

초경합금재 와이어컷 방전가공시 두께변화에 따른 가공 특성

이재명(경남대 대학원), 김원일, 이윤경, 왕덕현(경남대 기계자동화공학부)

Machining Characteristics According to the Thickness Change When Wire-cut Electrical Discharge Machining of Tungsten Carbide

J. M. Lee(Graduate School, Kyungnam Univ.), W. I. Kim, Y. K. Lee, D. H. Wang(Kyungnam Univ.)

ABSTRACT

The characteristics of wire deflection, surface roughness and roundness were observed on changing discharge time for electrical discharge machining(EDM) of tungsten carbide in various conditions of thickness. The wire deflection was decreased as increasing discharge time and wire tension, the gap of deflection was decreased after thickness 60mm and discharge time of 6 μ s due to the changing from fundamental mode to vibration mode. The deflection is the smallest at the water specific resistivity of 7.5 k Ω · cm. The deflection is found to be decreased as increasing dwell time, and the result is due to the vibration of the pressure and the amount of the dielectric. The component of copper(Cu) and zinc(Zn), which is the main material of wire electrode, was observed for rough wire-cutting EDM of STD-11. This phenomena is found to be decreased as the number of EDM is increased. But it will be improved by changing the material and the shape of wire. The roundness of middle is found to be worse than that of upper and it is increased as the thickness of material is increased.

Key Words : Wire-cutting EDM(와이어컷방전가공), Pulse on time(방전펄스시간), Gap of deflection(처짐량), Hand drum form(북현상), Dielectric fluid resistivity(가공액 비저항), Finish cutting(마무리가공)

1. 서론

방전가공은 금형산업의 발달과 더불어 발전하고 있으며 제품의 수명주기가 짧아짐에 따라 다양한 형상의 설계를 중요시하게 되었다. 또한 금형산업 분야에서는 다양한 특성을 갖는 신소재의 개발뿐만 아니라 복잡한 3차원 형상 및 고품위 가공을 위하여 방전가공기술이 최근에 급속히 발전하고 있다¹⁾.

부품산업에서는 많은 소재들의 기능이 향상되어 사용되고 있으며, 그중 내마멸성과 내열성이 큰 초경합금을 주로 사용하고 있다²⁾. 초경합금은 기계가공성이 나빠져 고도의 치수 정밀도와 정확한 형상의 제품의 가공을 위해서는 특수가공법인 와이어컷 방전가공의 열 및 압력을 이용하여 가공하는 방법으로 아크방전의 온도는 수 천도에 이른다³⁾⁴⁾.

본 연구에서는 자동제어방식을 이용하여 초경합금(P-20)을 방전펄스시간과 시편 두께를 변화시키면

서 정방형과 원형으로 가공하는 경우 와이어의 처짐, 표면형상, 진원도 특성들을 연구하여 고품위 및 고정밀도의 방전가공방법을 제시하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

본 실험에서 사용된 실험기기 및 측정기들을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Experimental equipments

Item	Model	Company
Wire-cutting EDM	A320	Daewoo
Oscilloscope	9310A 400MHz	Lecroy
Surface roughness tester	Surftest-501	Mitutoyo
Digital multimeter	DM3750	K.C Engrg.
Roundness tester	RA-116D	Mitutoyo

피삭재는 탄화텅스텐이 주성분인 난삭재의 초경 합금(P-20)을 사용하였고 화학적 성분은 Table 2에 나타내고 있다. 와이어의 성분과 기계적 성질값들을 Table 3에 나타내었다.

Table 2 Chemical composition of P-20

Chemical composition(wt %)				
Co	TiC	TaC	TiCN	WC
9	19	9	5	58

Table 3 Chemical composition and mechanical properties of wire electrode

Chemical composition(%)					Mechanical properties	
Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Tensile strength (kgf/cm ²)	Elongation(%)
63.04	36.86	0.03	0.02	0.03	100	2

본 실험에서는 와이어의 공급속도와 장력을 각각 10.6m/min, 840gf로 고정하였고, 가공액은 침전방식으로 상하 노즐을 가공물로부터 0.1mm를 띄우고 방전액으로 물을 사용하여 고속가공 조건인 18kg/cm²의 압력으로 6l/min의 유량으로 하였으며 가공액 비저항은 7.5 kΩ·cm로 고정하고 수온은 냉각장치에 의하여 20℃를 유지하였다.

