴서의 용량을 작게함으로써 표면 상태의 개선효과가 현저하게 나타나는 것으로

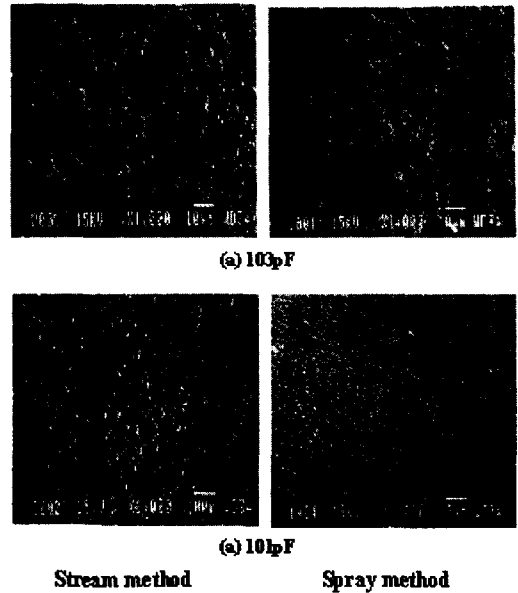
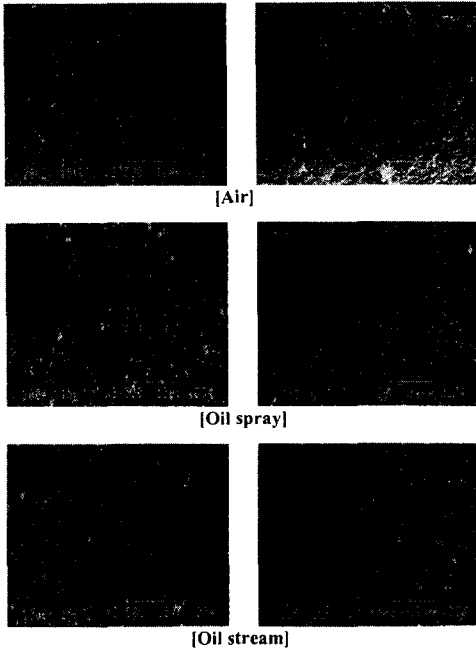


Fig. 8 SEM view of machined surface indifferent supply methods

로 확인되었다. 이는 전술한 바와 같이 콘덴서용량을 작게함으로써 단위 펄스당의 방전에너지가 작아짐과 동시에, 가공액을 분무공급함으로써 단위 방전 에너지가 미소화되는 효과가 상승적으로 작용한 결과로 판단할 수 있다.

d) 방전극성에 따른 표면특성의 차이

Fig. 7은 콘덴서용량 100pF의 조건에서 방전극성에 따른 표면상태의 차이를 조사한 결과이다. 실험결과로서, 동 그림 (a)의 정극성과 (b)의 역극성에서의 표면을 비교하면, 분류와 분무의 환경하에서는 역극성에서 표면상태가 다소 개선되나, 기중방전의 경우에는 역으로 방전흔적이 커지는 것으로 나타났다. 분류 및 분무공급의 경우, 이와 같은 결과는 방전가공의 에너지 배분(전자전류와 이온전류의 비)을 통하여 설명되어질 수 있다. 즉, 본 실험에서는 콘덴서용량을 극히 작게 설정한 연유에 방전가공의 대부분이 전자전류에 의존하는 것으로 생각할 수 있다. 따라서 역극성의 조건에서는 이온전류에 의하여 가공이 진행되며 이 때 상대적으로 이온전류의 양이 감소되어 표면상태가 개선된다. 또한, 이와 같은 효과는 분류에 비하여 분무공급에서 현저하게 나타나는 것으로 판단할 수 있다. 반면, 기중방전에서는 방전가공의 대부분이 전자전류에 의존하는 연유에 역극성에서는



(a) Negative wire electrode (b) Positive wire electrode

Fig. 7 SEM view of machined surface in different polarity

가공이 거의 진행되지 않으며, 정극성에 정상적인 방전현상에 의하여 보다 양호한 표면이 얻어지는 것으로 추정할 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 WEDG가공에 있어서 가공액의 종류와 공급방식 및 방전극성의 차이에 따른 가공특성에 관하여 조사하였다. 본 연구에서 얻어진 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 가공액의 종류로서 탈이온수에 비하여 방전유를 사용하는 것이 우수한 형상정도와 표면상태가 얻어지며, 탈이온수를 사용하면 전해작용에 의하여 표면에 산화막이 형성된다.
- 2) 가공액을 분무방식으로 공급하면 방전에너지의 분산효과에 의하여 분류방식에 비하여 우수한 표면상태가 얻어진다. 단, 가공속도면에서는 분류방식이 유리하다.
- 3) WEDG법을 이용한 미세형상의 제작시에는 황삭 조건으로 방전유의 분류방식과 대용량 콘덴서를 사용하고, 마무리 가공에서는 방전유를 분무공급하고 콘덴서의 용량을 작게하는 조건의

배합이 권장된다.

- 4) 가공액을 분류 혹은 분무시키는 환경에서 콘덴서용량이 100pF으로 극히 작은 경우에는 정극성에 비하여 역극성에서 표면상태가 개선되며, 기중방전의 경우에는 역으로 정극성에서 양호한 표면이 얻어진다.

후 기

본 연구는 과학기술부지원 국제공동연구(98-I-01-04-A-001)의 지원으로 수행되었으며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

[참고 문헌]

1. 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.
2. Kunieda, M, Yoshida, M, “Electric Discharge Machining in Gas”, Annals of CIRP, Vol. 46/1, pp. 143-146, 1997.
3. 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.
4. 土屋 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.
5. 手利尚武, 古谷 政典, 齊藤 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.
6. 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.
7. 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.