

Al합금의 전단시 버어에 관한 연구

고대림*, 전치용(울산대 대학원 기계자동차공학부), 김진무(울산대 기계자동차공학부),
안흥천(현대자동차(주))

A Study on the Burr Formation in Shearing with Al Alloy

D. L. Ko, C. Y. Jeon(School of Mech.& Auto. Eng., USU), J. M. Kim(School of Mech.& Auto. Eng., USU),
H. C. Ahn(Hyundai-Motor Company)

ABSTRACT

Shearing including punching, blanking, trimming, slitting, etc is one of the most frequently used processes in sheet metal manufacturing. It has been widely used for manufacturing autobody, electronic components, aircraftbody, etc. In this paper, it has been researched by the experiment to examine the effect of burr height corresponding to die clearance, cutting angle, tool sharpness, etc. This paper presents the experimental results with using Al alloy sheet.

Key Words : Al alloy(알루미늄 합금), Burr(버어), Clearance(클리어런스), Cutting angle(전단날의 각도), Tool sharpness(전단금형의 어깨반경), Cut surface(절단면)

1. 서론

전단가공법에는 일반적으로 펀칭(punching), 블랭킹(blanking), 트리밍(trimming), 슬리팅(slitting) 등이 있으며, 전단가공은 판재의 성형 및 제조에 가장 많이 사용되고 있는 가공법중의 하나이다. 전단가공은 자동차 차체, 가전제품의 부품, 항공기동체 등의 생산에 널리 사용되고 있다. 그러나 전단을 할 때 발생하는 버어와 거친 절단면은 요구되는 제품의 특성에 따라 조립, 형상정밀도에 영향을 미친다. 자동차산업의 경우 트리밍 공정에서 형성된 심한 버어는 종종 아래 공정에서 성형된 부품의 표면에 손상을 입히고, 부품을 결합할 때 용접작업에도 영향을 주며, 전단된 부품을 다루는 과정에서 안전상의 위험을 일으키기도 한다.

전단공정에 있어 버어 발생과 전단면 형상에 영향을 주는 인자로는 펀치와 다이의 클리어런스(clearance), 펀칭속도, 전단소재의 재료 물성치, 전단날의 마모 정도, 전단날의 전단각, 전단시 상/하 홀더(holder)의 유무 등이 있으며, 이에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다.

Chang과 Swift는 처음으로 클리어런스와 날 끝의 예리함이 전단에 미치는 영향을 연구하였고, E. Taupin⁽¹⁾ 등은 블랭킹에서 버어의 형성에 관하여 연구하였다. J.C.Choi⁽²⁾ 등은 요소소거법을 사용하여 전단가공을 유

한요소 법으로 해석하였으며, Ming Li⁽³⁾⁽⁴⁾ 등은 트리밍에서 절단면의 형상과 버어의 형성에 관하여 연구한 바 있다.

본 연구에서는 현재 자동차의 경량화를 위해 차체성형에 부분적으로 사용하고 있는 Al합금 판재에 대해서 전단날의 각도와 클리어런스, 그리고 전단금형의 마모량에 따른 버어의 발생에 관하여 실험을 통해서 자료를 얻고, 그 결과를 생산현장에 필요한 자료로 제시하고자 한다.

2. 실험 장치 및 실험 방법

2.1 실험 장치

전단실험을 위한 금형은 자체 제작을 하였으며 실험장치는 Fig. 1과 같다.

금형은 다이부의 전후의 이동으로 전단 클리어런스의 조절이 가능하고 다이의 전단날을 변환하여 전단각도의 조절이 가능하도록 제작되었다. 그리고 홀더는 다이부에만 설치를 하였고 전단금형의 다이부의 각도 변화에 따라서 접촉에 의해 조절되도록 하였고 펀치부에 스프링으로 고정되도록 하였다. 전단시 펀치부가 뒤로 밀리는 것을 방지하기 위해 heel을 설치하였다.

미소 클리어런스의 정도를 높이기 위해 펀치부와 다이부가 일체형으로 제작을 하였으며 이것을 250톤 프레스에 장착하였다. 전단 하중은 20kgf/mm^2 이고 펀치의 속도는 5mm/s 이며 클리어런스의 조절은 블록 게이지를 이용하여 측정하였다.

