

마이크로 와이어의 전단 형상에 관한 실험적 연구

김응겸[#] · 홍남표¹ · 김병희² · 김현영²

An Experimental Study of burrless shearing on the micro wire

W. K. Kim, N. P. Hong, B. H. Kim and H. Y. Kim

Abstract

Punching/blanking/shearing is among the oldest and most frequently used sheet metal forming process. We have developed the shear device for burrless cutting using the micro wire. Since the burr minimization and fine shear plane, this paper is a study on the effect of the shear angle and clearance of the cutter-cutter. And, we confirm the tendency of the shear plane. It is impossible to completely remove the burr in the shearing process. In order to minimize the burr size and fine shear plane, we have accomplished the various experiment conditions such as the shear angle and clearance. Despite the quality of shear plane is not good enough yet, it is possible to make the burr minimization and fine shear plane by the optimization of process parameters

Key Words : Burr(버), Micro wire(극세선), Shearing(전단), Shear plane(전단면)

1. 서 론

최근 산업화의 발달로 인하여 소형화, 경량화 및 정밀화등을 추구함에 있어 부품의 성능을 최대한 발휘하도록 하기 위하여, 각종 부품류들에 대하여 초정밀 가공법이 요구 되어지고 있다.[1~2] 초정밀 제품들은 크기가 수~수십 μm 로 가공이 어렵고, 가공 후 취급으로 인한 변형이 발생되기 쉽다. 또한 가공오차, 미세한 먼지, 표면 거칠기에 의한 마찰의 영향, 진동, 크기효과(size effect)등이 초정밀 제품에 많은 영향을 준다.[3]

정밀부품 생산에 있어 전단공정은 많은 문제점을 발생시키고 있다. 일반적으로 박판의 전단 가공 후 발생하는 버를 제거하기 위하여 연삭, 래핑, 폴리싱 등 후가공이 필수적이며, 이로 인하여 비용의 증대와 형상 정밀도의 저하를 초래한다.[1]

전단 공정에 있어 버 발생과 전단면 형상에 영향을 주는 인자로는 펀치와 다이의 간극, 펀칭 속도, 전단 소재의 기계적 성질, 전단날의 마모, 전단각, 펀치-다이 의 상·하 정렬, 하부 다이 유무등이 있다.

버란 절삭이나 전단 가공에 있어 소성 변형에 의하여 피가공물의 가장자리부에 발생하는 작은 움기 모양으로써, 가공 후 치수정도를 현저히 저하시킨다.[4~6] 일반적인 전단가공은 다이와 펀치로 이루어진 시스템이며 펀치에 의한 전단이 수행되어진다.

본 논문에서는 다이와 펀치가 모두 전단을 수행 하도록 전단 시스템을 제작하였으며, 박판전단시 전단면 형상에 영향을 주는 인자 중 전단각과 간극을 이용하여 와이어의 전단 후 전단면의 형상을 관찰하였으며, 버의 억제/제거를 위한 절단 인자를 관찰하여 보았다.

교신저자: 강원대학교 메카트로닉스공학과,

E-mail : ks22ks@kangwon.ac.kr

1. 강원대학교 산업기술연구소

2. 강원대학교 기계·메카트로닉스 공학부

2. 전단의 이론적 배경

절단 시 발생하는 버(burr)는 일반적으로 가공 후에 모서리에 발생하는 원치 않는 물체의 돌출된 부분으로 정의할 수 있다. 특히, 소성변형으로 생긴 버는 가공경화로 인해서 더욱 경(硬)하고 불규칙적이어서 다른 부품의 손상과 작업자에게 손상을 일으키기 쉽다.

일단 발생된 버는 반드시 제거되어야 하며, 가능하면 버의 발생이 방지되거나 허용 가능한 최소한의 크기로 생성되도록 유도하는 것이 가장 바람직할 것이다. 하지만 아직까지는 효과적으로 버 발생을 억제하거나 제거하는 방법에 대한 연구결과가 매우 적은 편이며, 발생하는 버를 수작업으로 제거하는 것이 빈번한 실정이다[7]. 정밀 전단에 관한 연구는 1920년대 독일의 Fritz Schiess에 의해 처음 특허 등록되었으며, 현재까지 많은 연구가 진행 중이다[8-9].

일반적인 박판 전단면의 형상은 Fig. 1 과 같이 크게 롤오버(rollover), 전단영역(burnish area), 파단영역(fracture zone), 버(burr) 등의 4 가지 형태로 구분된다. 그러나 이상적인 전단에서는 롤오버, 전단영역, 버 등이 존재하지 않고 오직 전단영역만 존재하는 완전전단이 발생하게 되는데, 박판전단의 경우와 같이 와이어의 완전전단 구현은 현실적으로 매우 어렵다[10].

