

와이어 컷 방전가공에서 방전가공횟수가 파인 블랭킹 금형과 제품에 미치는 영향

유헌일* · 김세환** · 최계광***

(1996년 1월 22일 접수)

An Effect of Number of Passes in Wire-Cut Electric Discharge Machining on Fine Blanking Dies and Products

Heonil Yoo, Sei-Hwan Kim and Kea-Kwang Choi

Abstract

This study presents an effect of number of passes in wire-cut electric discharge machining on fine blanking dies and products. Three part fine blanking dies were produced by the difference of numbers of passes discharge machining. Brake pad was produced, through the die produced like that, the objective of this study is the improvement in surface roughness of die block and punch, life extension of die block, the decrease of second fracture dimensions, the rise of productive.

1. 서 론

금속을 분리, 또는 입체적 형상으로 성형하는 공법은 재료의 특성과 가공의 메커니즘을 어떻게 조합하는가에 따라서 제품의 품질 정밀도, 제조원가 및 제작시간 등에 두드러진 차이를 발생하게 한다. 대다수의 많은 금속 재료들은 압력이 가하여지면 열전도, 전기전도, 자기전도, 소성 변형능력 등의 물리적 성질에 변화가 생긴다.

이 현상은 1912년에 KARMAN에 의해서 연구가 시작되고 PUCH나 1946년에 초고압의 연구로 노벨 물리학상을 수상한 BRIDGEMAN 등에 의해서 검증된 정수압(triple action) 효과이다.

이러한 정수압 효과를 활용하여 상온에서 소성 변형(plastic deformation)능력을 높이고 각종의 가공을 합리적으로 실시하는 것이 파인 블랭킹(fine blanking)이다.

거의 모든 분야의 부품생산에 있어 폭넓게 사용되어지는 프레스(press)를 사용한 블랭킹(blanking)작업은 다이 브레이크(die brake)라고 불리어지는 현상이 발생하므로 다공정의 후가공을 필요로 한다. 따라서 시간 및 생산비용을 절감하여 생산성을 향상시키고, 기업의 투자를 억제하기 위하여 단공정으로서 깨끗한 전단면과 평탄도를 얻을 수 있고 고정밀도를 요구하는 부품의 가공생산에 적용시킬 수 있도록 하기 위하여 파인 블랭킹이라는 가공기술이 발달되었다.

최근에 들어 셰이빙(shaving)이나 그라인딩(grinding) 등의 후가공 없이 단공정의 프레스 작업 한 가지로 원하는 형상과 정밀도를 갖도록 제작완성되어 곧바로 조립공정에 사용되어질 수 있는 부품을 생산하고자 자동차 산업과 그 주변 산업들은 파인 블랭킹 가공기술 방법을 많이 사용하고 있으며 그 적용분야는 점차 늘어나고 있는 실정이다.

* 국민대학교 공과대학
** 천안공업전문대학
*** 천안와이어커팅센터

따라서 파인 블랭킹 가공기술은 가공력 절감, 가공가능 범위 확대, 공구내구성 향상, 제품정밀도 향상, 품질안정 등의 효과를 갖는 합리적이며 획기적인 가공기술이다.^(1,2,3)

이 파인 블랭킹을 하기 위하여서는 파인 블랭킹용 금형이 필요하게 된다. 파인 블랭킹 금형에서 펀치(punch)와 다이 블록(die block)가공에는 와이어 컷 방전가공기(wire cut-electric discharge machine, 일명 W-EDM)가 사용된다.

와이어 컷 방전가공기는 전극으로서 가는 선(대개 ϕ 0.5mm 이하)을 이동시키면서 공작물과의 사이로 스파크(spark) 방전을 시킴과 동시에 공작물을 회망하는 형상에 따라 구동하면서 가공하는 장치이다. 보통의 방전가공(electrical discharge machining, 일명 EDM)과 와이어 컷 방전가공이 다른 점은 우선 전극이 항상 이동하면서 방전을 하므로 보통의 방전가공에 반드시 필요했던 총형 전극이 와이어 컷 방전가공에는 필요하지 않은 점이다.⁽⁴⁾

본 연구에서는 와이어 컷 방전가공에서 방전가공 횟수가 파인 블랭킹 금형과 제품에 미치는 영향에 대하여 관찰하였다.

2. 이 론

2.1 파인 블랭킹

파인 블랭킹이란 판 가공재를 단공정으로 두께 전체에 대한 매끄러운 전단면과 전단면 길이의 높은 치수, 형상정밀도 및 표면조도를 좋게 갖도록 가공하는 기술이라고 정의할 수 있다. 종래의 블랭킹작업에서는 공정 중에 발생하는 모멘트(moment) 때문에 소재표면에 눌린자국(over roll)과 파단면 아래면에는 버(burr)가 형성되고 전단면과 파단면이 함께 생기게 되는 반면에 파인 블랭킹 작업에서는 정수압을 이용하여 전공정을 통해 가공물에 대한 전단력과 탄성 변형량을 조절할 수 있도록 하는 금형 구조를 갖고 판가공재로부터 블랭킹된 부품에 분리되어 나가는 국한된 부분에만 소성변형이 일어나도록 하고 있다.⁽¹⁾

이와 같은 작용을 하도록 하기 위하여 파인 블랭킹 공정 중에는 가공물의 전단가공선의 안쪽과 바깥쪽이 꼭 조여 물려 지도록 해야만 하는데, 바깥쪽은 종래의 프레스 금형 구조에 추가로 만들어진 비링(vee-ring)이 가공물을 눌러 조여주는 역할을 하며 안쪽은 전단력에 의한 압력과 이젝터(ejector)에 대해 직접작용하는 카운터 프레스(counter-pressure)에 의하여 조여지는 상태가 된다 (Fig. 1).⁽²⁾

파인 블랭킹에서는 펀치가 감속된 절단 속도로 소재에 작용한다. 소재는 절단선 외곽이 다이 블록과 스트리퍼 플레이트에 의해 절단선 내부는 펀치와 카운터 펀치에 의해 미리 클램프 된다.

