

W-EDM 후 가공면에 미치는 영향과 대책

김세환* · 최계광**

천안공업대학 금형설계과 · 국민대학교 기계설계학과

e-mail:shk@cntc.ac.kr

Effects and Countermeasure of Working Surface after W-EDM

Sei-hwan Kim*, Kea-Kwang Choi**

Dept. of Die Design, Chenan National Technical College · Dept. of Mechanics and Design, Graduate School., KMU

요 약

가공방법에 따라 금형의 성능과 수명에 영향을 준다. 이와 같은 원인을 규명하기 위한 기초 연구를 수행하였다. 재료로는 프레스 금형 제작에 주로 사용되는 STD11을 선정하였다. 가공방법을 WEDM, WEDM후 템퍼링 등 2개 조건으로 하였다. 2개의 가공방법에 의해 제작된 시편을 전자주사현미경으로 표면, 단면조직사진을 촬영하였고, EDS를 하여 표면성분의 변화량을 측정하였다.

1. 서론

와이어 컷 방전가공(W-EDM)은 금형제작 기술을 크게 발전시켜 다품종과 다양한 금형제작이나 납기단축 요구에 대응할 수 있는 가공기술로서 큰 공헌을 하여왔다. 와이어 컷 방전가공의 산업적 중요성이 증대됨에 따라, 와이어 컷 방전가공에 의하여 제작된 금형의 수명단축, 가공면의 거칠기, 가공 변질층 형성, 잔류응력, 균열 등의 발생에 대한 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 대표적인 연구들로 Narayanan 등^[1]의 방전가공후 공구 표면 손상층 깊이의 추정 방법, Lee 등^[2]의 표면 크랙형성과 EDM 변수에 관한 연구, Luo^[3]의 전극선의 파손과 기계적인 강도분석, Huang 등^[4]에 의한 다중 커트의 표면 특성분석 등에 관한 연구논문을 발표하였다. 와이어 컷 방전가공으로 제작된 금형의 단점으로는 기계가공으로 제작된 것보다 표면조도가 거칠고 금형수명이 짧다는 것이다. 와이어 컷 방전가공으로 제작된 금형의 단축요인은 주로 와이어 컷 방전가공 중에 형성된 변질층, 백층, 상변환층 등이다. 또한 와이어 컷 방전가공시 형성된 변질층 및 백층 등의

수명감소 원인 해소는 와이어 컷 방전가공후 템퍼링실시로 개선이 가능하다.^[5,6,7]

따라서 본 연구에서는 와이어 컷 방전가공에 의하여 제작된 금형 수명 연장을 목적으로, 금형강(STD11)의 소재에 대하여 와이어 컷 방전가공만 할 때와 가공 후 템퍼링 하여 제작된 시편의 표면 및 내부의 특성을 비교 분석하고자 하였다.

2. 시편제작 및 SEM촬영

2.1. 시편 제작

시편제작에 사용한 와이어 컷 방전가공기는 대우 중공업(주)의 ACE W535로 방전가공 조건은 Table 1과 같다. 와이어 전극은 $\varnothing 0.25\text{mm}$ 황동선 2종이며 시편 재료는 프레스 금형 제작에 많이 이용되고 있는 금형강(STD11)으로 하였다. 평면연삭기는 대한기계제작소의 DSG-800H를 사용하였으며 최대주축회전속도는 1710RPM이다. 시편의 평면연삭 절입량을 1회에 0.03mm로 하였다. 시편의 크기는 8mm × 8mm × 10mm로 밀링가공하고

평면 연삭하였다. 이와 같이 제작된 시편을 Fig 1.과 같이 열처리를 하였다. 열처리된 시편을 와이어컷 방전가공을 이용하여 다음과 같이 2개의 타입으로 제작하였다.

