

WEDG법에 의한 WC-Co의 가공특성의 실험적 연구

-가공액환경에 따른 표면특성-

Experimental Study on the WEDG Characteristics of WC-Co

-Relationship between Surface Integrity and Dielectric Conditions-

정태현(울산대 대학원), 배순홍(울산대 대학원), 박규열(울산대)

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

<Abstract>

In this paper, Wire electric discharge grinding(WEDG) method for manufacturing the micro shaft was introduced and the machining characteristics was investigated. From the experimental results, it was concluded that high surface integrity could be obtained by use of dielectric fluid spraying method and small capacitive condenser.

Key Words : Wire Electric Discharge Grinding (와이어 방전연삭), Micro Electric Discharge Machining(미세 방전가공), Dielectric Spraying Method(가공액 분사 방식), Dielectric Streaming Method(가공액 분류방식)

1. 서론

본 연구에서는 초미세 형상부품의 제작기술로서 방전가공기술의 활용을 전제로 하여 WEDG(Wire electric discharge grinding: WEDG)법을 도입하였다. 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 제작기술로서 활용가능한 것으로 기대할 수 있다.

본 연구는 WEDG가공에서 얻어지는 표면상태를 가일층 향상시키기 위한 방안으로서 가공액의 공급방식을 기존의 침적식에서 분무하는 방법을 적

용하여 방전에너지의 분산효과를 극대화시키고자 하였다. 구체적으로는 가공액을 공급하는데 있어서 기존의 침적방식과는 상이하게 가공액을 공기와 혼합하여 미세한 액적의 형태로 공급하는 분무방식을 적용하여 초경합금(Cemented carbide: WC-Co)의 미세축 가공에서 가공액의 공급방식의 차이에 따른 가공특성의 차이를 조사하였다

2. WEDG법의 개요

WEDG가공시스템은 와이어 공구전극의 주행시스템, 위치결정시스템, 가공액 공급장치 및 미세 방전회로로 분류된다. Fig. 1은 WEDG 법을 이용한 미세축의 가공에서 와이어전극의 주행장치를 나타낸다. 동 방식에 의하면, 새로운 전극와이어를 연속공급으로 인하여 방전가공 중에 발생하는 전극소모에 따른 형상오차를 무시할 수 있으며, 가공 중에 와이어 전극을 주행시킴으로서 원하는 형상을 제작할 수 있다는 장점이 있다. 실제로 방전가공을 이용한 미세형상물의 제작에서 WEDG법을 이용함으로써 전극제작 공정과 형상가공 공정

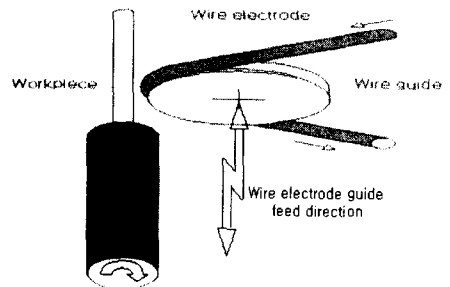


Fig. 1 Schematic illustration of WEDG method

을 동일 가공기 상에서 일원화함으로써 가공오차의 문제점을 해결하는 3차원 형상의 방전가공법 등의 연구결과가 보고되어 있다[1].

3. WEDG법의 가공시스템 구성

Fig. 2는 WEDG를 이용한 미세 방전가공시스템의 개략도를 나타낸다. 미세 단위의 방전현상을 이용한 WEDG가공에서는 주축스핀들의 회전과 위치결정기술에서 높은 정밀도를 요구하는 구동기구의 구성을 필요로 한다. 특히 WEDG를 이용한 미세 형상의 방전가공에서는 공구 전극의 정밀위치감정과 방전에너지의 공급을 위한 전기회로의 구성이 중요하다. 본 연구에서는 WEDG가공을 수행하기 위하여 공구전극 테이블의 이송량 및 이송속도, 와이어 전극의 이송속도, 주축스핀들의 회전수 등을 조절할 수 있는 전용장치를 제작하였다.

