

미세박판 전단시의 버 발생 인자에 관한 연구

김현영* · 김병희* · 신용승** · 오수익***

Parameter Investigation of Burr Formation on Sheet Metal Shearing Process

H. Y. Kim, B. H. Kim, Y. S. Shin and S. I. Oh

Abstract

Shearing, including blanking, trimming, piercing, etc, is one of the most frequently used processes in sheet metal manufacturing. In this paper, an individual set of tooling with an in-die sensor was designed and precisely fabricated to carry out the experiment for the shearing process investigation. Through various experiments, it has been examined the influence of process parameters such as clearance, edge material properties and pad configuration. Since the tension between the part and the scrap increases when the clearance increases, the clearance should be selected properly in order to reduce the burr height. Also removal of the lower pad makes the sheared surface worse and the shearing system unstable. The shearing force increases when the clearance decreases and the friction of the tooling material decreases. Dynamic reaction force is also important to obtain the fine sheared surfaces.

Key Words : Shearing Process, Shearing Force, Shearing Surface, Burr, Milli-Structure.

1. 서 론

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. 소형정밀 부품 생산에 있어 전단공정에 의한 불량률이나 공정에 비하여 많이 발생하고 있으며 이러한 문제를 해결하기 위

하여 많은 연구가 진행되어 왔다.

정밀전단에 대한 연구는 독일의 Fritz Schiess에 의해 처음 시작되었으며 현재까지 다양한 형태의 연구결과가 발표되어 왔다⁽¹⁾. Chang과 Swift는 전단 클리어런스와 전단날의 날카로운 정도가 전단에 미치는 영향을 밝혔으며, Johnson et al.은 블랭킹에 있어 펀치속도에 대한 변형률 속도의 영향과 온도가 전단에 미치는 영향 등을 포괄적으로 연구하였다⁽²⁾. 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,

* 강원대학교 기계·메카트로닉스공학부

** 강원대학교 기계·메카트로닉스공학부 대학원

*** 서울대학교

펀치-다이 클리어런스, 펀치속도, 전단재료의 물성치, 전단날의 날카로운 정도, 전단각 등에 대한 연구가 수행되었다⁽⁴⁾. 최근에는 제품 소형화와 정보기기의 발전으로 TFT-LCD 구조물, 반도체 리드 프레임, 컨넥터 등 비교적 두께가 얇은 박판에 대한 정밀 전단이 요구됨에 따라 마이크로 단위의 얇은 박판에 대한 연구가 Etienne Taupin et al.⁽²⁾, W.B. Lee⁽⁴⁾, Jochen Breitting et al.⁽⁵⁾, D. Brokken et al.⁽⁷⁾, Ming Li⁽⁸⁾ 등에 의해 수행되어져 왔다.

본 연구에서는 TFT-LCD 반사박판(reflector)의 정밀 전단에 영향을 주는 각 인자들을 알아보기 위해 미세 박판 전단금형을 설계/제작하였으며, 두께 0.2, 0.3, 0.5 mm의 황동 박판의 전단 시 전단 금형 재료의 변경, 전단 클리어런스의 변화, 하부 패드(압력 쿠션)의 유무 등에 따른 버의 생성 특성, 전단 하중, 전단면의 형상 변화 등에 관하여 실험 및 해석을 통해 고찰하였다.