파인 블랭킹에서는 소재를 잡을 수 있는 비링의 작용이 필수적이다. 재료두께 4.5 mm까지는 대개 스트리퍼 플레이트에 부착된 한 개의 비링에 의해 이루어진다. 보다 큰 두께의 재료에 대해서는 다이 블록에도 또한 비링이 필요하다.

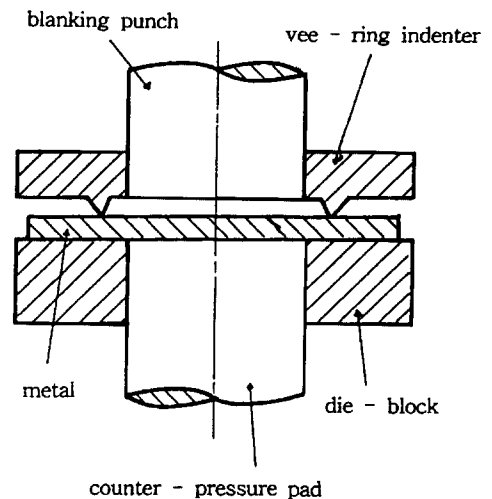


Fig. 1 Counter - pressure pad system of vee-ring indenter by fine blanking

파인 블랭킹은 Fig. 2와 같은 3축 가압상태로서 이루어지고 있으며 블랭킹 되어진 모서리의 크랙(crack)과 디싱(dishing)을 방지할 수 있는 구조로 되어있는데 일반 프레스 금형 구조에 다음과 같은 대표적인 부품이 추가된다.

① 카운터 펀치(counter-punch or ejector) : 펀치가 진행되는 동안 펀치면에 대하여 상응하도록 판 가공재를 고정시켜 억누르는 작용을 하거나 펀치가 다시 제자리로 복귀한 후 블랭킹된 제품을 밀어내 주는 역할을 하는데 불필요한 소성과 탄성변형을 소멸시켜준다는 가장 주된 목적을 갖고 추가로 만들어진 요소이다.

② 인덴팅(indenting)을 위한 비링을 갖는 블랭크 홀더(blankholder) : 펀치가 진행되는 동안 다이블록에 대하여 상응되도록 판 가공재를 조여 물어주는 역할을 하는 공구요소이다.

아울러 파인 블랭킹 가공법은 다음과 같은 사항을 고려

하여야 한다.

① 두께가 얇은 판 가공재를 가공할 경우에는 클리어런스가 극히 작다. 그러므로 금형의 마모는 프레스의 성능정도 및 품질수준과 경제적인 수명에 절대적인 영향을 주므로 펀치와 다이블록의 강성계수와 치수정확도를 고려하여야 한다.

② 프레스 압력을 위한 유압식은 높은 행정 비에서 빨리 가동되어지는 것을 고려하여야 한다.

③ 높은 행정 비와 큰 충격에도 긴 수명의 유지가 확실한가를 고려하여야 한다.

④ 복잡한 프레스의 기능과 카운터압력 조정이 가능하며 각각은 서로 무관하다.

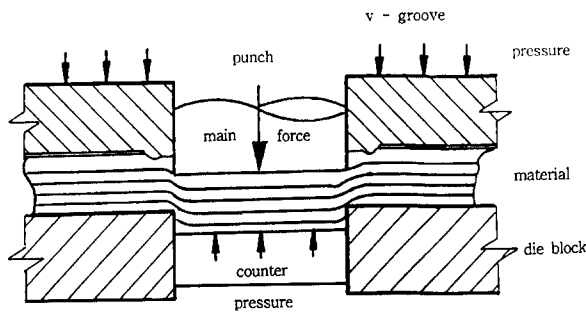


Fig. 2 Triple action state of fine blanking

2.2 와이어 컷 방전가공

2.2.1 와이어 컷 방전가공의 개요

와이어 컷 방전가공기는 전극으로서 가는 선(대개 ϕ 0.5mm 이하)을 이동시키면서 공작물과의 사이로 스파크 방전을 시킴과 동시에 공작물을 회망하는 형상에 따라 구동하면서 가공하는 장치이다.

Fig. 3에서 와이어 전극A는 위에서 아래로 이동하고 있고 이것에 가공액 c가 부어져 방전d를 공작물B와의 사이에서 일어나게 한다. 와이어 전극A와 공작물B와의 사이에는 매초당 약1백만 회의 방전 현상이 발생하며 이때 방전부위에 발생하는 열은 수천도(℃)에 이른다.

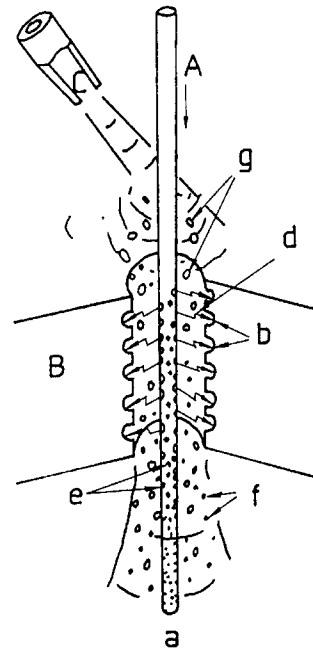
와이어 전극A가 공작물B와의 사이를 방전하면서 이동하기 때문에 와이어전극A에는 방전흔e가 생긴다. 방전은 동시에 공작물B에도 생긴다. 방전을 일으켰을 때 방전부분에는 수소, 산소의 가스 g를 발생하는 동시에 가스층 f를 발생한다. 방전후의 전극 a는 표면에 많은 방전흔을 가지며 또 방전 전류가 흘러 가열되어 그것이 급격히 냉각되

고 굳어져서 부러지기 쉬워진다.

