

W-EDM에 의한 금형제작에서의 수명연장에 관한 연구

김 세 환^{1*}

A Study on the Life Time Broadening of Die parts Manufactured in W-EDM

Sei-hwan Kim^{1*}

요 약 프레스금형의 부품 중에서 펀치와 다이플레이트를 제작하는 방법은 공작기계만을 사용하여 제작하는 경우와 공작기계와 와이어 컷 방전가공기(W-EDM)를 병행 사용하는 경우가 있다. 그런데 공작기계를 사용하여 제작 할 때는 금형수명(Die Life)이 200만-230만 스트로크였는데 와이어 컷 방전가공기를 사용한 제작에서는 70만-80만 스트로크에서 금형수명을 다하고 있다. 이것은 W-EDM후에 발생하는 가공변질층으로 예측되므로 W-EDM전과 W-EDM후의 가공면에 대한 SEM촬영을 실시하여 가공변질층의 발생여부를 확인하고 이에 대한 제거방법을 연구하고자 하였다.

Abstract Punch and die plate which are press die parts can be made using machine tool or using both machine tool and W-EDM. When machine tool is used, the die life is 2,000,000 to 230,000 strokes. But with W-EDM, the die life is 700,00 to 800,000 strokes. This can be caused by the process deformation layer after W-EDM. SEM pictures of processed section before and after W-EDM are taken to see if the process deformation layer appeared. Also the elimination method is studied.

Key Words : W-EDM, Heat treatment, Die Life

1. 서 론

프레스금형에서 핵심부품으로 사용되는 펀치(Punch)와 다이플레이트(Die Plate)를 제작하는 방법은 선반가공→밀링가공→성형연삭가공→다듬질가공→조립등의 순서로 공작기계를 사용한 절삭가공과 연마가공에 의한 방법이 있고 또하나의 공작기계와 와이어 컷 방전가공(W-EDM, wire-cut electric discharge machining)을 적절히 사용하여 금형부품을 가공 제작하는 방법이 있다. 최근에는 W-EDM의 확산보급으로 절삭가공에 의한 것 보다는 공작기계와 와이어 컷 방전가공기를 복합적으로 사용하여 금형 제작을 많이 하고 있는데 이중 와이어 컷 방전가공기에 의한 금형부품가공에서 다음과 같은 문제점이 발생하였다.

블랭킹 가공용(Work for Blanking)펀치와 다이 플레이트를 제작할때 공작기계를 사용하여 제작한 금형의

수명은 200만-230만 스트로크(Stroke)였으나 와이어 컷 방전가공에 의한 제작에서는 70만-80만 스트로크에서 금형수명이 끝나므로 수시로 수리 보수하거나 재 제작하게 되어 금형비 과다, 납기 지연 등 유저들의 문제 제기가 빈번한 실정이다. 원인으로서는 와이어 컷 방전가공에 의한 가공변질층의 생성에 의한 것으로서 Fig. 1과 같이 나타나고 있다[1,2,3]. 따라서 이를 해소하기 위하여 Huang 등은 다중 컷의 표면 특성분석 등에 관한 연구보고서를 발표한 바 있고[4], Lee와 Tai는 표면 크랙형성과 EDM변수에 관한 연구 결과도 있었다[5]. 이들의 연구는 잔류응력의 저감처리와 다중 컷에 따른 변질층 해소방법에 관한 연구 결과 였다.

본 연구에서는 Fig. 1 개략도에서 제시한 가공 변질층에서 용융 잔류층과 열변질층이 실질적으로 생성되는가를 확인하고 이에 대한 해소방법을 연구하여 제시하고자 하였다.

2. 연구내용 및 방법

프레스 금형의 펀치와 다이플레이트의 수명을 연장

이 논문은 2004년 산학연 지역컨소시엄 사업의 지원에 의하여 연구되었음.

