

# 와이어 컷 방전가공한 펀치와 다이플레이트의 수명연장에 관한 연구

김세환\*, 최계광\*\*

공주 대학교, 기계자동차 공학부

e-mail : ckkwang@kongju.ac.kr

## A Study on the Life Time Broadening of Punch and Die Plate for W-EDM

Sei-Hwan Kim\*, Kye-Kwang Chio\*\*

Kongju National University. Div. of Mechanical & Automotive  
Engineering.

### 요 약

프레스금형의 부품 중에서 펀치와 다이플레이트를 제작하는데 주로 W-EDM을 이용한다. W-EDM전에는 기계가공으로 제작된 펀치와 다이플레이트로 제품을 생산하게 되면 생산량이 200만~230만개를 생산하고 금형수명을 다하였다. 그러나 W-EDM으로 제작된 금형으로 제품을 생산하게 되면 생산수량이 70만~80만개를 생산하고 금형수명이 다하였다. 이것은 W-EDM한 후에 발생하는 가공변질층에 기인하는 것으로 사료되므로 W-EDM전과 W-EDM후의 가공면에 대한 SEM촬영을 실시하여 가공변질층의 발생을 확인하고 이에 대한 제거방법을 연구하였다.

### 1. 서론

W-EDM(electrical discharge machining)의 출현은 금형제작 기술을 크게 발전시켜 다종다양(多種多様)한 금형제작이나 납기단축 요구에 대응할 수 있는 장비로써 큰 공헌을 하였다. 또 복잡한 형상의 제품이나 고정밀도 제품의 다량생산의 요구에도 적용할 수 있는 가공방법으로서도 W-EDM은 금형제작기술 발전에 크게 기여하고 있다.

그러나, W-EDM은 가공후의 제품에 발생하는 문제점 해결 없이는 고성능, 고정밀도, 고품질 제품의 생산을 할 수 없게 되어 금형공업 선진국으로서의 도약에 저해요소가 되고 있다.

따라서, W-EDM에 관한 전문적인 지식과 가공기법을 연구하여 가장 적합한 가공조건을 제시하여 금형수명을 연장 시킬수 있는 고성능 효과를 얻고, 고정밀도 제품을 생산할 수 있는 W-EDM의 기술개발을 연구의 목표로 하였다.

### 2. 기술 개발내용

#### 2.1 개발 필요성

프레스금형에서 부품으로 가장 중요시 사용되는 펀치(punch)와 다이블록(die block)을 제작하는 방법은, 첫째로 선반가공·밀링가공·성형연삭가공·구멍가공·사상가공과 조립 등 공작기계만을 사용한 절삭가공·연마가공에 의한 방법이 있으며, 둘째로는 공작기계와 방전가공기를 적절히 사용하여 금형부품을 가공 제작하는 방법이 있다. 최근에는 방전가공기의 확산 보급으로 공작기계에 의한 것 보다는 공작기계와 방전가공기를 복합적으로 사용한 금형제작을 많이 하고 있는데, 이 중 방전가공에 의한 금형 부품가공에서 다음과 같은 문제점이 발생 하였다. 첫 번째의 문제점은, 블랭킹 가공용(work for blanking) 펀치와 다이블록을 제작할 때 선반가공, 밀링가공, 연마가공으로 제작 하였더니 금형수명(die life)이 200만~230만 스트로크 였으나 와이어 컷 방전가공에 의한 제작에서는 70만~80만 스트로크에서 금형수명이 끝나므로 수리보수 하거나 재제작을 하

게되어 납기지연, 금형비 과다, 제조원가 상승, 유저의 하자(瑕疵) 제기 등의 문제점이 발생되고 있다. 두 번째의 문제점은, 가공제품의 정밀도 결여이다. 고정밀을 요구하는 제품에서 가공면 조도는 중심선 표면 거칠기  $Ra9\mu m$ , 최대 표면 거칠기  $Rmax19\mu m$  (평균조도  $Ra 6\mu m \sim Rmax 15\mu m$ )이므로 후 가공을 하여야 한다.