전단 금형에 사용된 재질은 HK600(Table 1)이며 표면은 고주파 열처리 후 연삭을 하였다. 다이부의 전단날은 0, 5, 10 및 15도로 제작을 하였으며(Fig. 2) 교체가 가능하도록 하였고 펀치부의 전단날은 0도로 제작하였다. 그리고 전단날의 edge부의 어깨반경, $r_d=rp=0, 0.1$ 및 0.2mm 를 사용하였다.

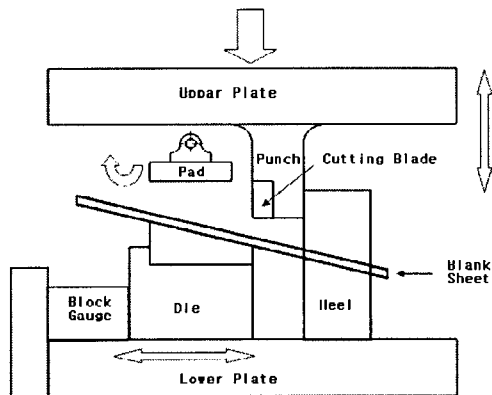


Fig. 1 Structure of shearing die

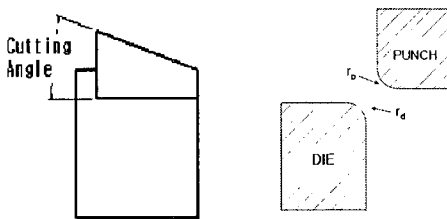


Fig. 2 Cutting parameters evaluated in the experiments

2.2 실험 방법

연구에서 전단공정 인자는 클리어런스와 전단날의 각도 및 전단날의 edge부의 어깨반경을 선정하였다. 클리어런스는 예비 실험과 현장에서 주로 사용되는 판재 두께의 10-15%를 고려하여 5, 10, 15 및 20% 등의 4 단계로 하였다.

전단 실험에 사용된 판재는 두께가 1.2mm 인 Al 합금 판재를 사용하였으며 사용된 판재의 물성치(Table 2) 및 화학적 성분(Table 3)은 아래와 같다.

시편은 크기는 $40\text{mm} \times 100\text{mm}$ 이며 정확한 전단면을 파악하기 위해 시편의 양쪽 면을 밀링으로 절삭을 하

였고 판재의 전단면은 광학 현미경을 이용하여 측정을 하였다.

전단 금형의 전단날의 각도는 현장에서 금형설계 시 나타나는 특정 각도를 고려하여 0, 5, 10, 15도 등 4단계를 각각 적용하였으며, 전단날의 마모량에 따른 버어의 발생량을 조사하기 위해 전단날의 edge부의 어깨반경을 0, 0.1 및 0.2mm 로 실험을 하였고, 실험은 각 조건 당 3회 이상의 실험을 하였다.

실험은 전단날의 각도를 고정하고 클리어런스에 대해 실험을 하고 다시 전단날의 어깨반경을 변경하는 방법으로 실험을 하였다.

Table 1 The chemical composition of HK600 (wt%)

C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr
0.5-0.8	0.8-1.2	0.9-1.3	0.05 ↓	0.05 ↓	0.2-0.5	1.0-1.5

Table 2 Mechanical properties of specimen

Material	Yield strength (Mpa)	Tensile strength (Mpa)	Elongation (%)
Al Alloy	158.8	289.3	30.8

Table 3 The chemical composition of Al alloy (wt%)

Al	Si	Mg	Mn	Cr
98.28	1.09	0.53	0.07	0.02

3. 실험 결과 및 고찰

Fig.3은 Al 합금 판재의 전단날의 각도와 클리어런스의 변화에 따른 버어의 발생 높이를 나타낸 것이다. 전단날의 각도가 0도인 경우 버어의 높이는 클리어런스가 10%를 전후로 하여 증가 후 감소하는 경향을 보이거나 버어의 두께는 계속 증가하는 경향을 보인다. 또한 클리어런스가 5, 10%에서 버어의 발생 경향을 살펴보면 전단면 전체에서 버어가 발생하는 것이 아니고 부분적으로 버어가 발생하며 클리어런스가 10%일 때가 5%일 때 보다 버어의 발생이 많음을 알 수 있었다.

Fig. 4에서 보면 클리어런스 5%에서 전단날의 각도가 5도에서는 버어의 발생량이 0도에서와 거의 같았으나 클리어런스가 5%에서부터 전단면 전체에 버어가 발생하였다. 그리고 전단날의 각도가 0도, 5도에서는 클리어런스가 15%까지는 톱니처럼 매우 불규칙적인 버어가 발생하였다.

