

와이어 컷 방전가공후의 가공면 조도 고찰

김세환* · 최계광**

A Study on Surface Roughness in Wire - Cut Electric Discharge Machining

Sei-Hwan Kim* and Kea-Kwang Choi**

요 약 프레스 금형의 부품제작에 주로 사용되는 와이어 컷 방전가공에서 가공횟수가 펀치와 다이블록의 가공면조도에 미치는 영향을 고찰하였다. 본 연구의 수행을 위해 정밀 가공기술로 활용도가 증가되고 있는 와이어 컷 방전가공기(Sodic A500H)를 사용하여 1차, 2차, 3차 총 3회 가공을 실시하였다. 3회에 걸쳐 가공된 펀치와 다이블록의 가공면 조도 고찰을 위해 표면조도거칠기 측정기(Federal 사의 System5000)를 사용하여 연구를 수행하였다.

Abstract The effect of the numbers of processing on the punch and surface roughness of die block in the W-EDM, which is frequently used to manufacture parts of press die is studied. W-EDM equipment (Sodic A500H), the application of which has increased for its precision, is used in the process three times. To inspect the roughness of the three-time-processed dimension of the punch and the die, the surface roughness measuring instrument (System 5000 of Federal) is used.

Key Words : W-EDM, Spark energy, Surface roughness, Second cut

1. 서 론

방전가공은 1940년대 구 소련의 라샤 퀴코 부부가 금속에 구멍을 가공하는데 성공한 후, 세계 각국에서 많은 연구가 거듭되었으며, 일본에서는 1948년 동경대학의 鳳誠三良이 방전현상을 금속가공에 이용하였다.

와이어 컷 방전 가공법 역시 1955년 소련에서 처음 소개된 이후 1960년대에 들어서 유럽에서도 여러 연구 결과들이 본격적으로 발표되었다.

그 수요가 급격히 증대된 것은 근래의 일로서 와이어 컷 방전가공 기술은 1970년대 후반에 본격적인 발전을 맞은 비교적 새로운 가공법 중의 하나이다.

와이어 컷 방전가공은 공작물을 가공하는데 와이어 전극이라는 기계적 강도가 약한 재료와 물을 가공 액으로 이용한 것이다. 종래의 단일한 특수 가공법과는 달리 몇 개의 현상이 합쳐진 복합작용이 가공의 주체이다.

와이어 컷 방전가공은 거의 무인화된 가공 장치로 장시간에 걸쳐 완전히 자동 운전을 가능하게 한 NC가공 장치를 대표할 만한 가공법이다.

본 연구에서는 정밀 가공기술로 활용도가 증가되고 있는 와이어 컷 방전 가공기술을 프레스 금형 가공기술에 적용하여 와이어 컷 방전 가공조건이 가공면 조도에 미치는 영향을 연구하였다.

2. 와이어 컷 방전가공 이론

2.1 와이어 컷 방전가공의 개요

와이어 컷 방전가공은 Figure 1에서 보는 바와 같이 공작물과 $\psi 0.1 \sim 0.3$ mm 정도의 와이어 전극 사이에 전압과 전류를 흘려 방전현상을 일으키고, 이때 발생하는 열을 이용하여 공작물을 녹이며 자르는 가공법이다.

Figure 1에서 와이어 전극 A는 위에서 아래로 이동하고 있고 이것에 가공액 c가 부어지 방전 d가 공작물 B와의 사이에서 일어나게 한다. 와이어 전극 A와 공작물 B와의 사이에는 매초당 약 1백만회의 방전 현상이 발생하며 이때 방전부위에 발생하는 온도는 수 천도에 이른다.