이때 발생된 칩(chip)은 공작물 상하노즐에서 분사되는 가공액에 의하여 가공부위로 부터 제거되며 가공액 탱크 속의 필터에서 걸러진다. 이와 같은 상태가 계속되어지면 공작물과 와이어 전극 사이의 간격이 점차 넓어지므로 서보(servo)이송을 주어 와이어 전극과 공작물과의 사이를 약 10 μ m 정도로 항상 일정하게 유지하기 때문에 그 서보되어 있는 방향으로 차츰 가공이 진행된다.⁽⁴⁾

물론 공작물이 가공됨과 동시에 와이어 전극도 부상을 입지만 가공부위에는 항상 새로운 와이어 전극이 계속 공급되므로 가공 정밀도가 필연적으로 높아진다.

와이어컷방전가공은 가공하고자 하는 형상의 기하학적 도면이 주어지면 이를 수동 또는 자동 프로그래밍을 거쳐서 NC 데이터(data)를 만들고 이를 CNC 컨트롤러에 입력 최대 방전전류, 극간 진압, 방전주기 등의 주요 가공조건을 설정하여 시험가공을 시작한다. 그리고 시험가공에서 얻어진 공작물로부터 가공속도, 면조도, 가공확대여유 등을 측정 한 후 이를 바탕으로 가공조건을 수정하고 공구



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

Fig. 3 Principle of wire-cut electric discharge machining

경 보정량(electrode offset amount)을 결정하여 본 가공을 하는 것을 원칙으로 한다.

와이어 컷 방전가공의 특성을 평가하는 항목은 가공속도, 가공면조도, 가공정도, 가공 변질층, 공구의 소모 등으로 분류되어지며, 이 중에서 방전가공능력을 나타내는 가공속도는 선가공 속도, 면적가공속도, 중량 가공속도 등으로 나타낼 수 있으나 일반적으로 면적가공속도로 표시한다.^(6,7)

2.2.2 와이어 컷 방전가공의 가공특성

(1) 전극의 이동 효과

와이어 컷 방전가공에서는 방전 중 항상 전극을 이동시키면서 가공하게 되어있다. 전극의 이동효과로서는 방전가공에 의해 전극이 소모되어 단선의 우려가 없고, 또 전극소모가 가공정밀도에도 전혀 영향을 주지 않는 것, 가공중에 발생하는 방전시 발생가스와 가공층(전극의 소모층 포함)의 배출이 용이하게 되고, 또한 가공부분에의 가공액의 유통을 원만하게 하는 것 등을 들 수 있다.

이런 효과로 가급적 이동속도를 빨리 하고 싶겠지만, 전극의 이동속도는 늦을수록 와이어 전극의 소모량은 적게 되므로 적당한 값으로 할 필요가 있다.

와이어 컷 방전가공에서의 이송 속도는 아래 식과 같이 표시된다.⁽⁸⁾

$$v = k \cdot \phi d^{-0.65} \quad (1)$$

v : 와이어 전극의 이송 속도(m/min)

d : 와이어 전극의 직경(mm)

k : 0.7(철의 경우)

(2) 전극의 진동 효과

가공시에는 와이어 전극의 진동을 고려할 필요가 있다. 와이어 전극의 진동수는

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{Pg}{r}} \quad (2)$$

f : 와이어 전극의 진동수(c/s)

n : 진동차수

L : 지점간의 길이(cm)

P : 장력(kg)

g : 중력 가속도(981 cm/s²)

r : 와이어 전극의 단위 길이당 중량(kg/cm)

로 표시된다.⁽⁶⁾ 보통의 예로서 $\phi 0.2 \text{ mm}$ 황동선으로 $P = 800g$ 인 경우 n 을 1차로 했을 때의 진동수는 $L = 10cm$, $r = 2.8 \times 10^{-6} \text{ kg/cm}$ 로 $f = 840c/s$ 가 되고 공작물의 두께가 얇을 때는 언제나 1차 진동이 되어 공작물의 두께와 스펠(span) L 이 가까운 치수일수록 유효한 방전이 발생할 것이라고 생각된다. Fig. 4에 그 상태를 표시한다.

1차에서 2차, 3차로 방전 반복 수는 상승하며, 강제적으로 고차수로 하는 것은 가공상 아주 유리하다고 할 수 있다. 와이어 전극의 진폭은 가해진 진동에너지와의 관계로

$$l_1 \propto \varepsilon^{0.5}$$

l_1 : 와이어 전극의 진폭

ε : 진동에너지

로 표시된다.⁽⁶⁾ 와이어 컷 방전 간극길이는 10~20 μm 의 값이 되므로 와이어 전극의 진폭 l_1 으로서는 대충 이 값이 되는 것이 필요하다.

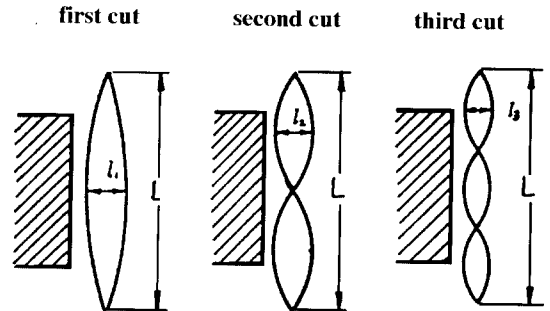


Fig. 4 Vibration state of wire electrode

2.2.3 2차 가공 (second Cut)

와이어 컷 방전가공은 원래 가공속도가 느린 것이지만 최근 전원장치를 개선함으로 표면조도를 최대 15~18 μm 까지 허용하면서도 상당한 고속가공이 가능케 되었다. 그러나 범용의 방전가공과 같이 좀더 빠르게 하면 면조도도 거칠고 따라서 코너 부의 가공오차가 커지므로 형상정도에 손상을 입히는 등의 문제를 일으키기가 쉽다. 이것을 해결한 것이 여기에서 제시된 방법으로서 2차 가공의 효과에 의해 양호한 가공면을 최단의 가공시간에 실현할 수 있는 것이다. 초기에는 최종다듬질치수에 대하여 편측 0.02~0.03 mm의 다듬질 여유를 남도록 오프셋(offset)량을 정하고 최대가공속도를 적용하여 1차 가공을 행한다.