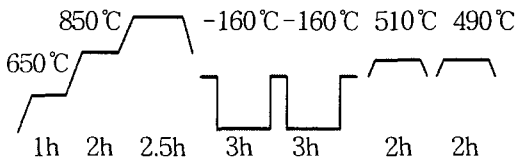
열처리된 시편을 와이어 컷 방전가공으로 제작 하여 A 타입이라 하였고, 와이어 컷 방전가공된 A 타입을 530℃에서 고온 템퍼링을 1시간씩 3회 실시하여 제작 된 시편을 B 타입이라 명명하였다. 각각의 실험에 사용된 시편 측정값의 신뢰성을 높이고 청결상태를 유지하기 위해 미세 버(burr)제거, 초음파 세척 등의 전 처리 공정을 수행하였다.

Table 1. Specification of wire - cut electrical discharge machining

Working condition	First cut
ON	6
OFF	15
I P	17
H P	1
M A	16
S V	2
V	3
S F	6
C	0
W T	0.23
W S	4
W P	5
F S	5.15 - 5.20

1) Heat Treatment of A, B Type before WEDM

Quenched time Sub-Zero Tempered time & Temperature Treatment & Temperature
1030℃



3) Heat Treatment of B Type after WEDM

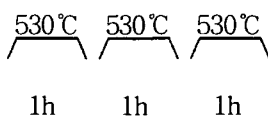


Fig 1. Curve of Heat Treatment

2.2. SEM 촬영

문헌조사에 의하면 와이어 컷 방전가공 후에는 가공변질층 및 잔류응력과 미세균열이 발생된다는 연구결과가 있으므로^[6,7] 이것들이 실질적으로 발생하는지의 여부를 확인하기 위하여 시편 A, B 타입을 JEOL사의 모델 JSM5410 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope)으로 1000배로 확대하여 Fig 2와 Fig 3과 같이 표면과 단면을 촬영하였고, EDS로 표면성분의 변화를 정량분석 하였다.

3. SEM 사진 고찰

Fig 2의 A 타입 표면부 사진에서 암흑색부분의 깊이는 20μm이상으로 측정되므로 와이어 컷 방전가공시 발생된 가공변질층부로 판단된다. 따라서 가공 변질층부는 세부적으로 재응고층, 백층, 상변환층, 모재 등으로 구성되어 있음을 관찰할 수 있었다.

A 타입인 Fig 2(a)의 가공변질층에서 다량의 미세크랙 발생이 나타난 것은 와이어 컷 방전가공시 소재의 급열과 급냉에 의해 발생하는 마텐자이트 변태와 관련된 것으로 사료된다. A 타입의 단면부에서는 와이어 컷 방전 1차가공에 의하여 20μm이상의 최대표면거칠기를 나타내고 있다. 가공면의 EDS 검사결과 Fe는 81.11%, Cr은 12.88%로 측정되었고 Cu성분이 4.60% 검출 되었다는 것이다. 이것은 와이어 컷 방전가공을 하면서 공구인 구리선이 용융되면서 원소재 표면에 불규칙적으로 용착된 결과로서 나타난 것이다.

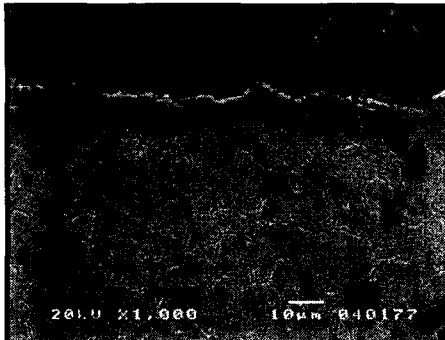
Fig 2(b)와 Fig 3(b)의 표면조직을 비교 검토하면 Fig 3(b)의 표면조직이 치밀하여진 것으로 나타났다. 이 결과는 A 타입과 다르게 표면의 급열급냉된 조직을 고온 템퍼링을 함으로 해서 소르바이트(Sorbite)조직^[5,6]으로 안정화된 것으로 판단된다. 가공 변질층이 A 타입에 비하여 B 타입이 부드러운 형태를 보이며 미세크랙이 관찰되는 횟수도 크게 감소하여 표면거칠기가 향상되었음을 확인할 수 있었다. EDS검사결과 Fe는 84.04%, Cr은 14.15%로 측정되었고 A타입과 마찬가지로 Cu 성분은 1.81%정도 검출 되었다. 와이어 컷 방전가공 후 고온 템퍼링을 실시함으로써 γ-Fe(잔류 오스테나이트)의 강도가 작아지고 α-Fe(마텐자이트)의 강도가 증가하는 동시에 탄화물의 석출도 관찰되었다.^[6,7]