와이어 전극 A가 공작물 B와의 사이를 방전하면서 이동하기 때문에 와이어전극 A에는 방전흔 e가 생긴다. 방전은 동시에 공작물 B에도 생긴다. 방전을 일으켰을 때 방전부분에는 수소, 산소의 가스 g를 발생하는 동시

*천안공업대학 벤처금형과

**대현산업

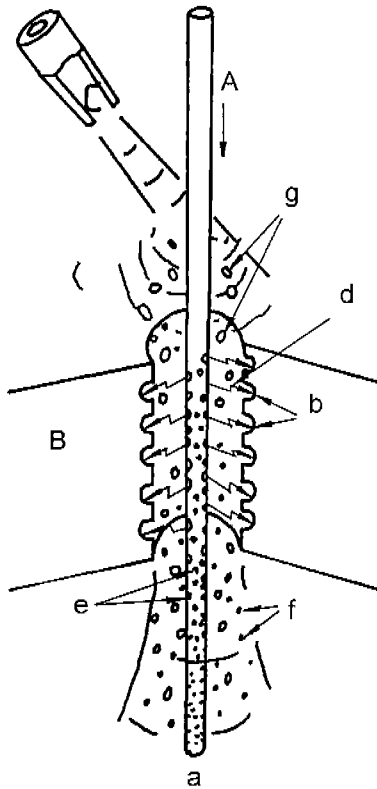
에 가공층 f를 발생한다. 방전후의 전극a는 표면에 많은 방전흔을 가지며 또 방전 전류가 흘러 가열되어 그것이 급격히 냉각되고 굳어져서 부러지기 쉬워진다[2, 4].

2.2 가공면의 표면 거칠기

와이어 컷 방전가공은 수중방전가공이므로 형상조각 방전가공과 같은 침탄에 의한 변질층이 생기지 않는다. 강재를 등, 황동 전극을 사용해서 가공하는 경우는 함유하는 등의 침입을 받는 경우가 있고, 강중에 등이 고용하여 잔류 오스테나이트가 생겨서 연한 표면층을 만든다.

가공면 표면 거칠기는 방전흔적의 크기에 따라 결정한다. 방전 흔적의 크기는 하나하나의 방전 에너지가 클수록 커진다.

와이어 방전 가공과 같이 콘덴서 방전을 사용하는 경우는 콘덴서 용량 및 극간에 가해지는 전압이 커질수록



A) wire electrode (before machining)
 B) workpiece
 a) wire electrode (after machining)
 b) crater (workpiece) c) water
 d) electric discharge e) crater (wire electrode)
 f) chip g) gas

Figure 1. Principle of wire-cut electric discharge machining

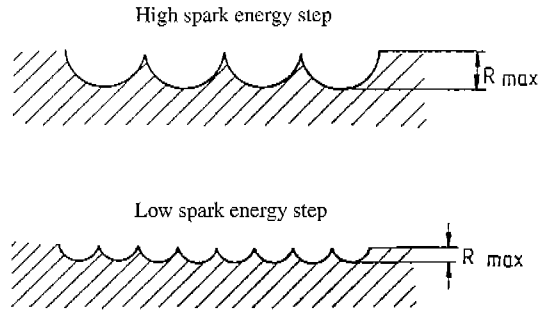


Figure 2. Relation between surface roughness and spark energy

방전 흔적도 커지고 표면 거칠기도 거칠어진다(Figure 2). 방전이 발생할 때의 가공면의 거칠기는 방전흔적의 형상과 비례관계에 있고 방전흔적의 형상은 방전할 때 발생하는 압력과 밀접한 관계가 있다.

범용의 방전가공과 같이 좀더 빠르게 하면 면조도도 거칠고 따라서 코너 부의 가공오차가 커지므로 형상정도에 손상을 입히는 등의 문제를 일으키기가 쉽다. 이것을 해결한 것이 2차 가공(Second cut)의 효과에 의해 양호한 가공면을 최단의 가공시간에 실현할 수 있는 것이다. 2차 가공을 적용함으로써 코너 부의 가공오차를 적게 할 수 있고, 고정도의 코너 끝 가공이 실현될 수 있어 가공시간의 단축은 물론 정도 측면에서도 대폭적인 향상을 행할 수 있을 것으로 생각된다[1, 4, 5].

3. 실험 장치 및 방법

3.1 실험 장치 및 재료

본 실험에서 사용한 와이어 컷 방전가공기는 일본 Sodic(사)의 A500H로 Figure 3과 같으며 방전가공 조건은 Table 1과 같다[6, 7].

