

초경합금의 스프레이 미세 방전가공

Spray micro EDM of Tungsten Carbide

*송기영¹, #정도관¹, 박민수², 주종남¹

*K. Y. Song¹, #D. K. Chung(dogani04@snu.ac.kr)¹, M. S. Park², C. N. Chu¹

¹서울대학교 기계항공공학부, ²서울산업대학교 제품설계금형공학과

Key words : micro EDM, tungsten carbide, electrolytic corrosion

1. 서론

초경합금(Tungsten carbide, WC-Co)은 매우 높은 강도를 지닌 금속으로 우수한 기계적 성질로 인해 산업의 다양한 분야에 널리 쓰이고 있다. 그러나 높은 강도와 경도로 때문에 일반적인 기계가공법으로는 가공이 어렵다¹.

방전가공은 초경합금 가공에 적용될 수 있는 유용한 특수가공 방법으로 공작물과 공구로 쓰이는 전극 간에 전기스파크를 일으켜 원하는 형상으로 가공한다². 그러나 초경합금은 전해부식(Electrolytic corrosion)에 매우 취약하여 방전가공 중에 가공액인 물 속에서 전해현상으로 공작물 표면에 손상을 입는다^{3,4}. 본 연구에서는 미세 방전밀링 시 발생하는 공작물 표면의 전해부식 문제를 해결하기 위하여 스프레이 방전가공법을 제안하고 실험을 통하여 가공특성을 평가하였다.

2. 방전가공 시 발생하는 전해부식

방전가공 시에는 전극과 공작물에 방전전원에 의한 전위차가 생기고 가공간극에는 가공액인 물이 채워져 있으므로 전해현상이 발생한다. 특히 초경합금의 방전가공에서는 재료의 주성분 중 하나인 코발트 바인더가 전해현상에 매우 취약해 가공액인 물에 전해용출 되므로 전해부식의 피해정도가 크다. Fig. 1은 방전가공 중에 발생하는 전해부식현상의 개념도를 나타내고 있다. 전극과 공작물 사이에서는 전기스파크가 일어나 가공을 진행하게 되지만 공작물 표면과 전극의 측면에서는 전해현상이 발생한다. 이는 전극의 측면과 공작물의 표면을 가공액인 물이 연속체로써 전기적으로 연결시키고 있기 때문이다. 이러한 현상을 방지하기 위해서 스프레이 방전가공이 제안되었다. Fig. 2는 스프레이 방전가공의 개념도를 나타내고 있다. 가공액인 물은 압축공기와 함께 물방울 형태로 가공간극에 분사된다. 이때 물방울들은 전극과 공작물 사이의 좁은 틈으로 들어가 스파크 발생에 도움을 주고 나머지 물방울들은 고압의 공기에 의해 공작물 표면에 머물러 있지 못하고 즉시 제거된다. 그 결과 공작물 표면에서는 전극의 측면과 반응하는 전해현상이 일어나기 어렵게 된다.