2. 정밀 전단 시스템 및 실험 조건

본 실험에 사용된 전단 금형의 구조 및 전단력 측정 시스템은 Fig. 1과 같다. 금형의 구조는 금형 상형과 하형 모두에 홀딩 패드를 설치하여 전단 시 "part"와 "scrap"에 동일한 전단조건이 발생하도록 하였으며 블록 게이지를 사용하여 다이와 펀치의 간극을 μm 단위로 조절할 수 있도록 하였다. 전단날의 경우는 마모된 날 또는 다른 형태의 전단날을 교체 가능하도록 설계하였으며 축력에 의한 영향을 최소화하기 위해 가이드 포스트의 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. 금형의 주재료는 SM45C이고 전단날의 경우는 SKD11과 초경을 사용하였다. 금형의 크기는 $1500 \times W220 \times H200$ mm이고 최대 전단 길이는 310 mm이다. 또한 전단력은 상형 금형과 프레스의 램(ram)사이에서 장착된 로드셀(load cell)로부터 얻은 전기적인 신호를 데이터 처리기를 통하여 변환시켜 얻었으며 전단부품의 측정은 광학현미경 상에서 측정하였다.

실험에 사용된 재료는 황동 박판(UTS : 431MPa)으로 실험조건은 Table 1과 같다.

3. 실험 및 고찰

3.1 전단조건 변화에 따른 버 형성 및 전단면 특성

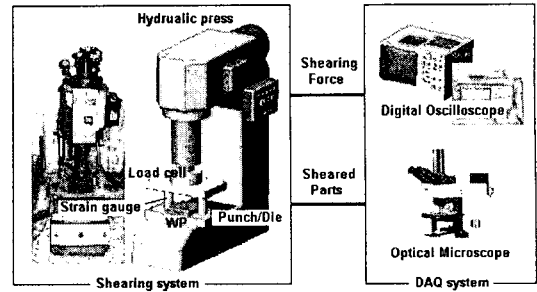


Fig. 1 Shearing system and measuring system

Table 1 Shearing conditions

Edge Materials	Thickness (mm)	Clearance (μm)	Lower Pad
SKD11	0.2	10	with
WC	0.3	30	without
	0.5	60	

Fig. 2는 펀치 및 다이의 날끝 재료와 전단 클리어런스, 박판의 두께 변화 등에 따라 블랭킹된 부품의 전단면을 광학현미경으로 촬영한 결과이다. 전단면은 롤 오버부, 버니싱부, 파단부 및 버 형성부로 구분됨을 알 수 있으며 클리어런스와 박판두께의 비가 작을수록 버의 크기와 롤 오버가 감소되고 버니싱 부의 크기가 증가하여 버 없는 정밀 블랭킹(fine-blanking)에 근접함을 알 수 있다.

보다 정확한 특성 관찰을 위하여 발생된 버의 크기를 대략적인 수치로 나타낸 것이 Fig. 3이다. Fig. 3(a)는 부품의 버의 높이이며 Fig. 3(b)는 버려질 스크랩의 버의 높이를 나타낸다. 스크랩은 블랭킹의 경우에는 버려지지만 펀칭이나 피어싱의 경우에는 스크랩 쪽이 부품이 된다. 그림으로부터 알 수 있듯이 클리어런스가 $10 \mu\text{m}$ 인 경우에는 거의 버가 발생하지 않고 있으나 $60 \mu\text{m}$ 의 경우에는 $100 \mu\text{m}$ 에 근접한 버가 형성됨을 볼 수가 있다. 한편 초경날을 사용한 경우 $30 \mu\text{m}$ 까지는 박판의 두께와 상관없이 버가 거의 발생하지 않았으나 SKD11의 경우에는 클리어런스 증가에 따라 버의 급속한 증가를 보이고 있다. 이는 초경이 SKD11보다 상대적으로 작은 날끝 반경으로 가지며 마모가 작아 전단성이 양호하며 마찰도 적기 때문으로 판단된다.

한편 스크랩의 경우 전반적으로 양호한 버의 크기를 나타내고 있으나 Ming⁽⁸⁾의 연구결과와 마찬가지로 클리어런스를 매우 작게 줄더라도 어느 정도의 버의 발생은 막을 수가 없음을 알 수 있다.