전단날의 각도가 10도에서는 클리어런스가 10%를 기준으로 버어의 발생량이 증가 후 감소하는 경향을 보이거나 클리어런스가 5%에서는 전단날의 각도가 0도, 5도에서 보다 버어의 발생량이 급격히 감소함을 보이며 버어의 발생 경향이 규칙적이다. 클리어런스가 10%이상에서는 버어의 발생 경향이 매우

불규칙적으로 나타났다.

전단날의 각도가 15도에서는 클리어런스가 15%를 기준으로 버어의 발생량이 증가 후 감소하는 경향이 나타나며, 전반적으로 다른 각도에 비해 버어의 발생량이 적게 나타남을 알 수 있었고, 클리어런스가 10%까지는 절단면 전체에 버어의 발생이 규칙적으로 나타나며 클리어런스가 15%이상에서는 절단면의 형상이 매우 불규칙적으로 나타났다(Fig. 8).

Fig. 5는 전단날 edge부의 어깨 반경이 $r_p=r_d=0.1\text{mm}$ 에서 버어의 발생량을 나타낸 것으로 $r_p=r_d=0.1\text{mm}$ 에서는 $r_p=r_d=0\text{mm}$ 와 다르게 클리어런스가 증가하면 버어의 높이도 계속 증가하는 경향을 보였으며, 특히 전단날의 각도가 10도, 클리어런스가 5%에서 버어의 높이가 $r_p=r_d=0\text{mm}$ 에서 보다 급격하게 증가함을 알 수 있었다. Fig. 6에서 보면 전단날의 각도가 0도에서 클리어런스 5%를 제외한 구간에서 버어의 높이가 거의 유사하게 나왔다.

Fig.7는 $r_p=r_d=0.2\text{mm}$ 에서의 버어의 발생량을 나타낸 것으로 클리어런스에 큰 영향을 받지 않고 버어의 발생량 및 발생 경향이 유사하게 나타남을 알 수 있었다. 특히 전단날의 각도가 15도, 클리어런스가 5%에서 버어의 발생량이 $r_p=r_d=0.1\text{mm}$ 에서 보다 급격하게 증가함을 알 수 있었다.

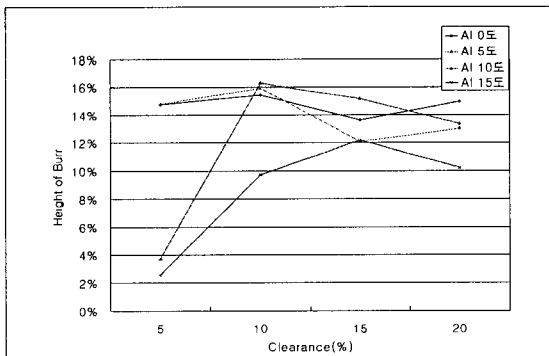


Fig. 3 Burr height with respect to clearance

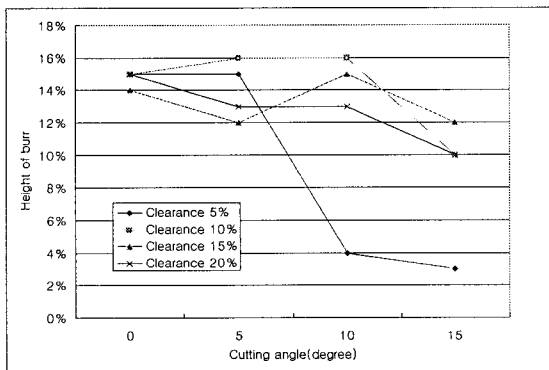


Fig. 4 Burr height with respect to cutting angle

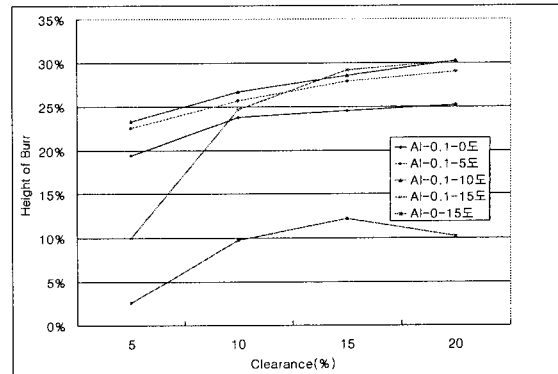


Fig. 5 Burr height with respect to clearance, and tool sharpness($r_p=r_d=0.1$)