방전펄스시간을 3μs, 6μs, 12μs, 20μs으로 변화시키면서 두께 20mm, 40mm, 60mm의 P-20을 가로, 세로 각각 5mm의 정방형과 지름 10mm의 원형으로 가공하여 와이어의 치짐, 표면형상 및 진원도 특성들을 관찰하였다.

복원상과 치짐량은 2μm까지 측정이 가능한 다이얼 테스트 인디케이터와 V-블록을 이용하여 상중하 3개 부분의 치수를 측정하였고, 표면거칠기는 동일 조건으로 90도 방향으로 4회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 원형시편의 진원도 값은 진원도를 나타내는 연산방법 중 최소자승법으로 Gaussian 필터를 이용하였으며, 6rpm으로 회전하며 최대 적재질량은 20kg까지 가능한 진원도 측정장치를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 방전펄스시간에 따른 시편의 중앙부가 가공이 많이 되는 복원상의 변화로써 합금강에서는 보편적으로 두께가 두꺼워 질수록 복원상이 증가하나, 초경합금에서는 두께 40mm까지는 급격히 증가하였으나, 두께 60mm에서는 복원상이 감소되고 있다. 이것은 가공성이 나쁜 초경합금의 가공시 반발력, 와이어 가이드의 거리 및 가공액의 압력과 유량, 아크방전등에 의한 영향으로 불규칙한 진동이

기본모드(Fundamental mode)¹⁵⁾에서 진동모드(Mode of vibration)로 변화되어 복원상이 감소되는 것으로 생각된다. 그리고 방전펄스시간의 증가에 따라 복원상이 커짐을 나타내고 있다.

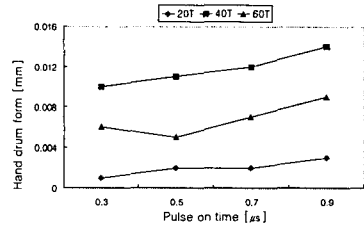


Fig. 1 Hand drum form change due to the pulse on time

Fig. 2는 시편의 두께별 방전펄스시간의 변화에 따른 와이어의 치짐으로 두께 20mm와 40mm는 방전펄스시간의 증가에 따라 치짐이 완만하게 작아지고 있으나, 두께 60mm에서는 방전펄스시간 6μs 이후로 치짐이 증가함을 보여주고 있다. 이것은 모든 동일한 조건에서 방전펄스시간의 증가로 에너지가 커짐에 따라 진동모드가 기본모드로 바뀌면서 진폭이 점차 커지는 것으로 생각된다

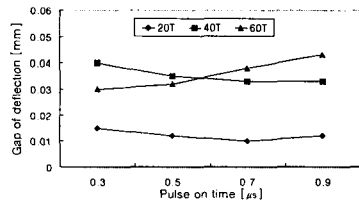


Fig. 2 Gap of deflection change due to the pulse on time

Fig. 3은 와이어 이송속도 변화에 따른 와이어의 치짐으로 두께 20mm에서는 거의 변화가 없으며 40mm와 60mm에서는 다소 증가하고 있다.

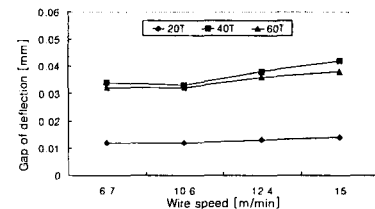


Fig. 3 Gap of deflection change due to the wire speed

Fig. 4는 와이어의 장력에 따른 와이어의 치짐으로 두께 20mm에서는 거의 변화가 없으나 두께 40mm와 60mm에서는 장력이 커질수록 급격히 치짐량이 작

아지고 있다. 두께 60mm에서 와이어의 장력이 작아 질수록 두께 40mm보다 처짐량이 더욱 커지는 것은 와이어의 진동모드가 기본모드로 변화되는 것으로 생각된다. Fig. 5에서는 가공액의 비저항이 7.5 k Ω ·cm에서 처짐이 가장 작게 나타나므로 초경합금의 가공액의 가공조건으로 최적인 것으로 사료된다.

Fig. 6은 처짐을 작게 하기 위하여 코너에서 이송을 정지시키는 드웰시간을 준 것으로 처짐의 변화가 미소함을 보여준다. 이것은 거친가공의 조건으로 가공액의 압력과 유량이 크기 때문에 진동이 생겨 처짐이 미소하게 작아지는 것으로 생각된다.