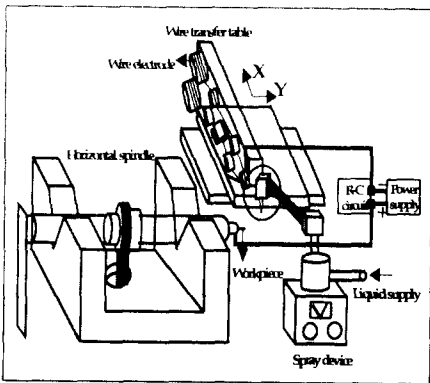
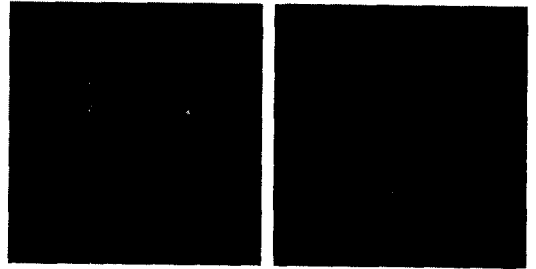


Fig. 2 Schematic illustration of Micro-EDM



Fig. 3 Photo view of Micro-EDM machine



(a) Streaming device (b) Spraying device

Fig. 4 Photo of dielectric supply device

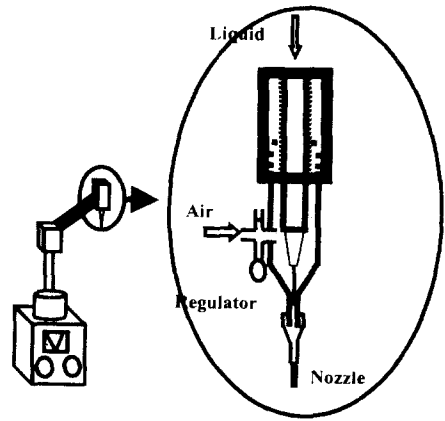


Fig. 5 Schematic illustration of spray-nozzle system

또한 전기적인 방전전원 공급장치와 분류 및 분부 방식으로 가공액의 공급이 가능하도록 전용의 가공액 공급장치를 설치하였다. Fig. 3은 본 연구에 사용된 WEDG 가공장치의 외관을 나타낸다. 또한 Fig. 4는 가공액 공급장치, Fig. 5는 Spray-nozzle 장치의 개략도이다. 방전 에너지는 R-C회로를 사용하여 주축과 와이어 공구전극에 직류전류를 공급하였다.

4. 실험 방법

앞 절에서 구성된 미세 WEDG가공시스템을 이용하여 가공액 종류와 공급방식의 변화에 따른 가공표면특성을 조사하였다. Table. 1은 실험조건으

로서 방전회로의 전기적인 조건을 나타낸다. 와이어 공구전극으로는 와이어는 방전가공에 있어 가공정성이 양호하다는 이유로 일반적으로 많이 사용되는 황동와이어($\phi 0.25\text{mm}$)를 사용하였다. 공작물은 직경 600mm의 초경합금(WC-Co) 봉재체를 사용하였다. 실험에서는 가공액의 공급방식을 분류 및 분무공급하여 가공액의 공급방식에 따른 가

Table.1 Experimental set-up and WEDG conditions

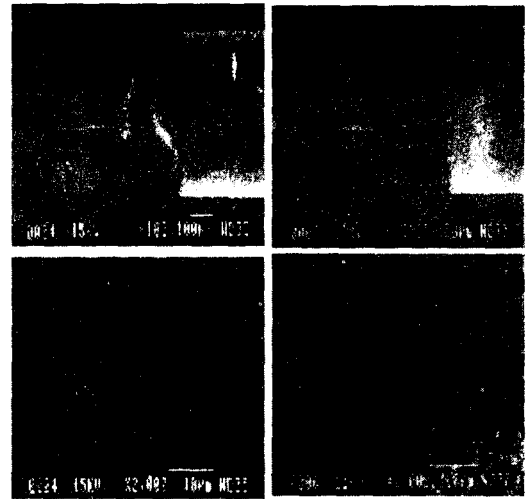
Electrode	Brass wire ($\phi 250\mu\text{m}$)	
Workpiece	WC-Co alloy ($\phi 600\mu\text{m}$)	
Dielectric Fluid	EDM oil / De-ionized water (Temp. 15°C)	
EDM circuit	Voltage	120V
	Resistance	1.2k Ω (10W)
	Capacitor	10000/5000/ 1000/100pF
Spindle speed	1000rpm	
Wire feed speed	60mm/min	

공특성의 차이를 조사하였으며, 가공액 종류로는 방전유와 탈이온수 두가지를 사용하였다. 가공실험에서는 가공액의 종류, 방전에너지로서 콘덴서 용량에 따른 가공특성의 차이를 조사하였으며, 부가적으로 2nd-cut의 횟수에 따른 가공표면의 차이를 비교하였다.

