

# 전단력 분석을 통한 미세박판의 정밀 전단 특성 연구

신용승\*(강원대학교 기계메카트로닉스 공학부 대학원),  
 김병희(강원대학교 기계메카트로닉스 공학부),  
 김현영(강원대학교 기계메카트로닉스 공학부)

A study on the fine-shearing characteristics of a micro sheet metal  
 under shearing force analysis

Yong Seung Shin , Byeong Hee Kim , Heon Young Kim

## ABSTRACT

This paper presents the fine-shearing experimental investigation using brass sheets. Shearing including blanking, trimming, piercing, etc is one of the most frequently used processes in sheet metal manufacturing. In this study, an individual set of tooling was designed and fabricated to carry out experiment for shearing process. In order to investigate the effect of shearing surface correspond to die clearance, the profile of shearing surface was examined by using microscope. Futhermore, the relationship between shearing force and the profile of shearing surface was considered

**Key Words** : fine-blanking (정밀전단), shearing process (전단 공정), shearing force (전단 하중), shearing surface (전단면)

## 1. 서론

전단은 일반적으로 블랭킹(blanking), 트리밍(trimming), 피어싱(piercing) 등의 공정을 포함하며, 박판(sheet metal)의 성형 및 제조 공정에 가장 많이 사용되고 있는 중요한 공정 중의 하나이다. 산업이 발달할수록 기계 및 통신 분야를 비롯한 모든 산업에서 제품 소형화 및 정밀화 현상이 두드러지게 나타나고 있다. 이에 부응하여 정밀 부품에 대한 수요가 점점 증가하고 있는 추세이다. 또한 세계 시장에서 경쟁력을 가지기 위해서는 부품의 품질에 대한 신뢰성이 무엇보다 중요한 요소가 되고 있다. 특히 소형정밀부품 생산에 있어 전단공정에 의한 불량이나 공정에 비하여 많이 발생하고 있으며 이러한 문제를 해결하기 위하여 많은 연구가 진행되어 왔다.

정밀전단에 대한 연구는 1925년경 독일의 Fritz

Schiess에 의해 처음 시작되었으며, 정밀전단 프레스로 알려진 최초 기계는 H.Schmid에 의해 설계되었으며 1952년 처음 제품이 생산되었다<sup>1)</sup>. 그후 Chang과 Swift는 여러 산업금속재료에 대하여 전단 클리어런스와 전단날의 날카로운 정도가 전단에 미치는 영향을 실험을 통하여 검증하였으며, Johnson et al.은 블랭킹에 있어 펀치속도에 대한 변형률속도의 영향과 온도가 전단에 미치는 영향 등을 포괄적으로 연구하였으며, 동시에 피어싱에 있어서 펀치 예각과 평면 이방성이 전단에 미치는 영향을 연구하였다<sup>2)</sup>. 그 밖에 Holiga, Davies와 Dhawan, Atkin, C.M. Choy et al., Q. Zhou와 T. Wierzbicki, E. Taupin et al. 등에 의해 전단공정에 미치는 각 인자들 즉, 펀치-다이 클리어런스, 펀치속도, 전단재료의 물성치, 전단날의 날카로운 정도, 전단각 등에 대한 연구가 수행되었다<sup>3)</sup>. 최근에는 제품 소형화로 소형정밀부품의 수요가 증가함으로써 비교적 두께가 얇은 박판의 대한 정밀

가공품이 요구됨에 따라 수 mm 이하의 얇은 박판에 대한 연구가 Etienne Taupin et al.<sup>2)</sup>, W.B. Lee<sup>4)</sup>, Jochen Breitling et al.<sup>5)</sup>, D. Brokken et al.<sup>7)</sup>, Ming Li<sup>8)</sup> 등에 의해 수행되어져 왔다.