Fig. 4는 하부 패드를 제거했을 경우의 버의 형성 특성을 보여주고 있다. 박판의 두께는 0.2t이며 왼쪽부터 클리어런스가 각각 10, 30, 60 μm 이다. 부품의 경우에는 인장력의 증가로 인해 돌기 모양의 버가 수평방향으로 생성되며 스크랩의 경우에는 100 μm 이상의 과도한 버

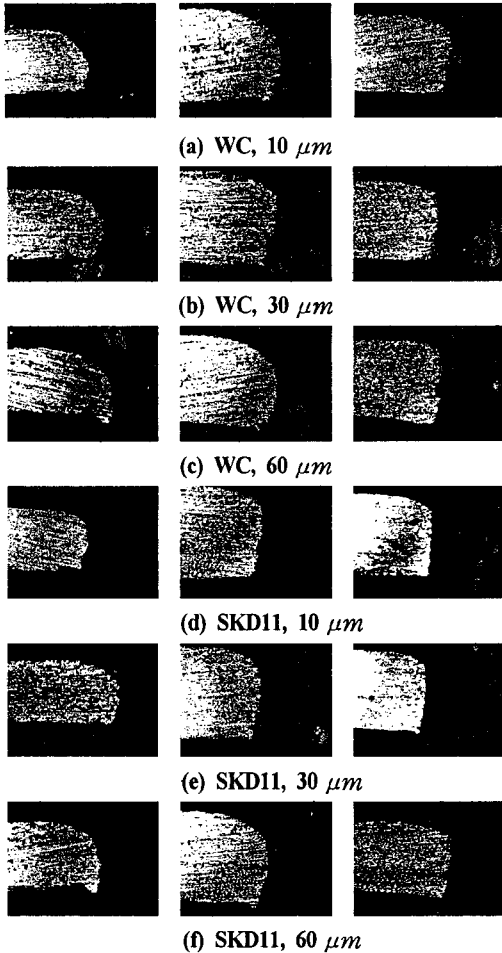


Fig. 2 Photographs of sheared sheet metals with respect to clearance, thickness and tool edge material(left: 0.2t; center: 0.3t; right : 0.5t respectively; with lower pad)

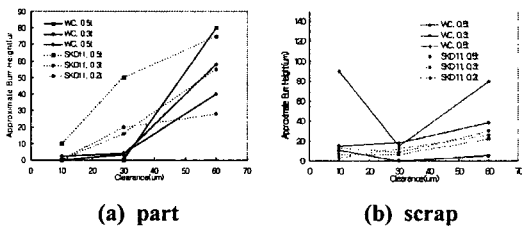


Fig. 3 Approximative burr height with respect to clearance, thickness and tool edge material

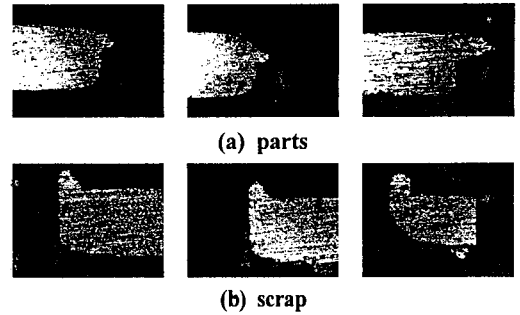


Fig. 4 Burrs result form pad omission

가 발생하고 있다. 이는 클리어런스가 커질수록, 박판의 두께가 얇을 수록 심해지나 박판의 두께가 증가하면 상대적으로 감소하는 경향이 있다.

3.2 전단조건의 변화에 전단력 특성

Fig. 5는 펀치 및 다이의 날끝 재료와 전단 클리어런스의 변화에 따라 측정된 전단력을 나타내고 있다. 클리어런스가 증가함에 따라 전단력은 전반적으로 감소하는 경향을 보이며 미소한 클리어런스의 경우 초경쪽이 SKD11에 비하여 상대적으로 작은 전단력을 나타내고 있다. 이는 버의 경우와 마찬가지로 초경이 전단성이 양호하며 마찰계수도 상대적으로 작기 때문이다.