5. 가공액 환경에 따른 표면특성

a) 가공액 종류에 따른 표면특성

Fig. 6에는 가공액을 분무방식으로 공급하면서 가공액으로 방전유와 탈이온수를 사용하여 가공액의 종류에 따른 가공특성의 차이를 비교한 결과이다. 일반적으로 가공액은 방전현상에 있어서 중요한 요소로서 절연특성과 방전 후의 절연회복등에 지대한 영향을 미친다. Fig. 6의 (a)는 방전유를 사용한 것으로 와이어 공구전극의 곡률형상이 명확

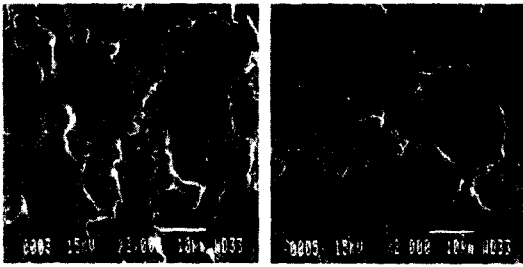


(a) Oil (b) Water
Fig. 6 SEM view of machined shape and surface by spray method

하게 반전된 것을 알 수 있다. 즉, 공작물의 형상 정도가 우수하고 표면상태는 일반적인 방전흔적으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 반면, 동그림의 (b)는 탈이온수를 사용한 결과로서, 전기의 방전유를 사용한 실험결과에 비하여 와이어 공구전극의 곡률형상이 불분명하게 형성되어 있는 것을 알 수 있다. 또한 가공표면에서는 전기화학적현상(Electric chemical reaction)에 기인한 것으로 추정되는 산화막이 형성된 것을 알 수 있다. 동 결과에 의하면, 미세형상의 WEDG가공에서는 가공액으로서 탈이온수보다는 방전유를 사용하는 것이 보다 형상정밀도와 표면상태의 면에서 유리한 것으로 확인되었다. 이후 가공에서는 전기화학적현상을 동반하지 않는 방전유를 사용하여 가공된 표면특성에 관해서 조사하였다.

b) 가공액 공급 방법에 의한 표면특성

Fig. 7은 전기의 결과를 토대로 가공액으로 방전유를 사용하고 가공액의 공급방식, 즉 분류 및 분무방식에 따른 가공상태의 차이를 조사한 결과이다. Fig. 7의 (a), (b)에서 방전흔적의 크는 거의



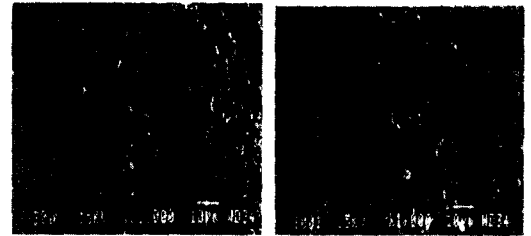
(a) Stream method (b) Spray method

Fig. 7 SEM view of difference of discharge crater in oil

비슷하나 방전흔적의 외주변의 용융재응고층의 두께가 분무방식에 비하여 다소 감소되며, 용융재응고층에 존재하는 방전크랙은 현저하게 작아지는 것으로 확인되었다. 이는 방전 펄스당의 에너지가 가공액의 공급방식에 따라서 차이를 갖게되는 결과에 기인한 것으로서 방전흔적에서 용융재응고층의 두께가 분무방식에서 보다 얇아지는 이유로 다음의 두가지를 생각할 수 있다. 즉, 가공액을 분무공급함으로써 1) 가공액의 높은 분무(분사)압력으로 가공부산물의 제거작용이 촉진되는 효과 [2], 2)가공액이 미립의 액적으로 공급됨으로서 방전에너지 분산에 따른 방전에너지의 미세화 효과를 들 수 있다. 단, 가공액을 분무하는 방식에서는 분류방식에 비하여 가공면의 상태가 향상되는 반면, 가공속도는 다소 저하되며, 이는 전술한 방전에너지의 분산에 따른 에너지 손실이 발생된 결과로 판단할 수 있다.

c) 콘덴서 용량에 따른 표면특성

Fig. 8은 방전유류의 분류 및 분무조건에서 콘덴서의 용량이 방전가공면에 미치는 영향을 조사한 결과이다. 가공액의 공급방식과는 무관하게 콘덴서 용량이 작아질수록 표면의 상태가 개선되는 것으로 나타났다. 이는 콘덴서용량에 따라서 단위펄스당의 방전에너지가 좌우되며, 콘덴서용량을 작게함으로써 펄스당의 방전에너지가 작아짐에 따라



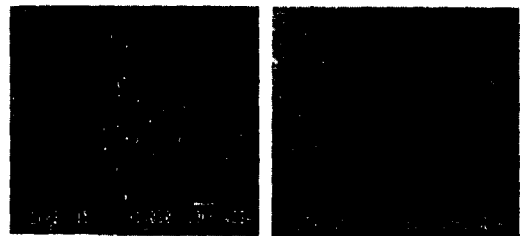
(a) 10000pF



(b) 5000pF



(c) 1000pF



(d) 100pF

[Stream method]