본 연구에서는 정밀 전단에 영향을 주는 각 인자들을 알아보기 위해 미세 박판 전단금형을 설계/제작하였으며, 두께 0.2, 0.3 mm의 황동 박판에 대하여 전단 클리어런스(clearance)의 변화에 따른 전단 하중의 변화와 전단면의 형상 그리고 전단 하중과 전단면 형상과의 관계에 대하여 고찰하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 전단금형의 구조

본 실험에 사용된 전단 금형의 구조는 Fig. 1과 같다. 금형의 구조는 금형 상형과 하형 모두에 홀딩패드(holding pad)를 설치하여 전단시 "part"와 "scrap"에 동일한 전단조건이 발생하도록 하였다. 전단 클리어런스 조절은 금형의 다이 부분에 블록게이지(block gauge)를 사용하여 다이날과 펀치날의 간극을 조절할 수 있도록 하였다. 클리어런스 조절은 수  $\mu$ m 단위로 조절해야 하므로 블록게이지의 조합으로 동일한 클리어런스를 유지하도록 하였다. 전단날의 경우는 마모된 날 또는 다른 형태의 전단날을 교체 가능하도록 설계하였다. 또한 전단시 금형의 측방향으로 작용하는 측력(lateral force)으로부터 금형의 변형을 최소화하기 위해 가이드 포스트(guide post)의 중심과 금형 전단날의 전단위치가 일치하도록 설계하였다. 금형의 형태는 단공정식(single action type)으로 상형 금형의 수직 하강운동으로 상형과 하형의 패드에 의해 홀딩력이 작용하고, 상형 금형의 계속적인 하강으로 전단이 이루어진다.

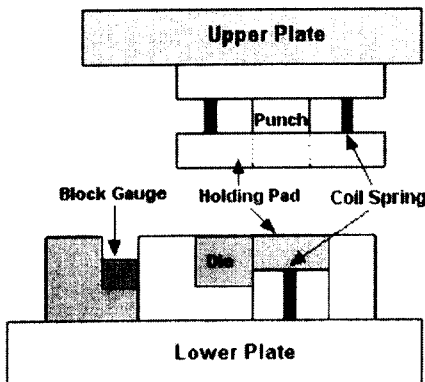


Fig. 1 Structure of shearing die

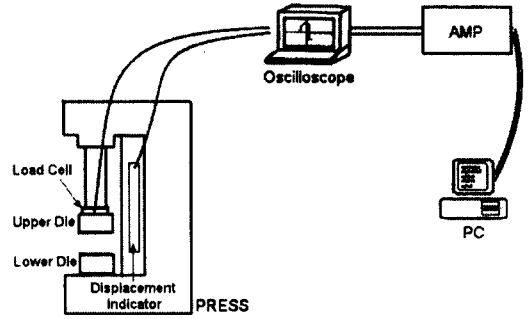


Fig. 2 Diagram for data acquisition

Table 1 Material properties of specimen

Material	Tensile Strength Ultimate (Mpa)	Modulus of Elasticity (Gpa)	Elongation (%) (break)
Brass	431	(about) 124	18.7

금형의 주재료는 SM45C이고 전단날의 경우는 SKD11을 열처리하여 사용하였다. 금형의 크기는 L500×W220×H200 mm이고 최대 전단 길이는 310 mm 이다.

소재 전단시 발생하는 전단력은 Fig. 2와 같이 상형 금형과 프레스(press)의 램(ram)사이에 장착된 로드셀(load cell)로부터 얻은 전기적인 신호를 데이터 처리기를 통하여 변환시켜 얻었다.

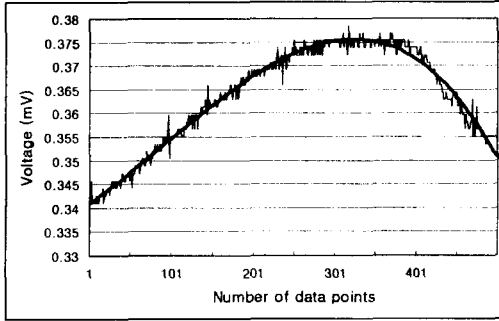
### 2.2 전단시험

박판의 전단가공시 발생하는 전단력을 측정하기 위하여 제작된 전단 금형을 10 ton 프레스에 설치하였다. 전단 실험에 사용된 소재는 두께 0.2 mm, 0.3 mm, 길이 50 mm의 황동판으로 클리어런스 22, 40, 80  $\mu$ m에서 실험하였다. 실험에 사용된 황동판의 기계적 성질은 Table 1과 같다.

