

합금공구강(STD 11)의 방전가공면 변질층 제거에 관한 연구

김세환[†]

공주대학교 기계자동차공학부
(2007. 6. 30. 접수 / 2007. 10. 31. 채택)

A study on remove of deterioration layer on EDM of STD11

Sei-Whan Kim[†]

Department of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University
(Received June 30, 2007 / Accepted October 31, 2008)

Abstract : This paper has comparatively analyzed the characteristics of the machined surface of a specimen made by machining Die Steel STD11 and a specimen obtained by W-EDM steel. If a press die is manufactured through W-EDM, products of shapes that cannot easily be made through machining can be manufactured easily. However, the life of the press die is significantly reduced compared with the press die made through machining. This is believed to be caused by the deformed layer that has occurred on the surface of the press die that was made through W-EDM. The roughness of the 2 specimens was measured, and it was learned that the distribution of the roughness of the specimen made through the 1st W-EDM was rough.

Key Words : EDM(Electric Discharge Machining), Heat treatment, Deterioration layer

1. 서 론

방전가공(electrical discharge machining, EDM)의 출현은 금형제작 및 가공기술을 크게 발전시켜 다양한 종류의 금형제작이나 납기 단축요구에 대응할 수 있는 장비로써 큰 공헌을 하였다. 또 복잡한 형상의 제품이나 정밀도 높은 제품의 대량생산의 요구에도 적용할 수 있는 가공방법으로서도 EDM은 금형제작기술 발전에 크게 기여하고 있다.

그러나 EDM은 가공면의 제품에 발생하는 문제점의 해결 없이는 성능 좋고, 정밀도 높은 고품질 제품의 생산을 할 수 없게 되어 금형공업 선진국으로서의 도약에 저해요소가 되고 있다. 따라서 EDM에 관한 전문적인 지식과 가공기법을 연구하여 가

장 적합한 가공조건을 제시하여 금형수명을 연장시킬 수 있는 고성능 효과를 얻고, 고정밀도 제품을 생산할 수 있는 EDM 후의 가공면 변질층 제거 방법을 연구의 목표로 하였다.

방전가공의 기본원리는 공작물과 전극사이에서 방전가공을 일으켜 이때 발생하는 열 및 압력을 이용하여 공작물을 녹여서 가공을 한다.¹⁾ 이때 EDM을 함으로써 열적 요인에 의한 가공변질부가 발생이 된다. 그림. 1은 문헌에 제시된 방전 가공면의 변질층에 관한 개략도이다.²⁾ 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 방

[†] To whom correspondence should be addressed.
zxcv@kongju.ac.kr

법이 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 하였을 때는 금형수명(die life)이 200만~230만 스트로크 이었으나 와이어 컷 방전가공에 의한 제작에서는 70만~80만 스트로크에서 금형수명이 끝나므로 수리보수 하거나 재 제작을 하게 되어 납기 지연, 금형비 과다, 제조원가 상승, 유저의 하자(瑕疵) 제거 등의 문제점이 발생되고 있다. 두 번째의 문제점은, 가공제품의 정밀도 결여 이다. 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.

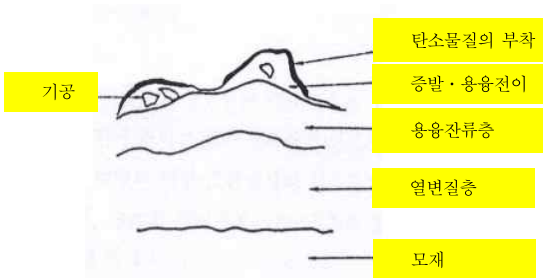


Fig. 1. Deterioration layer of EDM

2. 연구내용

프레스 금형의 펀치와 다이블록의 수명을 연장하려면 열처리방법에서 잔류오스테나이트와 잔류응력이 없어야하고 경도가 높으며 인성과 내마모성이 양호하여야 한다. 담금질처리에 의하여 발생된 잔류응력은 일반적으로 템퍼링처리에 의하여 제거하는데 템퍼링온도가 높을수록 잔류응력이 잘 해소되지만 너무 고온 일 때는 경도가 떨어져 금형강으로

서의 기능을 상실한다는 보고도 있었다.^{2),3),4)} 따라서 소재를 열처리 한 후 와이어 컷 방전가공을 하면 열에 의한 가공변질층이 그림. 1과 같이 생성된다고 가정할 때 이의 해소방법을 연구하는 것을 연구내용으로 하였다.

3. 시편 제작

가공변질층 생성여부를 확인하기 위하여 금형공구강(STD11)으로 표 1과 같이 시편을 제작하여 열처리 하였다. 시편 A와 같은 방법으로 제작한 펀치와 다이블록의 수명은 전술한 바와 같이 70만 ~ 80만 스트로크이고, 시편 B와 같은 방법으로 열처리 한 후 550℃로 고온 템퍼링을 한 펀치와 다이블록의 수명은 200만 ~ 230만 스트로크였다.

그래서 시편 A와 B의 가공변질층 단면에 대한 관찰을 위하여 전자현미경(SEM)을 이용하여 1,000배로 촬영하였다.