전단공정에 있어 버 발생과 전단면 형상에 영향을 주는 인자로는 펀치와 다이의 간극, 펀칭 속도, 전단소재의 기계적 성질, 전단 날의 마모, 전단각, 펀치-다이의 상/하 정렬, 하부 다이 유·무 등이 있다. 카운터 펀칭(counter punching)에 의한 전단가공을 수행할 경우 버의 억제가 가능할 것으로 기대된다.

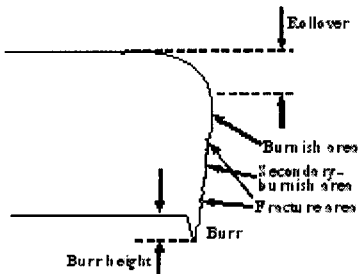


Fig. 1 Cross-sectional view of sheared sheet

2.1 전단 시스템의 구조

와이어의 버 없는 전단을 위하여 두 날이 펀치 역할을 하는 Fig. 2 와 같은 전단 시스템을 제작하였다. Fig. 3 은 공압을 이용한 실제 전단 시스템의 전체 모습을 보여주고 있다.

전단 공정은 솔레노이드(solenoid)와 리밋 스위치(limit switch)를 사용하여 공압 실린더에 부착된 펀치 헤드를 전·후로 왕복운동으로 두개의 푸셔(pushers)를 타격한다. 이후 푸셔(pushers)는 지렛대 원리에 의해 전단날을 이송시켜 와이어를 절단하게 된다. 푸셔에 부착되어 있는 푸셔볼트(pushers bolt)의 길이를 조절함으로써 전단날의 이송 거리를 조절할 수 있다.

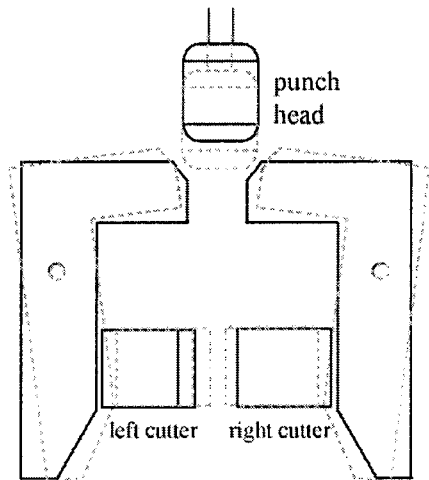


Fig.2 Schematic of the shearing system

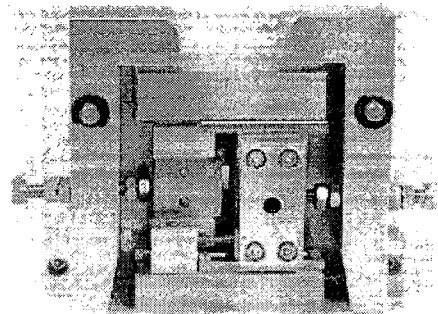


Fig. 3 A novel shearing system for burr-free wire

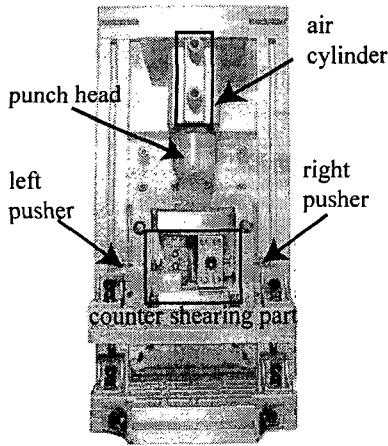
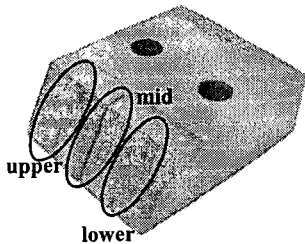
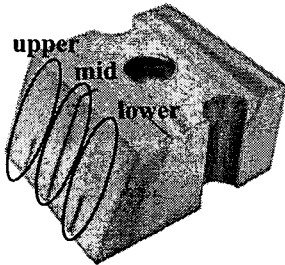


Fig. 4 Counter-shearing machine



(a) left cutter



(b) right cutter

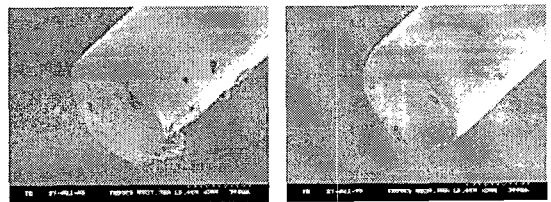
Fig. 5 Grooved tools (shear angle : upper 10° , mid 20° , lower 0°)

Fig. 3 은 전단 시스템 중 절단 역할을 하는 부분으로써 Fig. 2 에서 설명한 좌우 전단 날과 푸셔 볼트(pusher bolt)등 실제 제작된 모습을 보여주고 있다. 또한, 전단 시스템 뒷면에는 깊이 마이크로미터를 장착하여 클리어런스(clearance)를 조절할 수 있도록 하였다. Fig. 4 는 실제 제작된 전단기의 전체적인 모습을 보여주고 있다.