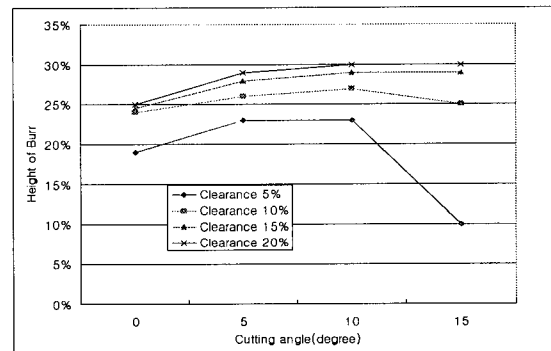


Fig. 6 Burr height with respect to cutting angle and tool sharpness($r_p=r_d=0.1$)

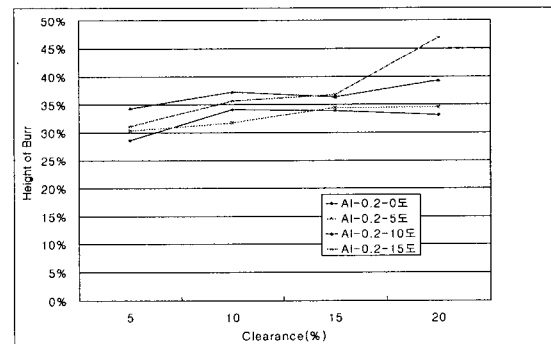


Fig. 7 Burr height with respect to clearance, cutting angle and tool sharpness($r_p=r_d=0.2$)



(a) Clearance 5%



(b) Clearance 15%

Fig. 8 Photographs of cut surface for cutting angle 15°($r_p=r_d=0\text{mm}$)

4. 결론

본 연구에서는 현재 자동차 차체성형에 주로 사용하고 있는 AI합금 판재에 대해 클리어런스, 전단날의 각도 및 전단날 edge부의 어깨 반경에 따른 버어의 발생에 미치는 영향을 알아보기 위해 전단 실험을 수행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 클리어런스가 증가하면 버어의 높이는 증가 후 감소 하는 경향을 보였다.

(2) 전단날의 각도가 증가하면 동일 클리어런스에서 버어의 높이는 감소함을 알 수 있었다.

(3) 특정 클리어런스에서는 절단면의 형상이 매우 불규칙적으로 나타남을 알 수 있었다.

(4) 전단날 edge부의 어깨반경이 $rp=rd=0.1mm$ 에서는 클리어런스가 증가하면 버어의 높이도 증가함을 보이고 $rp=rd=0.2mm$ 에서는 클리어런스가 무관하게 버어의 높이가 거의 동일하게 나타남을 알 수 있었다.

후기

본 연구는 울산대학교 기계기술연구소와 현대자동차 주식회사의 산학협동과제로 수행하였으며 이에 관계자 여러분께 감사를 드립니다.

참고문헌

1. E. Taupin, J. Breiting, W. T. Wu and T. Altan, "Material fracture and burr formation in blanking results of FE simulations and comparison with experiments", *Journal of Materials Processing Technology* 59, pp.66~78, 1966.
2. D. C. KO, B. M. Kim, J. C. Choi, "Finite-element simulation of the shear process using the element-kill method", *Journal of Materials Processing Technology* 72, pp.129~140, 1997.
3. Ming Li, "An Experimental Investigation on Cut Surface and Burr in Trimming Aluminum Autobody Sheet", *International Journal of Mechanical Sciences* 42, pp.889~906, 2000.
4. Ming Li, "Micro mechanism of Deformation and Fracture in Shearing Aluminum Alloy Sheet", *International Journal of Mechanical Sciences* 42, pp.907~923, 2000.
5. 신용승, 김병희, 김현영, 오수익, "박판 전단시의 버어 형성에 관한 연구", *한국정밀공학회지* 제19권 제9호, pp.166~171, 1997.
6. T. Ozaki, T. Takemasu, "せん断加工現象の理論的

實驗的解析", *塑性と加工(日本塑性と加工學會誌)*, 第35巻, 第396号, 1994.

7. I. Aoki, "薄板のかえりなしせん断加工", *塑性と加工(日本塑性と加工學會誌)*, 第35巻, 第396号, 1994.

8. kazuaki Iwata, Kanji Ueda, Yasuyuki Yamada, "Study of shearing Mechanism Based on Direct SEM Observation", *塑性と加工(日本塑性と加工學會誌)*, 第20巻, 第220号, 1975.