다음에 돌기 제거처리를 행한 후 전기조건을 다듬질가공으로 바꾸어 0.02~0.03 mm의 다듬질 여유의 오프셋을 순차적으로 작게 하면서 3단계별로 2차 가공을 행하면 1차 가공의 거친 면을 다듬질하게 되는 것이다. 2차 가공을 적용함으로써, 코너 부의 가공오차를 적게 할 수 있고, Fig. 5와 같은 고정도의 코너 끝 가공이 실현될 수 있어 가공시간의 단축은 물론 정도 측면에서도 대폭적인 향상을 행할 수 있을 것으로 사료된다.^(4,8,9)

3. 실험

3.1 실험 장치

본 실험에서 사용한 와이어 컷 방전가공기는 일본 Sodic(사)의 A500H로 Fig. 6과 같으며 방전가공 조건은

Table 1과 같다.^(10,11) 와이어는 ϕ 0.25 mm 황동선을 사용하였다.

그리고 본 실험에서 사용한 프레스는 파인 블랭킹 전용 프레스로서 FME.MORI(사)의 FB-400-FD유압 프레스이다.

3.2 실험 재료

(1) 와이어 전극

본 실험에서 사용한 와이어 전극은 ϕ 0.25 mm 황동선 2종이다.

(2) 펀치 및 다이 블록 재료

본 실험에서 사용한 펀치 및 다이 블록 재료는 프레스 금형 제작에 많이 이용되고 있는 합금공구강(STD11)으로 하였다.

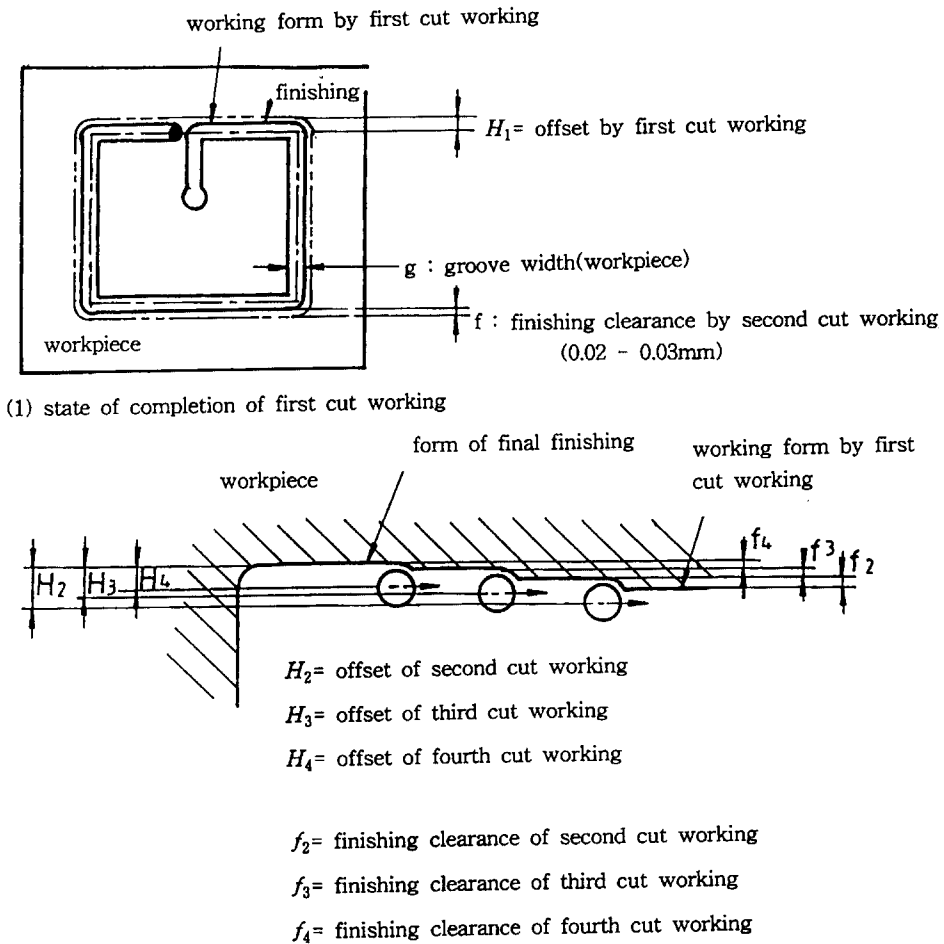


Fig. 5 Relation of first cut working and second cut working



Fig. 6 Overall view of wire-cut electric discharge machine

Table 1 Specification of wire-cut electrical discharge machining

| type working condition | punch | | | die block |
|------------------------------|-------------|------------|-----------|-------------|
| | first cut | second cut | third cut | second cut |
| ON | 6 | 5 | 2 | 5 |
| OFF | 15 | 10 | 2 | 10 |
| IP | 17 | 16 | 15 | 16 |
| HP | 1 | 3 | 0 | 3 |
| MA | 16 | 12 | 0 | 12 |
| SV | 2 | 8 | 3 | 8 |
| V | 3 | 1 | 0 | 1 |
| SF | 6 | 2004 | 2004 | 2004 |
| C | 0 | 2 | 2 | 2 |
| WT | 0.23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 |
| WS | 4 | 3 | 3 | 3 |
| WP | 5 | 5 | 2 | 5 |
| FS | 1.15 - 1.18 | 1.3 - 3.1 | 5.6 - 9.6 | 7.8 - 10.17 |