¹천안공업대학 금형설계과

*교신저자: 김세환(shk@cntc.ac.kr)

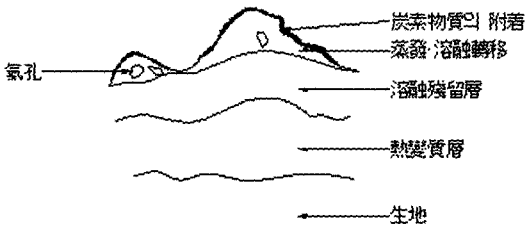


Fig. 1. 가공 변질층부 개략도[1]

하려면 열처리방법에서 잔류오스테나이트와 잔류응력이 없어야하고 경도가 높고 인성과 내마모성이 양호하여야 한다. 담금질처리에 의하여 발생된 잔류응력은 일반적으로 템퍼링처리에 의하여 제거하는데 템퍼링온도가 높을수록 잔류응력이 잘 해소 되지만 너무 고온 일 때는 경도가 떨어져 금형강으로서의 기능을 상실한다는 보고도 있었다[6]. 따라서, 열처리후 와이어 컷 방전가공을 하면 Fig. 1에서와 같은 가공변질층이 생성된다고 가정할 때 이의 해소방법을 연구의 목적으로 하였다.

2.1 시편제작

가공 변질층 생성여부를 확인하기 위하여 고풍금공구강(STD11)을 소재로 사용하고 다음과 같이 시편을 제작하여 열처리 하였다.

- 1)시편 A : 어닐링→담금질→템퍼링
- 2)시편 B : 어닐링→담금질→템퍼링→W-EDM
- 3)시편 C : 어닐링→담금질→템퍼링→W-EDM→템퍼링

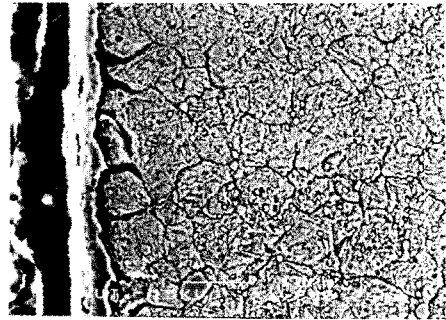
시편 B와 같은 방법으로 제작한 펀치와 다이플레이트의 수명은 전술한 바 와 같이 70만-80만 스트로크이고 시편A 와 같은 방법으로 열처리 한 후 공작기계만을 사용한 펀치와 다이플레이트의 수명은 200만-230만 스트로크였다. 그래서 시편 B와 시편 C에 대한 가공 변질층에 대한 관찰을 하기위하여 전자현미경(SEM)을 이용하여 1,800배로 촬영하였다.

그리고 시편 A, B, C 에 대한 화학 성분도 비교분석하기로 하였다.

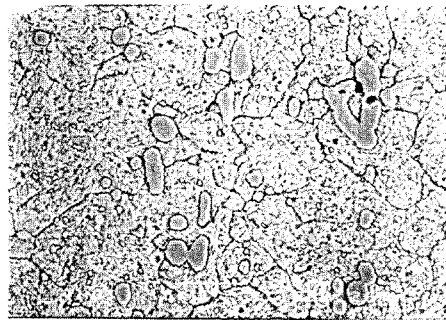
2.2 SEM촬영 및 고찰

시편 A, B, C에 관한 SEM촬영 사진은 Fig 2, Fig 3, Fig 4와 같다.

시편 A의 SEM사진(Fig. 2)의 표면단면부에서는 가공 변질층이 거의 없으며 단면부의 금속조직도 마텐자이트화 되어 있는 반면, 시편 B의 SEM사진(Fig. 3)의 표면부에서는 Fig. 1에서 제시한 열변질층이 확실하게 생성되었으며 기타 용융 잔류층, 탄소물질 부착과 기공 등이 존재하고 있었다. 단면중심부의 금속조직도 치밀