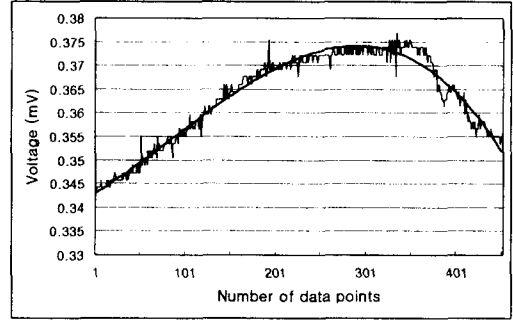
전단시 로드셀로부터 출력되는 신호는 전압의 전기적 신호이다. 따라서 이 전압 신호를 Fig. 2와 같이 오실로스코프(oscilloscope)를 사용하여 데이터로 얻었으며, 증폭 장치를 이용하여 전압을 증폭한 후 컴퓨터를 사용하여 변위에 대한 하중값으로 변환하였다. 프레스의 전단속도는 220 mm/sec 이다.

### 2.3 실험 결과 및 고찰

Fig. 3과 Fig. 4는 제작된 전단 금형에 의한 전단

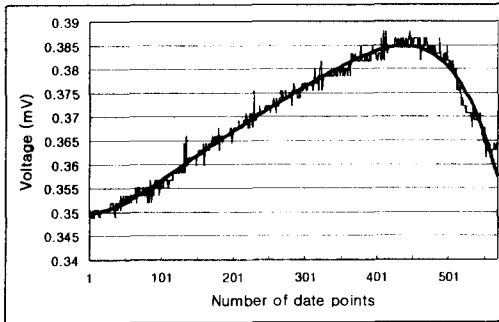


(a) clearance 22  $\mu\text{m}$  (11% of sheet thickness)

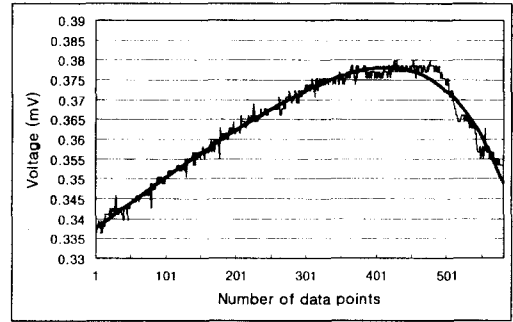


(b) clearance 40  $\mu\text{m}$  (20% of sheet thickness)

Fig. 3 Comparison of shearing force and surface by experimental test with 0.2mm thickness of brass sheets



(a) clearance 22  $\mu\text{m}$  (7.3% of sheet thickness)



(b) clearance 40  $\mu\text{m}$  (13.3% of sheet thickness)

Fig. 4 Comparison of shearing force and surface by experimental test with 0.3mm thickness of brass sheets

실험 결과이다. Fig. 3은 두께 0.2 mm 인 황동판에 대하여 클리어런스 22, 40  $\mu\text{m}$  일 때의 실험 결과이며, Fig. 4는 0.3 mm 황동판에 대하여 0.2 mm 두께의 경우와 같은 클리어런스에서 실험한 결과이다. 오실로스코프로부터 얻은 전단력은 Fig. 5와 같이 3단계로 구분되는데 "A"부분은 상형 패드와 하형 금형의 접촉에 의하여 발생한 하중을 나타내며, "B"부분은

펀치와 하형 패드의 접촉과 동시에 소재가 전단되면서 발생한 전단 하중을 나타낸다. 그리고 "C" 부분은 상형 패드와 하형 다이, 하형 패드와 펀치 사이에 작용하는 하중의 합을 나타낸다. Fig. 3.4에서 전단순간의 하중 변화를 살펴보면 전단이 발생하기 전에 하중이 서서히 증가하다 하중이 최고치에 도달했을 때 전단이 발생함과 동시에 하중이 급격히 떨어지는

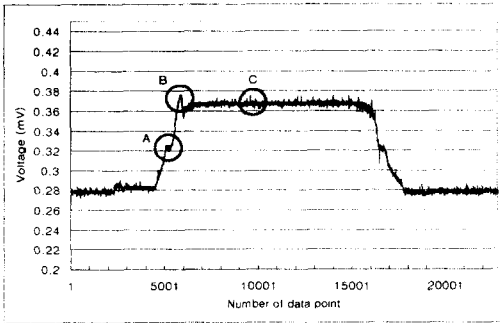


Fig. 5 Shearing force curve plotted by voltage

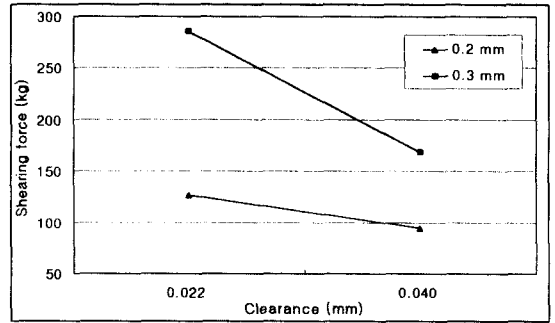


Fig. 6 Comparison of shearing force by die clearance

것을 볼 수 있다.