O N : Discharge pulse time W S : Wire speed
 O F F : OFF pulse time V : Main power voltage
 I P : Peak current value W T : Wire tension
 H P : Aux . power supply circuit S F : Servo speed
 M A : OFF pulse width adjustment C : Inter-electrode capacitor circuit
 S V : Servo reference voltage F S : Feed speed

3.3 실험 방법

3.3.1 펀치 및 다이블록 제작

펀치 및 다이 블록을 W-EDM을 이용하여 다음과 같이 3조 제작하였다.(Fig. 7 (1),(2))

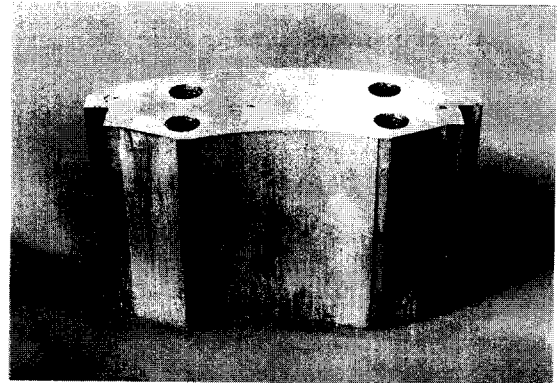
(1) 펀치는 1차 W-EDM으로 제작하고 다이블록을 2차 W-EDM으로 제작하였다. 이것을 A타입이라고 명명한다.

(2) 펀치는 2차 W-EDM으로 제작하고 다이블록을 2차 W-EDM으로 제작하였다. 이것을 B타입이라고 명명한다.

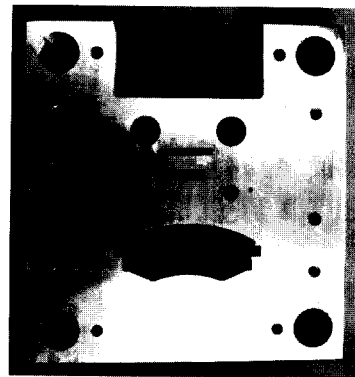
(3) 펀치는 3차 W-EDM으로 제작하고 다이블록을 2차 W-EDM으로 제작하였다. 이것을 C타입이라고 명명한다.

상기의 세 가지 방법에서 클리어런스는 모두 편측 0.03 mm로 하였다. 실험 재료인 다이블록의 재료두께는 50 mm로 하였고 펀치의 재료두께는 80 mm로 하였다.

이상과 같이 제작된 펀치 및 다이블록의 표면 조도를 표면 거칠기 측정기(Federal사의 system 5000)로 중심선 평균 거칠기와(Ra)와 최대 표면 거칠기(Rmax)를 측정하였다.

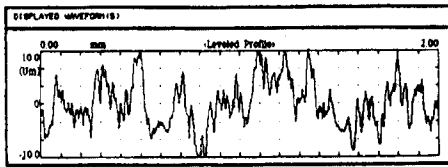


(1) Punch (1/2)

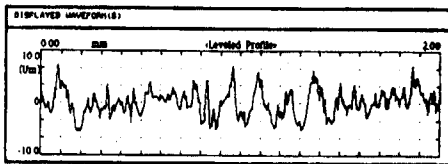


(2) Die block (1/3)

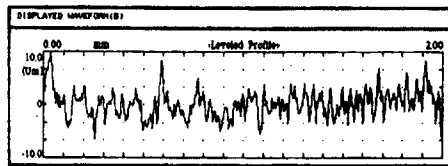
Fig. 7 Punch and Die block



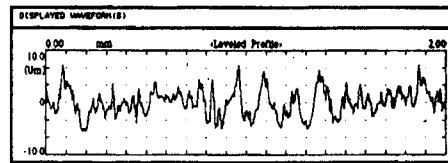
(1) A type Punch



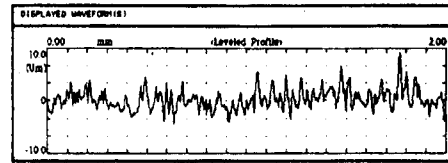
(2) A type Die block



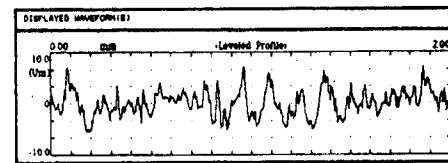
(3) B type Punch



(4) B type Die block



(5) C type Punch



(6) C type Die block

Fig. 8 Surface roughness of Punch and Die block

Table 2 Surface roughness of A,B,C type punch and die block

| type | A type | | B type | | C type | |
|------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| | punch | die block | punch | die block | punch | die block |
| Ra | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.4 | 2.0 |
| Rmax | 18.8 | 17.2 | 16.2 | 17.2 | 12.4 | 17.2 |

이 측정 한 값을 Table 2와 같이 A타입(Fig. 8 (1),(2)), B타입(Fig. 8 (3),(4)), C타입(Fig. 8 (5),(6))으로 나타내었다.

펀치와 다이블록의 와이어 컷 방전가공 직후의 조직을 관찰하기 위하여 펀치와 다이블록의 제작에 사용된 가공 조건과 같이해서 시편을 제작하였다.

제작된 시편을 히타치(hitach)사의 모델 S-2700 전자 주사 현미경(sem)으로 300배로 확대하여 조직을 관찰하였다.

시편을 관찰한 금속 조직은 A타입(Fig. 9 (1),(2)), B타입(Fig. 9 (3),(4)), C타입(Fig. 9 (5),(6))으로 나타내었다.