본 실험에서 사용한 와이어 전극은 $\varphi 0.25$ mm 황동선 2종이며 펀치 및 다이블록 재료는프레스 금형 제작에 많이 이용되고 있는 합금공구강(STD11)으로 하였다.

3.2 실험 방법

시험편 제작을 위해 STD11 재료로 밀링가공 작업을 완료한 후에 열처리를 하였다. 열처리 후에 연삭작업을 하고 와이어 컷 방전가공을 하여 시험편 제작을 완료하였다.

시험편의 크기는 10 mm×10 mm이며

다이블록 두께는 53 mm이고, 펀치 두께는 80 mm로 하였다.

(1) 시험편 제작

펀치 및 다이블록 시험편을 W-EDM을 이용하여 다

Table 1. Specification of wire-cut electrical discharge machining

type	punch			die block		
	first cut	se'nd cut	third cut	first cut	se'nd cut	third cut
ON	6	5	2	6	5	2
OFF	15	10	2	15	10	2
IP	17	16	15	17	16	15
HP	1	3	0	1	3	0
MA	16	12	0	16	12	0
SV	2	8	3	2	8	3
V	3	1	0	3	1	0
SF	6	2004	2004	6	2004	2004
C	0	2	2	0	2	2
WT	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
WS	4	3	3	4	3	3
WP	5	5	2	5	5	2
FS	1.15-1.18	1.3-3.1	5.6-9.6	1.15-1.18	1.3-3.1	5.6-9.6

ON : Discharge pulse time
 OFF : OFF pulse time
 IP : Peak current value
 MA : OFF pulse width adjustment
 SV : Servo reference voltage
 HP : Aux.power supply circuit
 V : Main power voltage
 SF : Servo speed (mm/min)
 C : Inter-electrode capacitor
 WT : Wire tension (g)
 WS : Wire speed (mm/min)

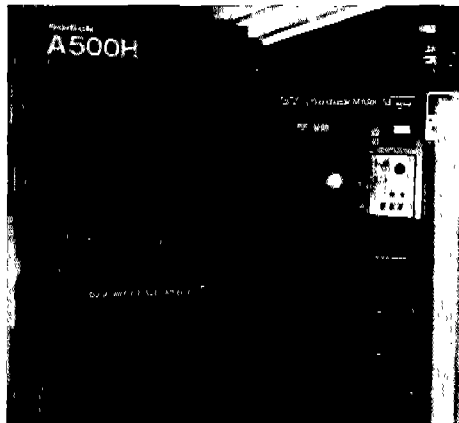


Figure 3. Overall view of wire-cut electric discharge machine.

음과 같이 3조 제작하였다.

① 펀치 시험편은 1차 W-EDM으로 제작하고 다이블록 시험편은 1차 W-EDM으로 제작하였다. 이것을 ㉠

Table 2. Offset rate of wire-cut electrical discharge machining unit : μm

type	working condition	㉠ Type		㉡ Type		㉢ Type	
		punch	die	punch	die	punch	die
offset rate	first cut	115	187	190	232	210	246
	se'nd cut			115	157	135	171
	third cut					115	156

타입이라고 명명한다.

② 펀치 시험편은 2차 W-EDM으로 제작하고 다이블록 시험편은 2차 W-EDM으로 제작하였다. 이것을 ㉡ 타입이라고 명명한다.

③ 펀치 시험편은 3차 W-EDM으로 제작하고 다이블록 시험편은 3차 W-EDM으로 제작하였다. 이것을 ㉢ 타입이라고 명명한다.

이상과 같이 제작된 펀치 및 다이블록 시험편의 가공면 조도를 표면 거칠기 측정기(Federal 사의 System5000)로 중심선 표면 거칠기(R_a)와 최대 표면 거칠기(R_{max})를 측정하였다.

위와 같이 제작된 펀치 및 다이블록의 오프셋량은 Table 2에 나타내었다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 실험 결과

가공면조도를 측정된 값을 Table 4와 같이 ㉠타입(Figure 4. (1), (2)), ㉡타입(Figure 4. (3), (4)), ㉢타입(Figure 4. (5), (6))으로 나타내었다.