Fig. 6은 클리어런스 변화에 따른 전단 하중의 변화를 보여준다. 두께 0.2 mm의 경우 클리어런스 변화에 따라 전단하중이 약 32 kg의 차이가 났으며, 두께가 0.3 mm인 경우는 약 117 kg의 차이를 보였다. 따라서 두꺼운 황동판의 경우 클리어런스의 변화에 따른 전단 하중 변화가 크게 나타남을 알 수 있다.

전단면 형상은 Fig. 3,4와 같이 클리어런스가 작을수록 단면 형상이 깨끗하게 나타남을 알 수가 있다. Fig. 3의 경우 22 μm 클리어런스에서 버니싱(bermishing) 영역이 두께의 2/3 정도 나타난 것에 비하여 40 μm인 경우는 1/2 정도밖에 발생되지 않았다. 반면 Fig. 4에서는 22 μm 경우 버니싱이 거의 모든 영역에서 발생하였으며, 40 μm 경우는 두께의 2/3 정도 발생하였다.

위의 결과에서 전단면의 형상과 전단 하중 사이의 관계로부터 전단 하중을 측정함으로써 그때의 전단면 형상을 예측할 수 있다. 또한 전단면의 형상에 영향을 주는 인자로서 전단날의 날카로운 정도에 대한 연구는 계속 진행 중에 있다.

### 3 결론

본 연구에서는 두께가 0.5 mm 이하의 박판에 대한 전단 실험을 수행하기 위해 전단 금형을 자체 설계/제작하였으며, 전단 시험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 전단 클리어런스가 작아지면 버니싱 영역이 증가하여 보다 깨끗한 전단면을 얻을 수 있다.

둘째, 보다 두꺼운 소재일수록 전단 클리어런스의 변화에 따른 전단 하중의 변화가 크게 나타남을 알 수 있었다.

셋째, 전단 하중과 전단 클리어런스의 상관 관계를 통하여 전단 하중을 측정함으로써 전단면의 형상을 예측할 수 있었다.

### 참고문헌

1. T. C. Lee, L. C. Chan, P. F. Zheng, "Application of the finite-element deformation method in the fine blanking process", *Journal of Materials Processing Technology* 63, pp 744-749, 1997
2. Etienne Taupin, Jochen Breitling, Wei-Tsu Wu and Taylan Altan, "Material fracture and burr formation in blanking results of FEM simulations and comparison with experiments", *Journal of Materials Processing Technology* 59, pp 68-78, 1996
3. Dae-Cheol Ko, Byung-Min Kim and Jae-Chan Choi, "Finite-element simulation of the shear process using the element-kill method", *Journal of Materials Processing Technology* 72, pp 129-140, 1997
4. W.B. Lee, C.F. Cheung, L.K. Chan, W.M. Chiu, "An investigation of process parameters in the dam-bar cutting of integrated circuit packages", *Journal of Materials Processing Technology* 66, pp 63-72, 1997
5. Jochen Breitling, Bernd Pfeiffer, Taylan Altan and Klaus Siegert, "Process control in blanking", *Journal of Materials Processing Technology* 71, pp 187-192, 1997
6. M. Samuel, "FEM simulations and experimental analysis of parameters of influence in the blanking process", *Journal of Materials Processing Technology* 84, pp 97-106, 1998
7. Y.W. Stegeman, A.M. Goijaerts, D. Brokken, W.A.M. Brekelmans, L.E. Govaert, F.P.T. Baaijens, "An experimental and numerical study of a planer blanking process", *Journal of Materials Processing Technology* 87, pp 266-276, 1999
8. Ming. Li, "An experimental investigation on cut surface and burr in trimming aluminum automotive sheet", *International Journal of Mechanical Science* 42, pp 889-906, 2000