A타입 펀치의 표면조도를 측정 한 결과 Ra는 3.0 μm , Rmax는 18.8 μm 로 거칠게 측정되었고, 1차 와이어 컷 방전가공에 의해 생긴 방전흔이 아래의 금속현미경사진에 어둡게 관찰되고 있다.

A,B,C타입의 다이블록은 2차 와이어 컷 방전가공만 했으므로 Ra는 2.0 μm , Rmax는 17.2 μm 로 측정되었고 금속현미경사진도 공통적으로 사용하였다.

B타입 펀치의 표면조도를 측정 한 결과 Ra는 2.0 μm , Rmax는 16.2 μm 로, A타입 펀치보다 Ra는 1.0 μm , Rmax는 1.6 μm 로 개선되었고 2차 와이어 컷 방전가공에 의해서 방전흔에 의한 어두운 면이 많이 개선되어 아래의 금속현미경사진에 관찰되고 있다.

C타입 펀치의 표면조도를 측정 한 결과 Ra는 1.4 μm , Rmax는 12.4 μm 로, A타입 펀치보다 Ra는 1.6 μm , Rmax는 6.4 μm 로 개선되었고 3차 와이어 컷 방전가공에 의해서 방전흔에 의한 어두운 면이 많이 개선되어 아래의 금속현미경사진에 관찰되고 있다.

측정 한 결과 A,B,C타입 공통적으로 다이블록을 2차 와이어 컷 방전가공(이후로는 1차 컷으로 함)한 것은 최대 표면 거칠기(이후로는 Rmax로함)는 17.2 μm , 중심선 표면 거칠기(이후로는 Ra로 함)는 2.0 μm 로 측정되었다.

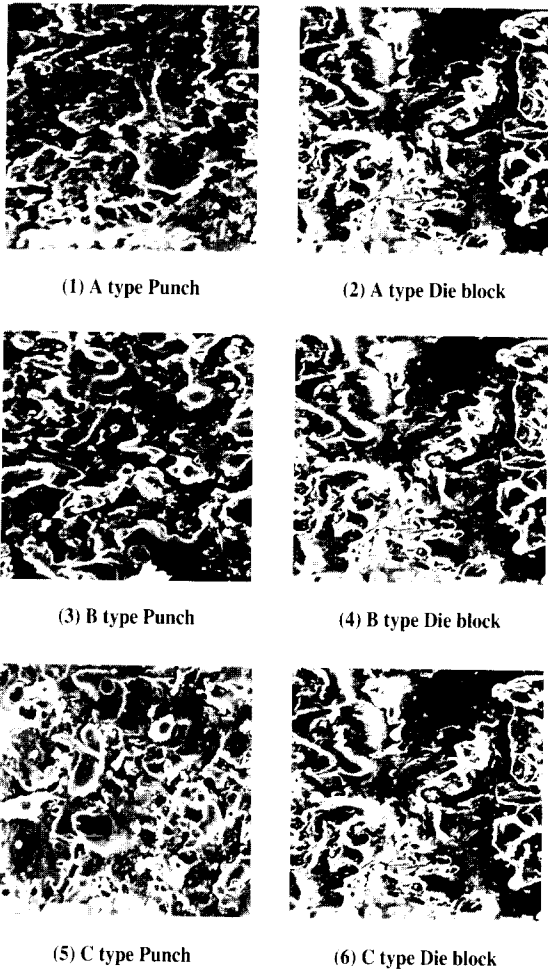


Fig. 9 Microstructure of Punch and Die block

A타입 펀치의 Ra는 3.0 μm , Rmax는 18.8 μm 로 측정되었고,

B타입 펀치의 Ra는 2.0 μm , Rmax는 16.2 μm 로 측정되었고,

C타입 펀치의 Ra는 1.4 μm , Rmax는 12.4 μm 로 측정되었다.

B타입 펀치의 Ra 및 Rmax는 A타입 펀치의 Ra 및 Rmax보다 Ra는 1.0 μm , Rmax는 1.6 μm 로 개선되었다. C타입 펀치의 Ra 및 Rmax는 A타입 펀치의 Ra 및 Rmax보다 Ra는 1.6 μm , Rmax는 6.4 μm 로 개선되었다.

3.3.2 실험 순서

앞절(3.3.1)에서 제작한 각각 A,B,C타입의 펀치와 다

이블록을 완전한 금형으로 조립하여 파인 블랭킹 프레스에 설치하고 승용차용 브레이크 패드 (Fig. 10)을 블랭킹하였다. 이때의 클리어런스는 편측 0.03mm 로 하였다.

(1) 실험 1 (A타입 사용)

① 실험용 블랭크

: 브레이크 패드 (두께 6mm, 재질 SS41)

② 실험용 프레스

: FME.MORI사의 FB - 400 - FD유압프레스

블랭킹 속도: 180 mm/min

전 체 힘: 400 톤

비 링 힘: 80 톤

카운터 힘: 50 톤

이젝터 힘: 20 톤

스트리퍼 힘: 80 톤

스트립 초퍼 전단력: 40 톤

③ 양 산 수 량: 13만개 생산후 금형 수명 끝남

④ 실험 순서:

- ㉠ 금형을 조립한 상태로 프레스의 볼스터 위에 올려 놓고 상형, 하형을 장착시킨다.
- ㉡ 코일 스톱을 자동스트립 로딩 장치로 이송한다.
- ㉢ 프레스 프레임의 입구부분에 위치한 스트립 운환 장치로 절단될 재료의 표면을 얇은 기름 막으로 감싼다.
- ㉣ 코일 스톱이 가공 공정도의 정해진 순서에 의해 공정별로 이송이 되며 마지막 공정에서 블랭크 되어진다.
- ㉤ 스크랩 절단기로 스크랩이 프레스를 빠져 나갈 때 조그맣게 자른다.
- ㉦ ㉠~㉣까지 반복하여 브레이크 패드를 1만개 생산하고 펀치와 다이블록 및 소재를 검사한다.
- ㉧ 검사후 이상이 없을 때에는 계속 생산하고 이상이 발생했을 때에는 펀치와 다이블록을 재연삭하여 재생산을 시작한다.