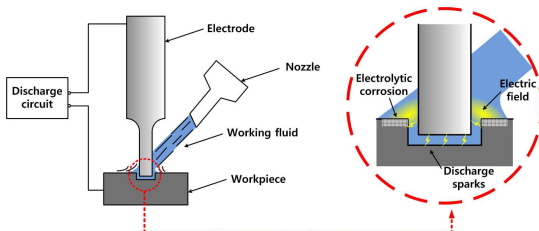


Fig. 1 Schematic diagram of electrolytic corrosion in EDM

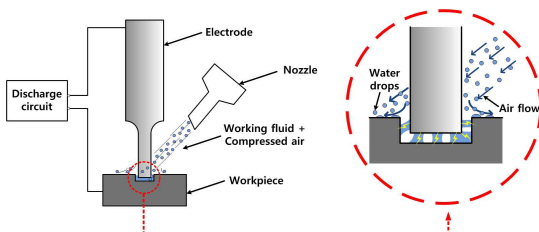


Fig. 2 Schematic diagram of spray-EDM

3. 실험 방법

본 연구에서는 미세 방전밀링가공(micro ED-milling)을 수행할 때 가공액의 공급 방식에 따른 가공특성을 관찰하였다. 가공액의 공급 방식은 두 가지로 분류되는데, Fig. 1과 같은 일반적인 워터젯 방식과 Fig. 2와 같이 스프레이 분사 방식이다. 가공액의 스프레이 분사를 위해 Fig. 3과 같은 Venturi 형태의 노즐을 사용하였고 가공액은 탈이온수 이다. 가공방법은 직경 80 μm의 원형전극을 사용하여 깊이 50 μm 그루브(groove)를 길이 200 μm 만큼 초경합금 공작물에 RC 방전 회로를 사용하여 가공하였다. 이때 사용된 전원은 +40 V, -10 V의 두 가지 극성을 가진 bipolar 펄스전원이다. Fig. 4는 가공 중에 발생하는 전압과 전류 파형을 나타낸다. 실험에 적용된 전반적인 가공조건은 Table 1과 같고 가공액 분사 조건은 Table 2와같이 스프레이 방식은 공기의 압력과 물의 유량을 변화시켜가며 세 가지의 조건을 사용하였으며 모든 실험은 세 번씩 반복하여 진행하였다.

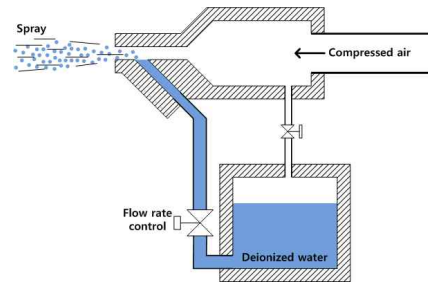


Fig. 3 The spray apparatus for micro ED-milling

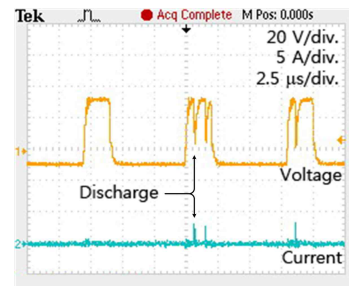


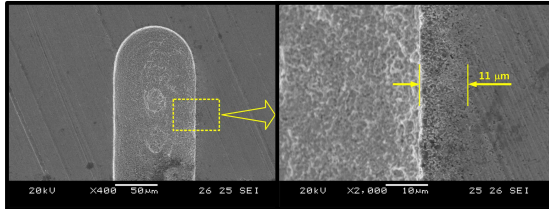
Fig. 4 The measured waveform of voltage and current at the machining gap

Table 1 Machining conditions

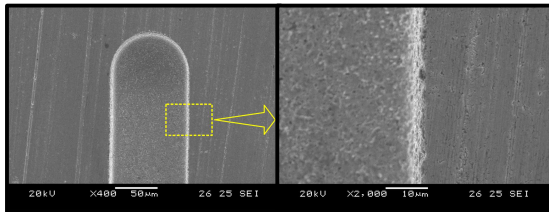
Electrical conditions			
Frequency	125 kHz	Capacitor	250pF
Duty factor	25%	Voltage	+40 V/-10 V
Material			
Electrode	WC-Co (Co 8.0 wt.%)	Workpiece	WC-Co (Co 10.5 wt.%)
Working fluid			
Water jet type	Deionized water (Specific resistance: 1.6 MΩ cm)	Spray type	Air pressure: 0.3, 0.5 MPa Water flow rate: 1, 60 ml/min

Table 2 Injection conditions

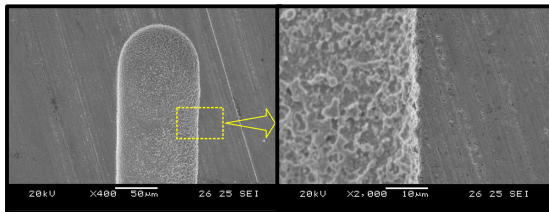
Water jet type		
Flow rate	170 ml/min	
Spray type		
Condition No.	Air pressure	Water flow rate
#1	0.5 MPa	1 ml/min
#2	0.3 MPa	1 ml/min
#3	0.5 MPa	60 ml/min



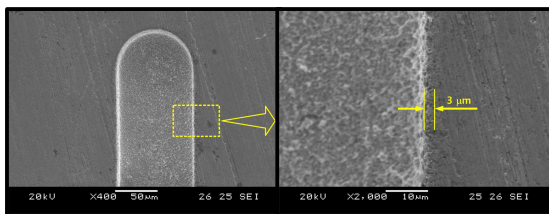
(a) Water jet type



(b) Spray condition #1 (air: 0.5 MPa, water: 1 ml/min)