4. 결론

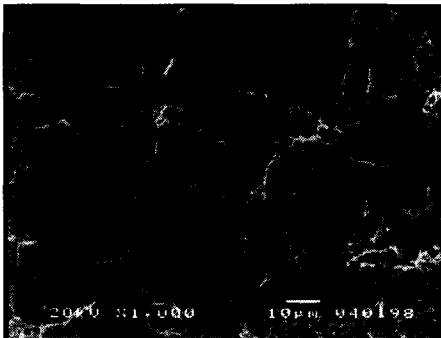
전자주사현미경 사진의 고찰로부터 A타입보다는 B타입의 표면부에서 Cu성분이 줄어들고 상대적으로 Cr성분이 증가하였음을 확인할 수 있었다. A타입 표면은 와이어 컷 방전가공으로 급열급냉된 조직이지만 B타입 표면은 고온 템퍼링을 3회 실시함으로써 표면조직이 소르바이트 조직으로 안정화 되었고, γ -Fe의 강도가 작아지고 α -Fe의 강도가 증가하는 동시에 탄화물의 석출도 관찰되어 금형에서 펀치와 다이 플레이트 제작시 와이어 컷 방전가공후에는 고온 템퍼링 3회 실시는 금형수명 연장효과를 기대할 수 있다.

참고문헌

- [1] L.C.Lee., and L.C.Lim., and V. Narayanan., and V.C. Venkatesh., "Quantification of surface damage of tool steels after EDM," International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 28, pp. 359-372, 1988.
- [2] H.T. Lee., and T.Y. Tai., "Relationship EDM parameters and surface crack formation," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 142, pp. 676-683, 2003.
- [3] 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.
- [4] C.A. Huang., C.C. Hsu., and H.H. Kuo., "The surface characteristics of P/M high-speed steel (ASP23) multi-cut with wire electrical discharge machine(WEDM)," Journal of Materials Processing Technology, Vol. 140, pp. 298-302, 2003.
- [5] 이영배, 박정용, "금속열처리원리," 문운당, pp. 107-117, 1992.
- [6] 向山, 結方, "放電加工の研究-残留應力の低減處理," 電氣加工技術, Vol. 9, No. 24, pp. 17, 1985.
- [7] 대광서림편집부 역, "최신금형제작기술," 대광서림, pp. 147-155, 1990.

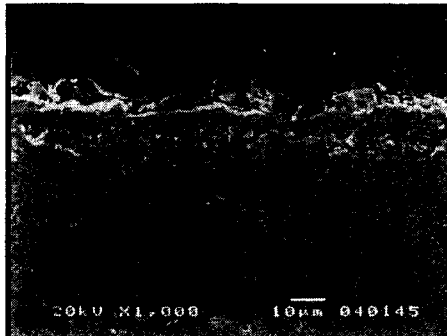


(a) Cross section

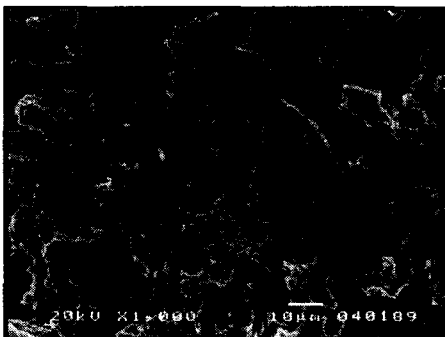


(b) Top view

Fig 2. Microstructure of A type



(a) Cross section



(b) Top view

Fig 3. Microstructure of B type