Table 3. Surface roughness of ㉠, ㉡, ㉢ type punch and die block unit : μm

type	working condition	㉠ type		㉡ type		㉢ type	
		punch	die block	punch	die block	punch	die block
R_{max}	1	19.752	20.373	15.037	13.515	9.891	11.030
	2	18.346	19.454	14.844	15.659	9.336	12.888
	3	17.571	21.692	16.091	14.634	10.118	10.129
	평균	18.556	20.506	15.324	14.603	9.782	11.349
R_a	1	2.561	2.598	2.218	1.762	1.146	1.318
	2	2.307	2.458	2.366	1.740	1.213	1.325
	3	2.358	2.630	2.203	1.801	1.207	1.239
	평균	2.409	2.562	2.262	1.768	1.189	1.294

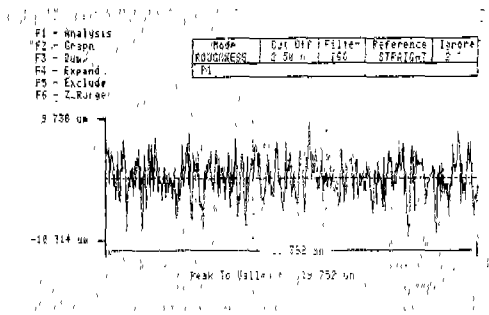


Figure 4. (1) Surface roughness of (a) Punch

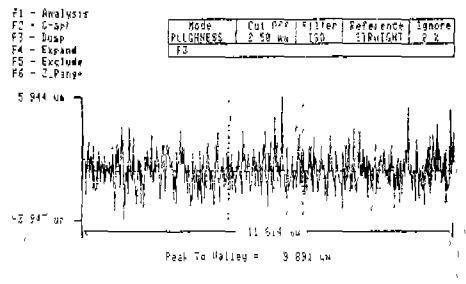


Figure 4. (5) Surface roughness of (c) Punch

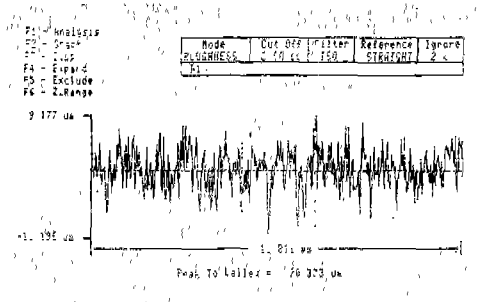


Figure 4. (2) Surface roughness of (a) Die

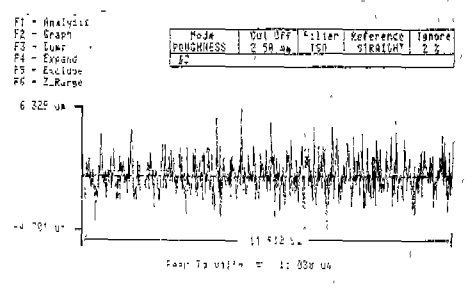


Figure 4. (6) Surface roughness of (c) Die

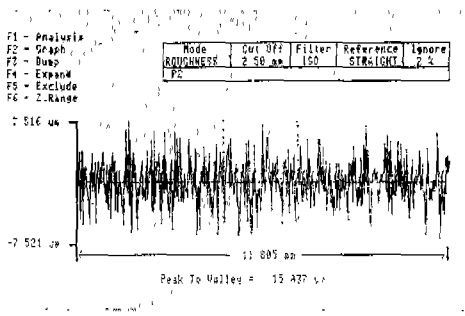


Figure 4. (3) Surface roughness of (b) Punch

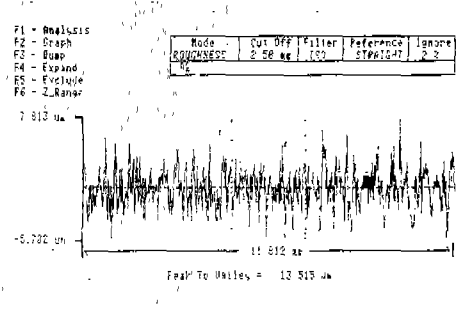


Figure 4. (4) Surface roughness of (b) Die

4.2 고찰

(1) 가공면 조도 개선

와이어 컷 방전가공에서는 가공중 방전 시에 생기는 방전압력에 의해서 와이어 전극은 휨이 생긴다. 즉, 활 모양으로 전극이 휘어서 가공이 진행하게 된다. 특히 가공의 이송방향이 바뀌었을 때 이 활 모양의 전극 굽힘에 의해서 직접 가공정밀도가 악화된다.

와이어 전극의 방향전환이 예각이나 둔각보다는 직각인 경우가 가장 많은 가공오차가 생기기 때문에 프레스 금형의 다이블록에서 코너부위가 깨지는 주원인이 되었다고 사료된다.

와이어 컷 방전가공 횟수가 많을수록 가공면조도가 개선되므로써 펀치 및 다이블록의 수명이 연장됨을 알 수 있다.