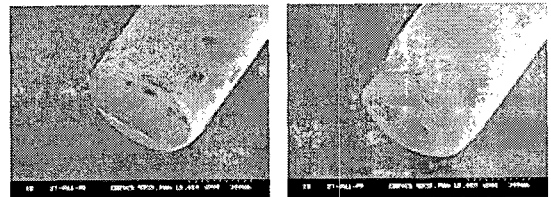
2.2 U 형 홈(U-groove) 전단날

전단 역할을 수행하는 전단날은 Fig. 5 와 같이 제작하였다. 전단날의 날부는 초경합금으로 제작하였고, 정밀도가 요구되는 가이드 블록(guide block), 날부 가이드(cutter guide) 등은 연삭작업을 통하여 정밀도를 확보하였다. 와이어 방전 가공기를 각각 상부 약 10° , 중간부 약 20° 이고 하부 약 0° 로 가공하였으며, 각도 깊이는 2mm 만큼 가공하였다.

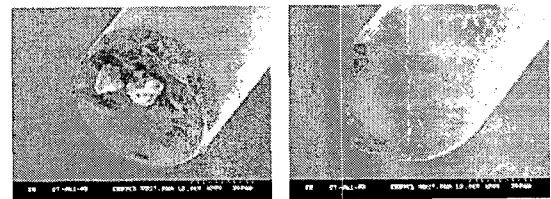
본 실험에서는 버의 발생을 최소화하기 위하여 전단 날의 각도를 다양하게 조절하였다. 또한, U 형 홈을 와이어 방전 가공기(W-EDM)를 이용하여 제작하였다. 이러한 다양한 종류의 전단날과 와이어의 전단특성을 결정하는 주요요인인 전단각과 클리어런스(clearance)에 대한 조건으로 실험을 수행하였다.



(a) 0° cutting angle

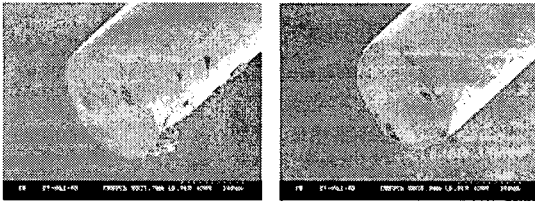


(b) 10° cutting angle

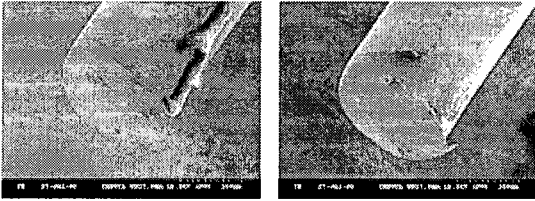


(c) 20° cutting angle

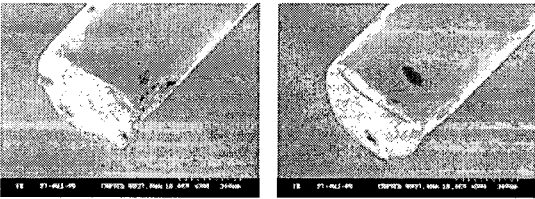
Fig. 6 Various shapes accordance with the cutting angle



(a) 5% clearance of wire thickness



(b) 10% clearance of wire thickness



(c) 20% clearance of wire thickness

Fig. 7 Wire shapes of 200 μm SUS 304 wire accordance with the clearance

3. 실험 및 고찰

3.1 전단각에 의한 영향

전단날이 마모되어 그 전단각이 감소하면 버의 크기, 전단면의 거칠기와 전단영역은 증가하나 파단영역은 감소한다. 또한 전단면도 매우 불균일하게 나타난다. Fig. 6은 전단각에 따른 전단면을 보여주고 있다. 전단각이 커질수록 압입 크기가 크게 나타나고 있으며, 카운터 펀칭에 의한 압입 자국이 크게 나타나고 있다. 이러한 결과로 와이어 전단 시 작은 전단각은 와이어의 압입 자국을 최소화 하는 요인임을 알 수 있었다.