따라서 이러한 현상은 와이어 컷 방전가공 과정에서 발생하는 문제점으로 판단되므로 이에 대한 원인을 고찰하고 대책을 연구 개발하여 금형 부품을 가공할 때 기계가공에 의한 제작보다 방전가공에 의한 제작이 금형수명을 같게 하거나 또는 더 연장할 수 있도록 하기 위하여 개발의 필요성을 가진다.

## 2.2 개발 내용

### 2.2.1 개발 연구내용

프레스 금형의 펀치와 다이블록의 수명을 연장하려면 열처리방법에서 잔류오스테나이트와 잔류응력이 없어야하고 경도가 높으며 인성과 내마모성이 양호하여야 한다. 담금질처리에 의하여 발생한 잔류응력은 일반적으로 템퍼링처리에 의하여 제거하는데 템퍼링온도가 높을수록 잔류응력이 잘 해소 되지만 너무 고온 일 때는 경도가 떨어져 금형강으로서의 기능을 상실한다는 보고도 있었다. 따라서 소재를 열처리 한 후 와이어 컷 방전가공을 하면 열에 의한 가공변질층이 생성된다고 가정할 때 이의 해소방법을 연구하는 것을 개발 연구내용으로 하였다.

### 2.2.2 시편제작

가공변질층 생성여부를 확인하기 위하여 금형공구강(STD11)으로 표 1과 같이 시편을 제작하여 열처리 하였다. 시편 B와 같은 방법으로 제작한 펀치와 다이블록의 수명은 전술한 바와 같이 70만 ~ 80만 스트로크이고 시편 A와 같은 방법으로 열처리 한 후 공작기계만을 사용한 펀치와 다이블록의 수명은 200만 ~ 230만 스트로크였다.

표 1. 열처리 방법

시편의 종류	열처리 방법
시편 A	어닐링 → 담금질 → 템퍼링
시편 B	어닐링 → 담금질 → 템퍼링 → W-EDM
시편 C	어닐링 → 담금질 → 템퍼링 → W-EDM → 템퍼링

그래서 시편 B와 시편 C의 가공변질층에 대한 관찰을 위하여 전자현미경(SEM)을 이용하여 1000배로 촬영하였다. 그리고 시편 A, B, C에 대한 화학성분도 비교분석하기로 하였다.