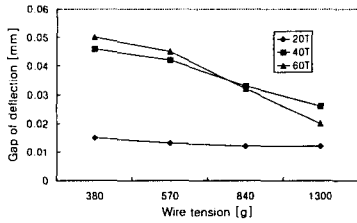


Fig. 4 Gap of deflection change due to the wire tension

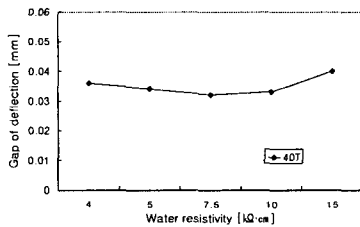


Fig. 5 Gap of deflection change due to the water resistivity

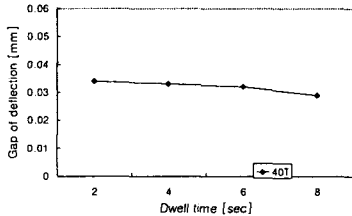


Fig. 6 Gap of deflection change due to the dwell time

Fig. 7은 방전펄스시간에 따른 가공면 최대표면 거칠기로서 방전시간이 길어짐에 따라 최대표면 거칠기는 증가하나, 두께 40mm가 두께 20mm보다 거친 가공면을 나타내고 있다. 이것은 동일조건에서 방전 펄스시간이 같은 경우 전류값이 더 크기 때문에 단 발방전 에너지가 증가하여 거친가공면으로 가공된 것으로 사료된다. Fig. 8(a)와 8(b)는 두께가 40mm의 거친가공과 4차 마무리가공의 측정된 가공면 거칠기상태를 나타내고 있다.

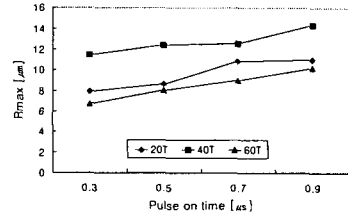


Fig. 7 Maximum surface roughness change due to the pulse on time

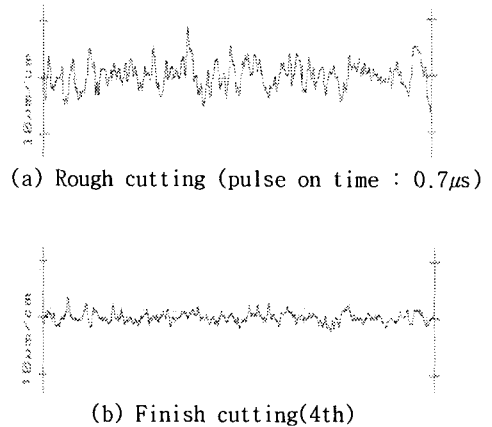


Fig. 8 Measured surface roughness signals of wire cutting EDMed workpiece

Fig. 9는 두께 40mm인 시편을 가공액의 비저항에 따른 최대표면거칠기로서 비저항 7.5k Ω ·cm에서 가장 양호하게 나타나고 있다.

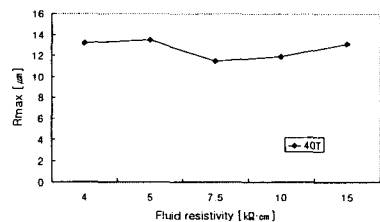
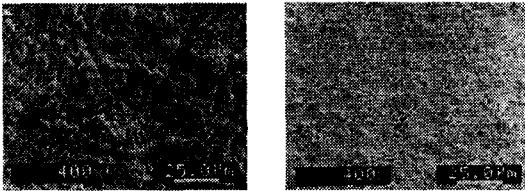


Fig. 9 Maximum surface roughness change due to the fluid resistivity

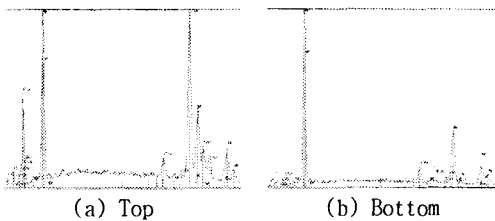
Fig. 10의(a)는 두께 40mm, 방전펄스시간 20 μ s의 가장 거친가공면의 주사전자현미경 사진을 400배 확대한 것으로 Rmax값이 14.33 μ m이고 Fig. 10(b)는 4차의 마무리가공으로 Rmax값이 7.27 μ m의 사진들이다. Fig. 11은 Fig. 10(a)의 거친 불규칙한면에서 높은부분과 바닥부분을 EDS (Energy Dispersive Spectrum)분석한 결과로써 Fig. 11(a)의 높은 부분은 Co 5.82%, W 63.27%, Ti 0.50%, Ta 1.73%, Cu