[Spray method]

Fig. 8 SEM view of machined surface indifferent supply methods

서 표면상태가 개선된 결과로 생각할 수 있다. 또한 가공액의 공급방식에 따른 차이로는 가공액의 분무방식에서 콘덴서의 용량을 작게함으로써 표면상태의 개선효과가 현저하게 나타나는 것으로 확인되었다. 이는 전술한 바와 같이 콘덴서용량을

작계함으로서 단위 펄스당의 방전에너지가 작아짐과 동시에, 가공액을 분무공급함으로서 단위 방전 에너지가 미소화되는 효과가 상승적으로 작용한 결과로 추정된다.

d) 2nd-cut 횟수에 따른 표면특성

Fig. 9는 방전유의 분무환경 하에서 2nd-cut의 횟수에 따른 표면상태의 차이를 비교한 결과이다.

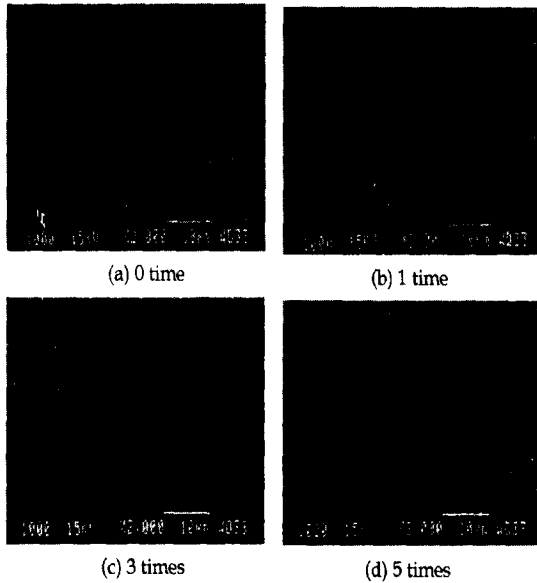


Fig. 9 SEM view of machined surface by 2nd-cut times

실험결과로서, 동 그림 (a)에 비하여 5회의 2nd-cut을 행한 (d)의 표면을 비교하면 표면상태에 다소 차이는 있으나, 2nd-cut에 의한 표면상태의 개선효과가 극히 미비한 것을 알 수 있다. 단, 이 경우에 황삭가공에서는 절입량:2 μ m/pass, 공구전극주행속도:0.16mm/min의 비교적 완만한 조건을 적용하였으며, 따라서 2nd-cut의 적용효과가 미소하게 나타난 것으로 추정할 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 미세 형상가공법으로서 WEDG법

을 도입하여, WEDG가공에 있어서 가공액의 종류와 공급방식에 따른 가공표면특성의 차이에 관하여 조사하였다. 본 연구에서 얻어진 결론을 구체적으로 정리하면 다음과 같다.

- 1)가공액의 종류로서 탈이온수에 비하여 방전유를 사용하는 것이 우수한 형상정도와 표면상태가 얻어진다.
- 2)가공액으로 탈이온수를 사용하면 표면에 전해반응에 의하여 산화막층이 형성된다.
- 3)가공액을 공급하는 방식으로 분무방식을 적용하면 방전에너지의 분산효과에 의하여 분류방식에 비하여 우수한 표면상태가 얻어진다.단, 가공속도면에서는 분류방식이 유리하다.
- 4)WEDG법을 이용한 미세방전가공에서는 2nd-cut에 의한 표면상태의 향상효과가 일반 와이어 컷 방전가공에 비하여 현저하게 작아진다.
- 5)WEDG법을 이용한 미세형상의 제작시에는 황삭 조건으로 방전유의 분류방식과 대용량 콘덴서를 사용하고, 마무리 가공에서는 방전유를 분무공급하고 콘덴서의 용량을 작게하는 조건의 배합이 권장된다.

후 기

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

[참고 문 헌]

1. 増井 清徳, “放電加工における加工面性狀”,

端電気加工, 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 尚武, "放電微細仕上げ加工の新展開", 端電気加工, 應用機械工學, pp.125~130, 12/1989.
4. 上屋 政光, 金子 勉, "NC削成放電加工の進展" 先端電気加工, 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-基礎から将来展望まで", 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, 電気加工學會誌, Vol.33/73, pp.38-42, 1999.
7. 國枝 正典, 強口 涉, "形調り放電加工における形状削成過程の逆方向シミュレーション", 電気加工 學會誌, Vol.33 / NO.72, pp.9~19, 1999.