(2) 실험 2 (B타입 사용)

① 실험용 블랭크

: 브레이크 패드 (두께 6mm, 재질 SS41)

② 실험용 프레스: 실험1과 동일함

③ 양 산 수 량: 22만개 생산후 금형 수명 끝남

④ 실험 순서: 실험 1과 동일함

(3) 실험 3 (C타입 사용)

- ①. 실험용 블랭크
: 브레이크 패드 (두께 6mm, 재질 SS41)
- ②. 실험용 프레스 : 실험1과 동일함
- ③. 양 산 수 량 : 60만개 생산후 금형 수명 끝남
- ④. 실험 순서 : 실험 1과 동일함

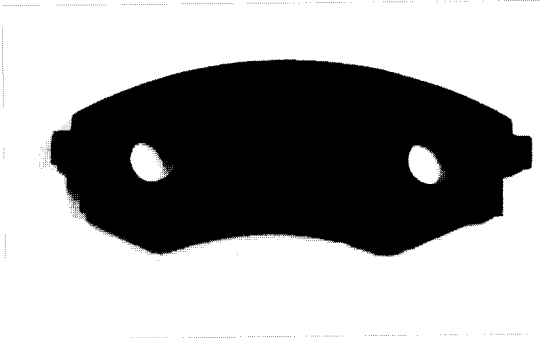


Fig. 10 Disk brake pad

4. 실험 결과 및 고찰

(1) 표면조도 개선과 파인 블랭킹 금형의 수명 연장

방전가공 횟수가 많을수록 표면조도가 개선되므로 써 Table 3과 같이 펀치 및 다이블록의 수명이 연장되었음을 알 수 있었다.

실험 방법에서 표면조도를 측정할 값을 보면 알 수 있는 것과 같이 C타입과 같이 펀치를 3차 컷 했을 때 Ra와 Rmax는 A타입과 같이 펀치를 1차 컷 했을 때 보다 Ra는 1.6 μm, Rmax는 6.4 μm로 개선됨으로서 코너 끝이 고정도 가공이 되었다. 열변질층을 제거하여 모재가 원래의 성질을 회복하게 하고 원하는 형상을 얻기 위해서 다듬질작업을 할 때 A타입보다는 B타입의 경우가 다듬질작업이 수월하게 이루어 졌고, B타입보다는 C타입의 경우가 다듬질작업이 수월하게 이루어 졌다.

A타입, B타입 일 때 파인 블랭킹 작업 중에 제품을 얼마 생산하지도 못했는데 예리한 코너끝 부위에서 다이 블록이 깨지는 현상이 자주 발생하였으나 C타입과 같이 펀치를 3차 컷 했을 때는 코너끝 부위에서의 다이 블록의 깨지

는 현상이 현저히 줄어들었다.

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 방향 전환이 예각이나 둔각보다는 직각인 경우가 가장 많은 가공오차가 생기기 때문에 파인 블랭킹 금형의 다이 블록에서 코너부위가 깨지는 주원인이 되었다고 사료된다.

와이어 컷 방전가공에서 방전가공 횟수가 많을수록 전극의 방향전환이 직각 일 때의 가공오차를 현저히 줄여 나갈 수 있었고, 다이블록 및 펀치의 수명을 연장하는데 기여를 했다.

(2) 2차 파단현상의 감소

A타입, B타입, C타입 파인 블랭킹 금형으로 브레이크 패드를 1만개 생산후 각 제품의 전단면을 관찰해 본 결과 2차 파단현상(second fracture, 일명 Flow, Fig. 11)이 발생하였다.

A타입에서 생산한 브레이크 패드(Fig. 12 (1))에는 제품의 전 둘레에 걸쳐서 2차 파단현상이 현저하게 발생하였다. A타입의 펀치를 1차 컷하고 열변질층 제거를 위해 다듬질작업을 해도 일반 프레스 금형과 같이 클리어런스가 편측 10%가 아니고 0.5%이기 때문에 펀치에 걸이 생겨 금형을 조립하고 파인 블랭킹 전용 프레스에 장착하여 제품 생산을 할 때 그 결과가 제품 표면에 2차 파단현상으로 바로 나타나게 되었다. 2차 파단현상을 없애기 위해 비링압을 올리면 다이 블록의 코너 부에서의 깨어짐 현상이 자주 발생하게 되었다.

B타입에서 생산된 브레이크 패드(Fig. 12 (2))에서는 2차 파단현상이 50%정도 감소되어 발생하였다.

C타입에서 생산된 브레이크 패드(Fig. 12 (3))에서는 2차 파단현상이 제품의 코너 부에서 약간 발생하고 제품의 전 둘레에서는 거의 발생하지 않았다.