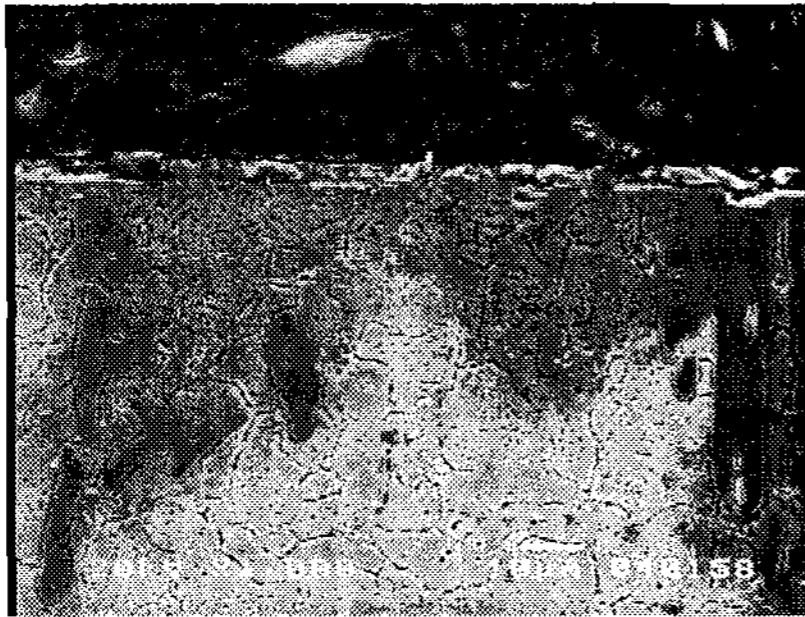
## 3. 고찰과 금형제작

### 3.1 SEM촬영 및 고찰

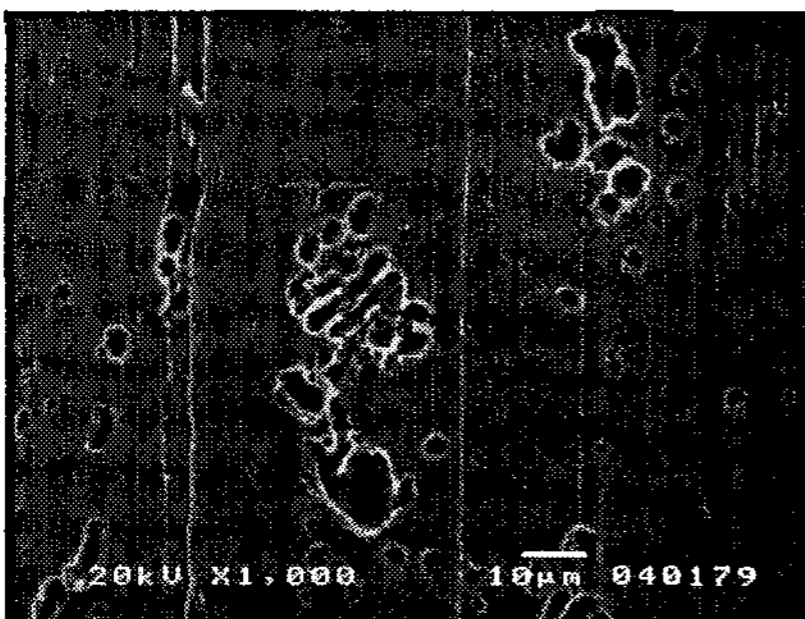
시편 A, B, C에 관한 SEM 촬영 사진은 그림 1, 그림 2, 그림 3. 과 같다. 시편 A의 SEM사진 (그림 1)의 표면단면부에서는 가공변질층이 거의 없으며 단면부의 금속조직도 마르텐사이트화 되어 있고 평면연삭기로 연삭을 하면서 떨어져 나간 부분이 관찰 되는데 이는 가공전 미세조직에 분포되어있던 Cr 탄화물이 연삭을 하면서 떨어져 나가면서 발생한 것으로 사료된다. 반면, 시편 B의 SEM사진 (그림 2)의 표면부에서는 열변질층이 확연하게 생성되었으며 사진에서 보이는 어두운 부분의 깊이는  $20\mu m$  이상 되고 가공변질층이 발생되었다. 가공변질층에서 크랙발생이 관찰되는데 이는 소재의 급열과 급랭에 의해 발생한 마르텐사이트 변태와 관련된 것으로 사료된다. 기타 용융 잔류층, 탄소물질부착과 가공 등이 존재하고 있었다. 단면중심부의 금속조직도 치밀하지 않아 조질이 나쁘게 나타났다. 시편 C의 SEM사진 (그림 3)의 표면단면부에는 시편 B (그림 2)에 생성된 열변질층이 해소되어 있음을 확인 할 수 있었으며 표면의 급열 급랭된 조직을 고온 템퍼링을 실시함으로써 템퍼드 마르텐사이트 조직으로 안정화 되었다. 그림 2의 경우 W-EDM 진행시 급열급냉된 가공면은 열적작용에 의하여 모재의 조직과는 전혀 다른 가공변질층이 생성하여 경도, 강도, 인성, 내마모성, 내피로성 등이 결여 되었고, 잔류오스테나이트 조직으로 되어 전술한 문제점의 원인으로 확인 할 수 있게 되었다. 그래서 시편 A (그림 1)의 경우 금형수명은 200만 - 230만 스트로크였으나 시편 B (그림 2)의 경우는 70만 - 80만 스트로크로 나타났던 것으로 판단된다.

시편 C (그림 3)에서와 같이 W-EDM후 고온 템퍼링( $550^{\circ}C$ ) 3회 실시로 템퍼드 마르텐사이트 (Tempered Martensite)기지에 조대한 합금탄화물과 구형의 탄화물입자로 구성되어 잔류응력해소, 인성향상, 조직균등화, 피로강도증대가 이루어진 것으로 확신을 얻게 되었다. 따라서 W-EDM 가공면에는 가공변질층이 존재하며 이것은 용융응고, 고온 담금

질 층이며 이들 가공변질층의 해소방법으로는 고온  
템퍼링실시가 필수적임을 알게 되었다.