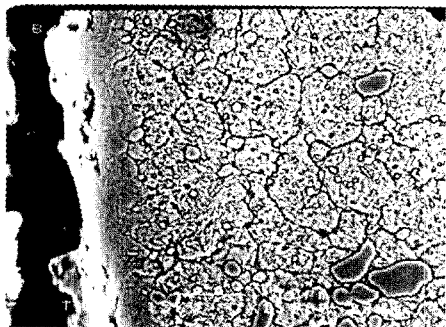


(a) 단면부

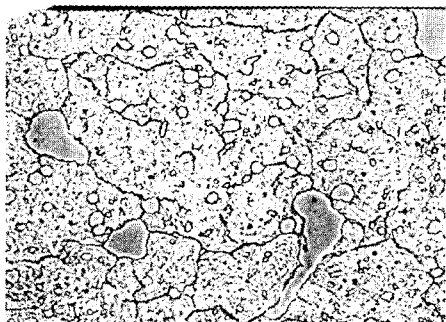


(b) 단면중심부

Fig. 2. W-EDM 가공 전

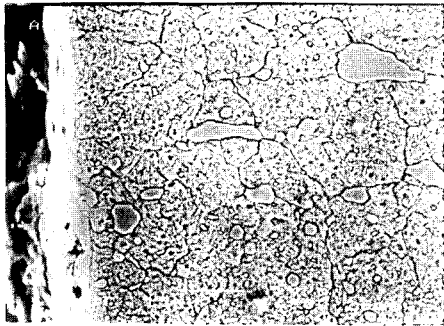


(a) 단면부

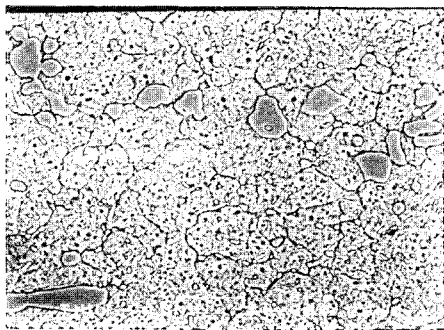


(b) 단면중심부

Fig. 3. W-EDM 가공 후



(a) 단면부



(b) 단면중심부

Fig. 4. W-EDM 가공 후 템퍼링

하지 않고 오스테나이트화 되어 조직이 나쁘게 나타났다. 또한 STD11의 마이크로조직 즉, 탄화물형태에서는 구형의 1차탄화물이 다소크게 존재하고 있으나 W-EDM 가공후 고온템퍼링을 실시한 Fig. 4에서의 1차탄화물형태는 작게 나타난 것으로 볼때 이것은 인성과 내마모성이 향상 되어지고 있음을 알수있게 하였다.

특히, 시편C의 SEM사진 (Fig. 4)의 표면단면부에는 시편 B(Fig. 3)에 생성된 열변질층이 해소되어 있음을 확인 할 수 있었으며 금속조직의 균등화로 잔류오스테나이트가 솔바이트(Sorbite)화 된 것으로 판독되는 것이다.

용융 잔류층, 탄소물 부착 등은 전해연마로 해소시킬 수 있다는 것을 문헌조사에서도 확인 되었다.

Fig. 3의 경우 W-EDM진행시 급열급냉된 가공면은 열적작용에 의하여 모재(생지)의 조직과는 전혀 다른 가공 변질층이 생성되어 경도, 강도, 인성, 내마모성, 내피로성 등이 결여 되었고, 잔류 오스테나이트 조직으로 되어 전술한 문제점의 원인으로 확인 할 수 있게 되었다. 그래서 시편 A(Fig. 2)의 경우 금형수명은 200만-230만 스트로크였으나 시편 B(Fig. 3)의 경우는 70만-80만 스트로크로 나타났던 것으로 생각된다.

시편 C(Fig. 4)에서와 같이 W-EDM후 고온 템퍼링

(550°C) 3회 실시 하므로써 템퍼링마텐사이트(Tempered Martensite) 기지에 조대한 합금탄화물과 구형의 탄화물 입자로 구성되어 솔바이트화 작업이 이루어져 잔류응력 해소,인성향상, 조직균등화, 피로강도증대가 이루어진 것으로 확신을 얻게 되었다. 따라서 W-EDM 가공면에는 가공변질층이 존재하며 이것은 용융응고, 고온 담금질층이며 특히 이들 가공변질층의 해소방법으로는 고온 템퍼링실시가 필수적임을 알게 되었으며 문헌조사에서도 W-EDM 가공면에 쇼트피닝(Shot Peening), 액체호닝(Liquid Honing)을 하여 더욱 이온질화처리(Ionitriding)를 하는것은 와이어 컷 방전가공에 의하여 제작된 금형의 수명연장대책으로 효과적이다[6].

한편, 시편 A, B, C에 대한 화학조성을 분석하였더니 Table 1 2, 3과 같이 나타났다.

화학조성에서 Table 1과 Table 3은 거의 비슷하지만 Table 2는 다소 차이가 있는 것으로 관찰된다.

일본에서 프레스 금형재료로 각광을 받고 있는 마이크로파인강(Microfine Steel) KD11과 Table 3의 화학조성도 동등하게 나타났다[7]. 이것은 W-EDM가공 후 발생된 가공변질층과 잔류응력을 제거하지 않았기 때문에 생긴 결과이므로 이를 해소하기 위하여서는 SEM사진이나 화학조성에서 나타난 것과 같이 W-EDM 가공 후에는 고온 템퍼링 실시를 반드시 하여야 한다는 것을 입증시킨 결과라고 판단된다.