(3) 생산성 향상

A타입일 때 제품을 1만5천개를 생산하고 나면 펀치와

Table 3 Life extension of die block

| 종류 | 실험1 | 실험2 | 실험3 |
|-------|----------|----------|----------|
| 금형 수명 | 130,000개 | 220,000개 | 600,000개 |

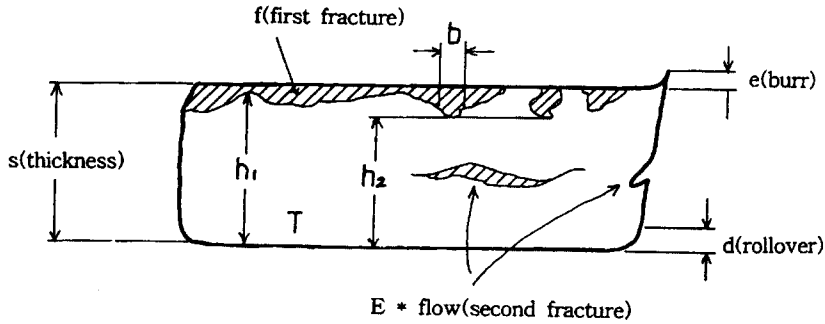


Fig. 11 Second fracture dimensions (flow)

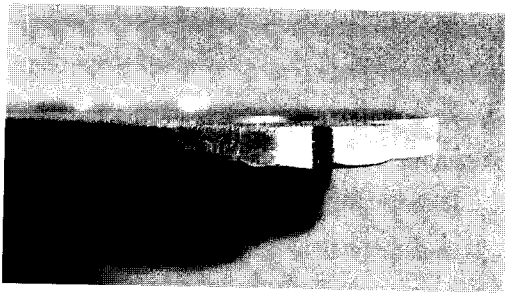
다이 블록의 절단절인에 이상마모가 발생하고 제품생산중의 미소분말이 펀치와 다이 블록에 응착을 하여 칩핑(chipping)이 발생해서 다이 블록과 펀치를 수리하게 되

었다.

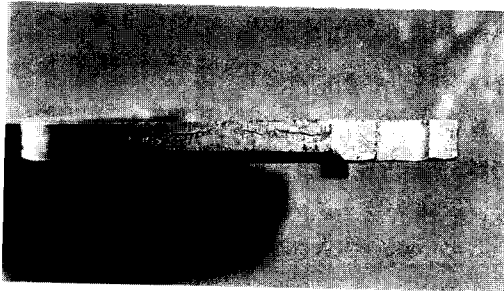
B타입일 때는 제품을 3만개 생산한 후에 금형 수리에 들어갔고, C타입일 때는 제품을 5만개 생산 후에 금형 수리에 들어갔다.

금형 수리를 시작하여 파인 블랭킹 프레스에 설치하고 생산을 시작하기까지는 72시간이 소요된다.

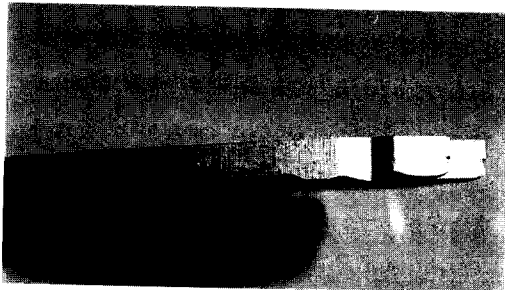
이 소요 시간을 계산해보면 다이블록의 비링을 방전가공하는데 13시간이 소요되며, 다이블록 연삭에 24시간, 다이블록의 다듬질 및 조립에 35시간이 소요되었다. 금형의 수리 회수가 많으면 작업지연이 길어지므로 C타입으로 하면 금형 수리회수를 줄이게 되어 몇 배 이상의 생산성 향상에 기여를 했다.



(1) A type brake pad



(2) B type brake pad



(3) C type brake pad

Fig. 12 Burnish plane of brake pad

5. 결론

본 연구의 실험결과 와이어 컷 방전가공에서 방전 가공 횟수가 파인 블랭킹 금형과 제품에 미치는 영향에 대하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

(1) 펀치를 1차 와이어 컷 방전가공 했을 때보다 2차 와이어 컷 방전가공을 했을 때가 Ra가 150% 개선되었고 Rmax는 116% 개선되었다. 3차 와이어 컷 방전가공을 했을 때는 1차 와이어 컷 방전가공을 했을 때보다 Ra가 214% 개선되었고 Rmax는 152% 개선되었다.

(2) 와이어 컷 방전가공에서 방전가공횟수가 많을수록 다이블록의 수명이 연장되었다. A타입일 때보다는 B타입일 때가 다이블록의 수명이 1.7배 연장되었고 C타입일 때가 A타입일 때보다는 다이블록의 수명이 4.6배 연장되었다.

(3) 와이어 컷 방전가공에서 방전가공 횟수가 많을수록 제품 전단면의 정밀도가 향상되고 2차 파단현상이 줄어들었고, 펀치와 다이 블록에서의 칩핑발생에 의한 금형 수리

횡수가 적게 됨으로서 생산성 향상에 기여를 했다.

참고 문헌

- (1) 한국기계연구소, 1986, Fine blanking 가공 기술 개발, 서울, pp.16~91.
- (2) 유병렬, 1990, 파인 블랭킹 금형, 성안당, 서울, pp.1~50.
- (3) 형기술 편집부, 1993.3, 3차원 Fine blanking 가공 기술, 월간 형기술, pp.17~60.
- (4) 김창호, 1992, 방전가공, 기전 연구사, 서울, p pp.235~300.
- (5) Fein - tool 社, 1985, ファインブラギングプレス 技術.
- (6) 배성한, 1993, 와이어 컷 방전가공의 특성에 미치는 가공조건에의 영향, 창원 대학교 석사학위논문, 창원.
- (7) 도서출판 기다리 편집부, 1990, 와이어 컷트 방전 가공, 기다리, 서울, pp.23~103.
- (8) 정상결, 1990, Wire cut 방전가공, 백제교역상사, 서울, pp.1~80.
- (9) 형기술 편집부, 1993, 7~1995, 2, 와이어 컷 방전가공, 월간 형기술, 서울.
- (10) Sodic CO.,LTD, 1990, Wire E.D.M A500H Instruction Manual, pp.7-1~7-11.
- (11) Sodic CO.,LTD, 1989, Fine Sodic Wire Cut-EDM WG EPOC.A ERIES(Machining Condition table), pp.1.1~8.9.