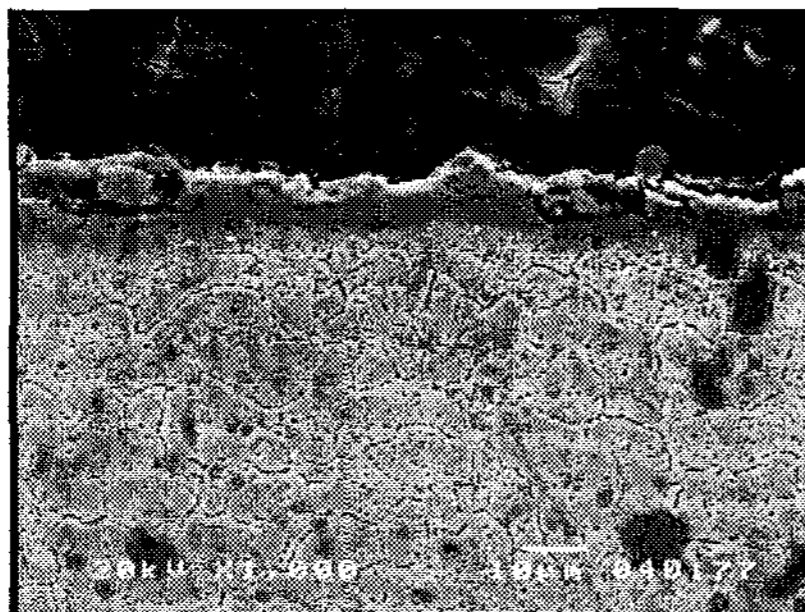


(a) 단면부

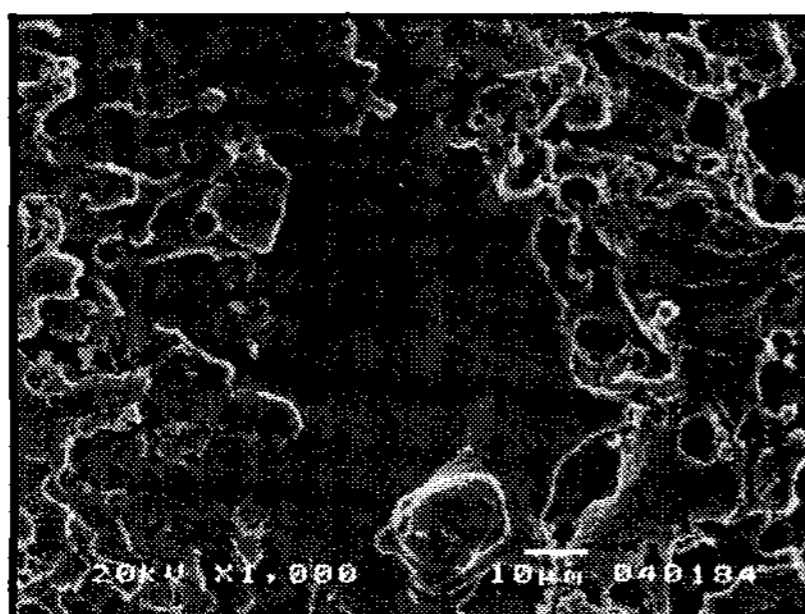


(b) 표면부

그림 1. 와이어 컷 방전가공 전

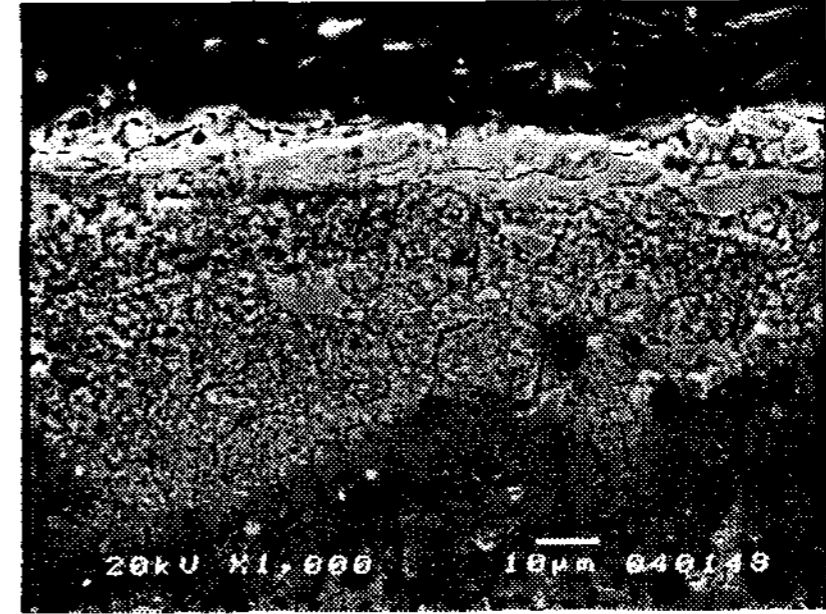


(a) 단면부

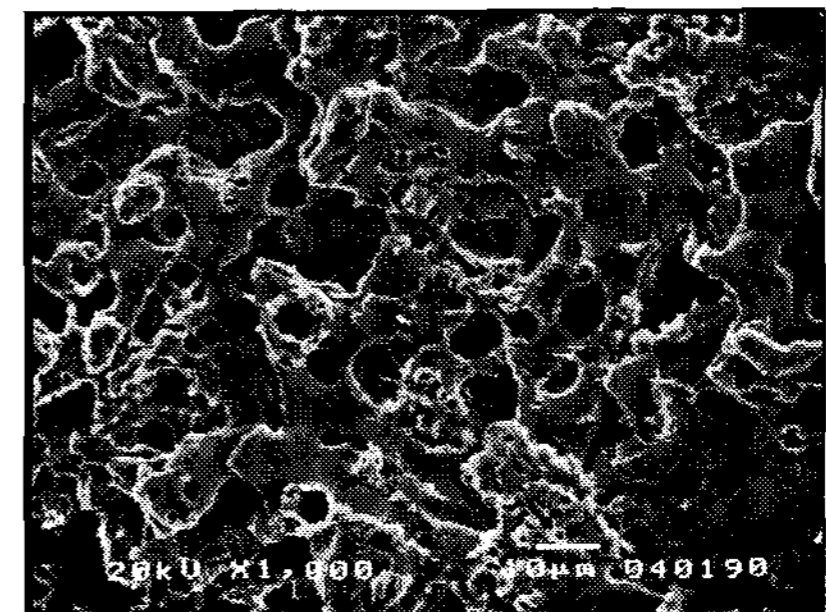


(b) 표면부

그림 2. 와이어 컷 방전가공 후



(a) 단면부



(b) 표면부

그림 3. 와이어 컷 방전가공 후 열처리

#### 4. 결론

와이어 컷 방전가공으로 펀치와 다이플레이트를 제작할 때 저온템퍼링, W-EDM 순서였으므로 금형 수명이 짧았으나 본 연구에서와 같이 W-EDM후 고온 템퍼링(530℃ - 560℃) 3회 실시 추가로 소르바이트화 조직으로 안정화 되어 가공변질층을 해소할 수 있으므로 조질 향상, 인성향상, 피로강도 증대, 응력해소, 경년변형감소의 효과를 기대할 수 있다. 특히 금형온도가 500℃ 이상 상승하므로 W-EDM후 실시하는 고온 템퍼링온도는 550℃전후로 하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

#### 6. 후기

본 논문은 2004년도 천안공업대학 산학연 공동기술개발 과제의 결과를 수록한 내용으로서 경성금형 대표 및 관계 제위님께 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] H.T. Lee., and T.Y. Tai., "Relationship ED-M parameters and surface crack formation," Journal of Material Processing Technology,

Vol. 142, pp. 676-683, 2003.

- [2] Y.F. Luo., "Rupture failure and mechanical strength of the electrode wire used in wire EDM," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 94, pp. 208-215, 1999.
- [3] 이영배, 박정웅, "금속열처리원리," 문운당, pp. 107-117, 1992.
- [4] 김세환, 최계광, "저온템퍼링이 W-EDM한 합금 공구강표면에 미치는 영향," 한국산화기술학회 춘계 학술발표논문집, pp. 274~277, 2005.