Table 1. Method of Heat treatment

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

4. SEM 고찰

시편 A, B 에 관한 SEM 촬영 사진은 그림. 2, 그림. 3과 같다. 시편 A의 SEM사진 (그림. 2)의 표면부에서는 그림. 1과 같이 가공변질층이 확인하게 생성되었으며 사진에서 보이는 어두운 부분의 깊이는 20 μm 이상 되는 가공변질층이었다. 가공변질층에서 크랙발생이 관찰되는데 이는 소재의 급열과 급랭에 의해 발생된 마텐자이트(Martensite) 변태와 관련된 것으로 사료된다. 기타 용융잔류층, 탄소물질부착과 증발·용융전이 등이 존재하고 있었다. 단면중심부의 금속조직도 치밀하지 않아 조직이 나쁘게 나타났다. 시편 B의 SEM사진 (그림. 3)의 표면단면부에는 시편 A (그림. 2)에 생성된 용융잔류층, 열변질층이 해소되어 있음을 확인 할 수 있었으며 표면의 급열 급랭된 조직을 고온 템퍼링을 실시함으로써 템퍼드 마텐자이트(Tempered Martensite) 조직으로 안정화 되었음을 확인할 수 있었다. 그림. 1의 경우 Wire Electric Discharge Machining(W-EDM) 진행시

급열 급냉된 가공면은 열적작용에 의하여 모재의 조직과는 전혀 다른 가공변질층이 생성하여 경도, 강도, 인성, 내마모성, 내피로성 등이 결여 되었고, 잔류 오스테나이트 조직으로 되어 전술한 문제점의 원인으로 확인 할 수 있게 되었다. 시편 A (그림. 2)의 경우는 스템핑 횟수가 70만 - 80만 스트로크로 나타났었다. 시편 B (그림. 3)에서와 같이 W-EDM 후 고온 템퍼링(550℃) 3회 실시로 템퍼드 마텐자이트 기지⁹⁾에 조대한 합금탄화물과 구형의 탄화물입자로 구성되어 잔류응력해소, 인성향상, 조직균등화, 피로강도증대가 이루어진 것으로 확신을 얻게 되었다. 마치 소르바이트(Sorbite)화 조직으로 된 것으로 판단된다. 따라서 W-EDM 가공면에는 가공변질층이 존재하며 이것은 용융응고, 고온 담금질 층이며 이들 가공 변질층의 해소방법으로는 고온 템퍼링실시가 필수적임을 알게 되었다. 일본에서 프레스 금형 재료로 각광을 받고 있는 마이크로 파인강(Microfine Steel) SKD11과 STD 11의 화학조성도 동등하게 나타났다⁶⁾.

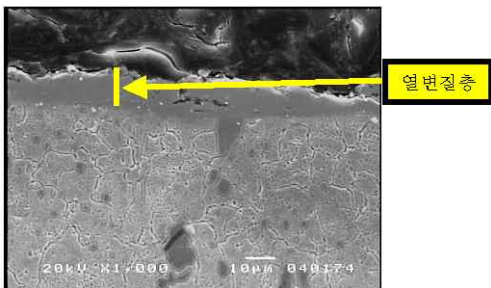


Fig. 2. Specimen of Section A

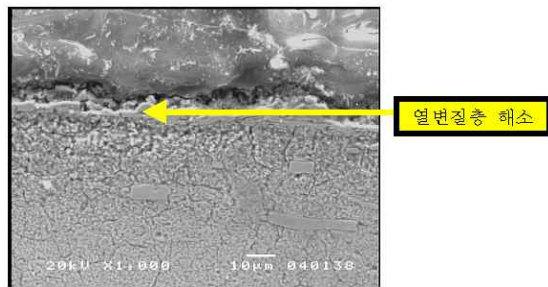


Fig. 3. Specimen of Section B

5. 결론

와이어 컷 방전 가공한 STD11의 가공 면 변질층을 확인하기 위하여 2개 시편을 전자주사현미경으

로 고찰한 결과를 바탕으로 펀치와 다이플레이트를 설계한 후 제작하여 실제 제품 생산을 통해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 시편 B와 같은 조건으로 제작한 금형에서는 생산수량이 200만 ~ 230만개를 생산하고 금형수명을 다하였고, 시편 A와 같은 조건으로 제작한 금형에서는 생산수량이 80만 ~ 90만개를 생산하고 금형수명을 다하였다.
- (2) 시편 B와 같이 W-EDM 후 고온 템퍼링(530℃ - 560℃) 3회 실시 추가로 급열급냉된 표면 조직이 템퍼드 마텐자이트 조직으로 안정화 되어 금형수명이 2.5배 이상 향상됨을 알 수 있었다.
- (3) 와이어 컷 방전가공으로 펀치와 다이플레이트를 제작할 때 기계가공, 열처리(어닐링, 담금질, 저온템퍼링), W-EDM 순서였으므로 금형수명이 짧았으나 본 연구에서와 같이 열처리시 고온템퍼링과 W-EDM 후 530℃ - 560℃ 고온 템퍼링 3회 실시 추가로 템퍼드 마텐자이트 조직으로 안정화 되어 급열 급냉된 표면의 가공변질층을 해소 할 수 있으므로 조직향상, 인성향상, 피로강도 증대, 응력해소, 경년변형감소의 효과를 기대 할 수 있다. 특히 금형온도가 500℃ 이상 상승하므로 W-EDM 후 실시하는 고온 템퍼링온도는 재질에 따라 차이는 있으나 550℃전후로 하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

참고문헌

- 1) 왓츠/엔지니어링, 大關秀明, “와이어방전 가공 高精密度化技術”, 機械技術, Vol.20, No.3, pp.60-64, 1993.
- 2) 이영배, 박정웅, “금속열처리원리,” 문운당, pp. 107-117, 1992.
- 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) H.T. Lee., and T.Y. Tai., "Relationship EDM parameters and surface crack formation," Journal of Material Processing Technology, Vol. 142, pp. 676-683, 2003.

- 5) 김세환, 최계광, “저온템퍼링이 W-EDM한 합금 공구강표면에 미치는 영향,” 한국산화기술학회 추계 학술발표논문집, pp. 274~277, 2005.
- 6) 일본 고주파강업(주), “미크로파인강,” 세미나 자료, pp.1-4, 1999.