한편 클리어런스가 30 μm 인 경우가 60 μm 인 경우보다 작은 전단력을 나타내는 경향을 보이고 있는 것은 마찰이나 동적인 불안정으로부터 기인한 오차로 추정된다. 이에 대한 보완으로 본 연구진은 후속 연구로 펀치의 동적거동을 감시하는 센서를 장착하여 전단과정에서의 펀치의 실제 거동을 감시할 예정이다.

Fig. 6은 하부 패드의 유무에 따른 시스템의 동적거동을 나타내고 있다. Fig. 6(a)에서 보는 바와 같이 패드가 없는 경우에는 판재의 파단 이후 발생하는 관성에 의한

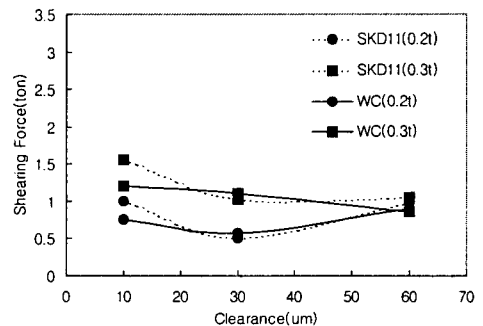


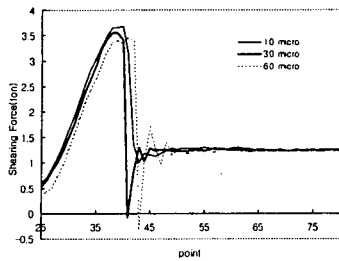
Fig. 5 Shearing forces with respect to clearance and edge material

후 기

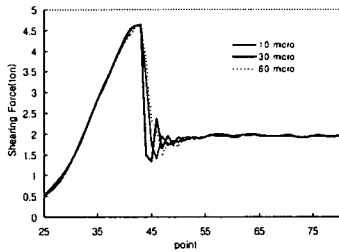
본 연구는 산업자원부가 지원하고 있는 차세대신기술 개발사업 중, 한국생산기술연구원이 주관하고 있는 Milli-Structure 생산기술개발 사업의 세부과제로서 수행중이며, 이에 관계자 여러분들께 감사 말씀을 올립니다.

참 고 문 헌

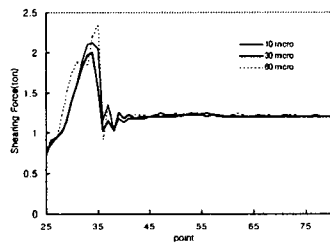
- (1) T. C. Lee, L. C. Chan, P. F. Zheng, 1997, "Application of the finite-element deformation method in the fine blanking process", *Journal of Materials Processing Technology* 63, pp. 744~749.
- (2) Etienne Taupin, Jochen Breitling, Wei-Tsu Wu and Taylan Altan, 1996, "Material fracture and burr formation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



(a) without pad(0.5t)



(b) with pad(0.5t)



(c) without pad(0.2t)

Fig. 6 Dynamic characteristics according to lower pad

반발력이 크게 나타나며 이는 판재가 두꺼울수록 증가하는 특성이 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 미세 박판에 대한 전단 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 버를 최소화하기 위해서는 소재 두께의 10% 이하의 클리어런스를 가져는 것이 바람직하며 날끝반경이 작고 전단날의 마찰이 작을수록 버의 생성은 억제된다.
- (2) 적절한 압력의 하부 패드를 설치하면 전단면 형상이 안정되고 동적 불안정을 어느 정도 막을 수 있다.
- (3) 클리어런스가 작아지면 전단력이 감소하며 초경의 경우가 SKD11에 비하여 미세전단에 유리하다.
- (4) 보다 정확한 전단력과 버의 거동을 측정하기 위해서는 복합센서와 화상처리기법을 도입할 필요가 있다.