Table 1. 시편A의 화학조성

(%, Fig. 2)

시편	성분	Fe	C	Si	Mn	P	S
A/1		5.622	1.511	0.281	0.260	0.026	0.003
A/2		5.827	1.544	0.277	0.253	0.026	0.005
A/3		5.458	1.533	0.277	0.254	0.026	0.005
A/4		5.570	1.557	0.278	0.252	0.026	0.006
A/5		5.575	1.540	0.275	0.254	0.027	0.004
AVE		5.654	1.541	0.278	0.255	0.026	0.005
시편	성분	Cu	Ni	Cr	V	Mo	W
A/1		0.106	0.172	11.886	0.242	0.859	0.133
A/2		0.103	0.173	11.863	0.241	0.863	0.130
A/3		0.105	0.172	12.084	0.249	0.873	0.139
A/4		0.104	0.174	11.869	0.245	0.877	0.139
A/5		0.104	0.173	11.890	0.245	0.857	0.135
AVE		0.104	0.173	11.918	0.244	0.866	0.135

Table 2. 시편 B의 화학조성

(%, Fig. 3)

시편	성분	Fe	C	Si	Mn	P	S
B/1		5.618	1.575	0.275	0.241	0.025	0.027
B/2		5.514	1.551	0.277	0.240	0.024	0.035
B/3		5.374	1.583	0.278	0.249	0.026	0.012
B/4		5.678	1.577	0.277	0.247	0.026	0.011
B/5		5.596	1.615	0.291	0.247	0.026	0.013
AVE		5.556	1.580	0.280	0.245	0.025	0.020
시편	성분	Cu	Ni	Cr	V	Mo	W
B/1		0.102	0.172	11.823	0.257	0.893	0.143
B/2		0.099	0.173	11.739	0.253	0.899	0.146
B/3		0.106	0.172	11.841	0.245	0.873	0.140
B/4		0.104	0.174	11.861	0.247	0.882	0.137
B/5		0.105	0.172	11.870	0.252	0.885	0.141
AVE		0.103	0.073	11.827	0.251	0.886	0.141

Table 3. 시편 C의 화학조성

(%, Fig. 4)

시편	성분	Fe	C	Si	Mn	P	S
C/1		5.880	1.488	0.285	0.340	0.022	0.002
C/2		5.532	1.502	0.285	0.343	0.023	0.002
C/3		5.679	1.511	0.287	0.342	0.023	0.003
C/4		5.568	1.489	0.287	0.345	0.023	0.002
C/5		5.621	1.504	0.286	0.345	0.024	0.002
AVE		5.656	1.499	0.286	0.343	0.023	0.002
시편	성분	Cu	Ni	Cr	V	Mo	W
C/1		0.039	0.107	11.708	0.252	0.797	0.047
C/2		0.040	0.107	11.799	0.262	0.807	0.055
C/3		0.040	0.107	11.790	0.256	0.014	0.050
C/4		0.041	0.108	11.733	0.258	0.806	0.045
C/5		0.041	0.107	11.798	0.262	0.801	0.045
AVE		0.040	0.107	11.766	0.258	0.805	0.052

4. 결 론

와이어 컷 방전가공으로 편치와 다이플레이트를 제작할 때 지금까지는 담금질→저온템퍼링→W-EDM→다듬질→조립의 순서이었으므로 금형수명이 짧았으나 본 연구에서와 같이 W-EDM후 고온 템퍼링(530°C-560°C) 3회 실시를 추가 하므로써 솔바이트화 조직으로 되어 가공변질층을 해소 할 수 있으므로 조질 향상, 인성향상, 피로강도 증대, 응력해소, 경년변형 감소의 효과를 기대 할 수 있다. 특히 금형온도가 500°C이상 상승하므로 W-EDM후 실시하는 고온 템퍼링온도는 550°C전후로 하는 것이 바람직하다.

참고문헌

- [1] 대광서림편집부 역, “최신금형제작기술”, 대광서림, pp. 147-155, 1990.
- [2] 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.
- [3] 도서출판 기다리 편집부, “와이어 컷 방전가공”, 기다리, pp. 23-103, 1990.
- [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] 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.
- [6] 김홍구, 김경수, 김상철, “최신열처리기술”, 산업연구원, pp. 59-77. 1990.
- [7] 일본 고주파공업(주) “미크로파인강” 세미나 자료, pp. 1-4, 1999.