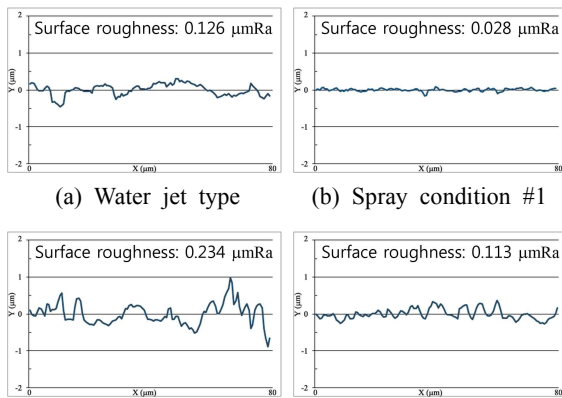


(c) Spray condition #2 (air: 0.3 MPa, water: 1 ml/min)



(d) Spray condition #3 (air: 0.5 MPa, water: 60 ml/min)

Fig. 5 The results of machining



(a) Water jet type (b) Spray condition #1 (c) Spray condition #2 (d) Spray condition #3

Fig. 6 Surface roughness of machined portion

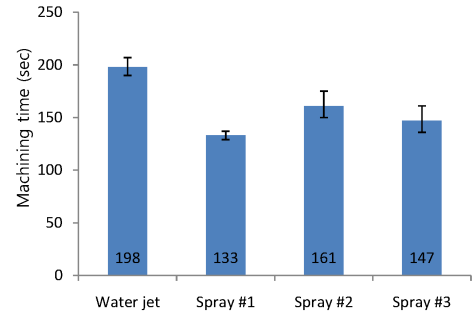


Fig. 7 Machining time according to injection types

4. 실험 결과

Fig. 5는 가공된 그루브의 전자주사현미경 관찰사진 이다. 워터젯 방식의 가공에서는 모서리 부분에 전해부식 발생하여 공작물 표면을 손상시켰고 그 영역은 가공된 모서리로부터 약 11 μm에 걸쳐 고르게 분포하였다. 스프레이 방식에서는 Table 2와 같이 세 가지의 분사 조건으로 가공한 결과 조건 #1과 조건 #2에서 전해부식이 발생하지 않았지만 조건 #3에서는 3 μm의 전해부식 영역이 발생하였다. 이는 희박한 농도의 분사 조건이 농후한 조건보다 전해부식 억제에 더 효과적이라는 것을 나타낸다. 그러나 Fig. 6에서 나타난 바와 같이, 조건 #2에서처럼 분사되는 공기의 압력이 낮아지면 방전간극에서 발생한 가공부스러기의 배출이 용이하지 못하게 되어 가공표면에 증착함으로써 표면이 거칠어지는 것을 알 수 있다. Fig. 7은 각 조건별 가공시간을 측정한 것이다. 워터젯 방식에 비하여 스프레이방식은 간극에서 발생하는 가공부스러기의 배출을 용이하게 하고 새로운 가공액이 간극에 원활하게 공급되도록 도와주기 때문에 안정적인 방전 환경이 조성되어 가공속도가 빨라졌음을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 미세 방전밀링가공 시 기존의 가공액 공급 방식이던 워터젯 방식의 문제점인 전해부식 발생을 억제하고자 스프레이 방식의 가공액 분사방식을 제안하였다. 스프레이 방식은 가공 중 전극과 공작물간의 전기화학적 작용인 전해부식을 예방하였고 또한 가공간극의 방전환경을 개선시켜 가공속도를 증가시키는 효과를 나타내었다. 그러나 스프레이의 공기압력이 낮아지면 가공부스러기 배출이 원활해지지 않아 가공면이 거칠어지며 가공액의 유량이 많은 농후한 스프레이를 사용하면 전해부식을 완전하게 억제할 수 없었다. 그러므로 본 실험에서는 0.5 MPa의 공기압력과 1 ml/min의 가공액 유량이 가장 우수한 가공성능을 나타내는 스프레이 조건이었다.

후기

본 연구는 서울시 산학연 협력사업(NT080540)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 허성중, "초경합금제의 절삭에 관한 연구," 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 248, 2004
2. 이재명, 허성중, 김원일, "STD-11 합금공구강과 P-20 초경합금제의 WEDM 특성에 관한 연구," 한국정밀공학회지, 13, 22-28, 1996.
3. Guitrau, E. B., "The EDM handbook," Hanse Gardner, Cincinnati, 1999
4. Song, K. Y., Chung, D. K., Park M. S. and Chu, C. N., "Micro electrical discharge drilling of tungsten carbide using deionized water," Journal of Micromechanics and Microengineering, 19, 045006, 2009