실험 방법에서 가공면 조도를 측정할 값을 보면 알 수 있는 것과 같이 (c) 타입과 같이 펀치를 3차 컷했을 때 R_a 와 R_{max} 는 (a) 타입과 같이 펀치를 1차 컷했을 때 보다 R_a 는 $1.6 \mu m$, R_{max} 는 $6.4 \mu m$ 로 개선됨으로서 코너 끝이 고정도 가공이 되었다. 열변질층을 제거하여 모제가 원래의 성질을 회복하게 하고 원하는 형상을 얻기 위해서 다듬질 작업을 할 때 (a) 타입보다는 (b) 타입의 경우가 다듬질 작업이 수월하게 이루어지고, (b) 타입보다는 (c) 타입의 경우가 다듬질 작업이 수월하게 이루어진다.

가공면 조도가 월등히 개선된 3차 와이어 컷 방전가공을 한 편치와 다이클 제작하는 것이 좋으나 실제 현장에서는 와이어 컷 방전가공비 상승으로 인한 금형 제작비가 오르기 때문에 주로 편치는 1차, 다이클은 2차 와이어 컷 방전가공을 한 부품을 사용하고 있다.

5. 결 론

본 연구의 실험결과 와이어 컷 방전가공후의 가공면 조도 고찰에 대하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

와이어 컷 방전가공에서 방전가공 횟수가 많을수록 가공면 조도가 개선되어 제품전단면의 품질이 향상되고 편치와 다이클을 1차 와이어 컷 방전가공했을 때보다 2차, 3차 와이어 컷 방전가공을 했을 때가 R_a 는 각각 0.34, 1.07 μm 로 개선되었고, R_{max} 가 각각 4.7, 5.1 μm 로 개선되었다.

현장에서는 초정밀 와이어 컷 방전가공(반도체 관련 금형 제작)외에는 와이어 컷 방전가공 횟수가 많을수록 와이어 컷 방전가공비가 올라서 금형 제작비가 상승하

기 때문에 주로 편치는 1차, 다이클은 2차 와이어 컷 방전가공한 부품을 사용하고 있다.

참고문헌

- [1] 김창호, 방전가공, 기전 연구사, pp. 235-300, 1992.
- [2] 배성한, "와이어 컷 방전가공의 특성에 미치는 가공조건 외 영향", 창원 대학교 석사논문, 1993.
- [3] 도서출판 기다리 편집부, 와이어 컷 방전 가공, 기다리, pp. 23-103, 1990.
- [4] 정상결, Wire cut 방전가공, 백제교역상사, 서울, pp. 1-80, 1990.
- [5] 형기술 편집부, "와이어 컷 방전가공", 월간 형기술, 1993. 7-1995. 2.
- [6] Sodic Co., Ltd., Wire E.D.M A500H Instruction Manual, 1990.
- [7] Sodic Co., Ltd., Fine Sodic Wire Cut-ED-M WG EPOC, A SERIES (Machining Condition table), pp. 1.1-8.9, 1989.