3.2 클리어런스(clearance)의 영향

펀치-다이 간극이 커질수록 전단력과 전단에너지는 감소하기 때문에, 풀-오버, 파단영역 및 파단각, 파단깊이, 버 높이, 전단면 거칠기 등이 증가한다. 반면 전단영역은 감소한다.

Fig. 7은 카운터 펀칭을 이용하여 전단된 와이어의 형상을 관찰한 그림이다. (a)에서 클리어런스가 약 10 μm 에서는 압입 자국은 나타났다.

그러나 버는 크게 나타나고 있지 않으며, (b)의 20 μm 에서 압입 자국은 작아졌으나 버가 발생되었다. 또한 (c)의 40 μm 클리어런스에서는 좀 더 큰 압입 자국과 버가 발생되는 것을 관찰하였다. 이와 같이 작은 클리어런스에서 버의 사이즈가 줄어들음을 알 수 있었다.

3.3 실험 결과

일반적인 전단가공에서는 다이와 펀치를 이용하여 전단 수행을 한다. 본 연구에서는 양쪽 날이 전단 수행을 할 수 있도록 전단기를 자체 설계/제작 하였으며, 전단된 와이어의 형상을 광학 현미경 및 전자현미경(SEM)을 이용하여 알아보았다.

전단 날의 형상은 일반적인 것보다는 U-형 홈이 있는 것이 전단면의 늘어지는 현상을 최소화 할 수 있으며, 또한 한날을 가지고 전단하는 것보다 양쪽날이 동시에 움직이는 카운터 펀칭 방식의 절단이 버를 최소화에 유리하다. 작은 전단각에서 압입 자국(indentation) 적게 발생 된다.

작은 간극(clearance)이 전단면 형상 과 버 생성에 가장 많은 영향을 주는 요인이라 할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 바이오, 반도체 분야 등에 사용되고 있는 극세선의 직선화 처리와 버가 발생하지 않는 정밀 절단 시스템을 개발하는 것이다. 제작한 전단기를 이용하여 와이어 전단면을 관찰하고 버를 최소화 시킬 수 있는 조건을 확인 하였다.

(1) 와이어 전단 시 전단각이 클수록 전단면 형상 및 압입 자국이 현저하게 발생하였다.

(2) 펀치 간극은 작을수록 전단면 형상과 압입 자국 발생을 억제한다.

전단면 형상과 압입 자국은 버 생성에 영향을 미치는 요소로써, 전단 시 와이어와 전단날의 정확한 전단이 이루어져야 할 것이며, 압입 자국을 최소화 할 수 있도록 실험을 수행하여야 할 것이다. 양 전단날이 동시에 전단이 이루어 지도록 실험장치의 개선이 필요하며, 전단 시 와이어를 지지할 수 있는 패드 또는 장력을 이용한 실험이 추후에 연구되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 김현영, 김병희, 2003, “미세박판의 진단 특성”, 기계저널, 제 42 권, 제 6 호, pp.42~47
- [2] 정종화, 이갑조, 김종관, 2003, “SEM 측정법에 의한 정밀절삭 가공면의 평가”, 한국기계가공학회 추계학술대회, pp.47~52
- [3] 윤성만, 전병희, “마이크로 가공 기술”, 대한기계학회 기계저널, 제 40 권, 제 11 호, pp.1~5
- [4] 김원섭, 고성림, 2002, “미소 버 형상 측정 방법 개발”, 한국 정밀 공학회 추계 학술대회
- [5] 고대철, 김병민, 고성림, 1998, “2 차원 절삭에서 공구 이탈시 발생하는 버에 관한 강소성 유한요소해석”, 한국정밀공학회지, 제 15 권, 제 4 권, pp.125~133
- [6] S. S. Kim, C. S. Han, Y. S. Lee, 2005, “Development of a new burr-free hydro-mechanical punching”, Journal of Materials Processing Technology, pp. 524~529
- [7] S. Fukui, K. Konda and K. Maeda, "Smooth shearing by stepped profile tool", Ann. CIRP, Vol.20, pp. 57-58, 1971
- [8] T. C, L. C. Chan and P. F. Zheng, "Application of the finite-element deformation method in the fine blanking process", Journal of materials Precess Technology, Vol.63, pp.744-749, 1887
- [9] 홍남표, "레이저를 이용한 박판 버의 기상 측정 및 최소화에 관한 연구", 강원대학교 박사학위 논문, 2004
- [10] M Oyane, T. Sato, K. Okimoto and S. Shema, "Criteria for ductile fracture and their applications", Journal of Mechanical Working Technology, Vol.4, pp. 65-81, 1980