19.68%, Zn 6.47%이고, Fig. 11(b)의 바닥부분은 Co 8.22%, W 83.66%, Ti 0.39%, Ta 3.66% 성분인 것으로 나타났다. 이것은 탄화텅스텐이 주성분인 초경합금에 와이어전극의 주성분인 Cu와 Zn이 코팅되어진 것을 볼 수 있다. 이것은 Fig. 10(b)의 4차 마무리 가공에서와 같이 여러번 마무리가공을 함으로써 개선되는 것을 볼 수 있다. 또한 방전펄스시간의 변화에도 유사한 성분비로 나타나고 있으므로 방전에너지의 변화에는 무관하고, 와이어의 재질이나 형태의 변화 등에 의해서도 개선될 것으로 생각된다.



(a) Rough cutting (b) Finish cutting (4th)

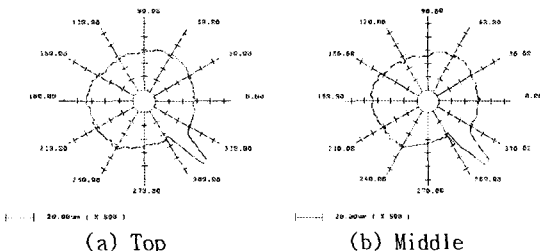
Fig. 10 Scanning electron microphotographs of wire cutting EDMed workpiece



(a) Top (b) Bottom

Fig. 11 X-ray diffraction pattern obtained from wire cutting EDMed surface

Fig. 12은 두께 40mm의 시편을 방전펄스시간 12 μ s의 조건으로 ϕ 10되게 가공한 것으로 (a)는 위로 부터 2mm되는 부분과, (b)는 중간부분의 진원도 형상을 500배 확대하여 나타내었다. 여기서 (a)의 위 부분은 7.79 μ m, (b)의 중간부는 12.34 μ m로 중간부가 더욱 타원형이 됨을 알 수 있다. 그리고 방전펄스시간이 증가할수록, 두께가 얇아질수록 이 차이는 줄어든다.



(a) Top (b) Middle

Fig. 12 Roundness profile of machined surface by wire cutting EDM

4. 결론

본 연구에서는 방전펄스시간을 3 μ s, 6 μ s, 12 μ s, 20 μ s으로 변화시키면서 두께 20mm, 40mm, 60mm의 초경합금(P-20)을 가공하여 와이어의 처짐, 표면형상, 진원도 특성 등을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

방전펄스시간, 와이어장력의 증가에 따라 와이어의 처짐이 작아지나, 두께 60mm에서 방전펄스시간이 6 μ s보다 작아질 때 처짐이 작아지는 것은 와이어의 진동이 기본모드에서 진동모드로 변화되어 진폭이 점차 작아지는 것으로 생각된다. 가공액 비저항 7.5 k Ω ·cm에서 처짐이 가장 작게 나타나고 있으며, 드웰시간의 증가로 처짐이 미소하게 작아지는 것은 가공액의 압력과 유량이 크기 때문에 진동이 발생되었기 때문이다.

가공면 거칠기는 가공액의 비저항 7.5k Ω ·cm에서 가장 양호하게 나타나며, 방전펄스시간이 증가할수록 가공면은 거칠어진다. 거친가공면의 표면형상은 탄화텅스텐(WC)이 주성분인 초경합금(P-20)에 와이어전극의 주성분인 Cu와 Zn이 코팅되어있다. 이것은 마무리가공으로 개선되어지고 있다. 또한 방전펄스시간의 변화에도 유사한 성분비로 나타나고 있으므로 방전에너지의 변화에는 무관하고, 와이어의 재질이나 형태의 변화에 의하여 개선될 것으로 생각된다. 원형으로 가공시 진원도가 윗부분보다 중간부분이 좋지 않으며, 방전펄스시간이 증가할수록, 두께가 얇아질수록 이 차이는 줄어든다.

참고문헌

1. 김기선, 정판동, "CNC방전가공 및 와이어컷방전가공," 문운당, pp. 281-284, 1998.
2. 眞鍋明, 葉石雄一郎, "ワイヤ放電加工," 日刊工業新聞社, pp. 7-12, 1997.
3. 김창호, 최재찬, "방전가공," 기전연구소, pp. 25-28, 1995.
4. N. Mohri, N. Saito and Y. Tsunekawa, "Metal Surface Modification by Electrical Discharge Machining with Composite Electrode," Annals of the CIRP Vol. 42, pp. 219-222, 1993.
5. 박노길, 한상보, "기계진동학," 반도출판사, pp. 410-411, 1997.