

Burr 없는 전단을 위한 전단기구 개발

강대철*, 전병희**, 이원평**

Development of Shearing Mechanism for Without Burr

DaeCheol Kang*, ByungHee Jeon**, WonPyung Lee**

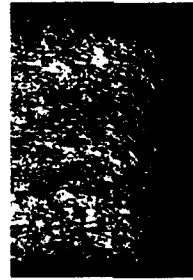
* Graduate School, Kangwon National University

** Induk Institute of Technology

ABSTRACT

Recently, Tailor Welded Blanks(TWB) is widely used in automotive industry since the transformation characteristic of its material can be changed. However, clearance between welding surface becomes the important factor which affect the quality of the laser weld, causing difficulties in preparing the sheet. The objective of this paper is to systematically evaluate the effects of previously presented fracture criterion and shearing condition on precise mechanical shearing simulation result. Also predict the optimum shearing condition, effect of shearing condition such as clearance and punch radius on the shear plane shape was evaluated.

저하와 단가의 상승을 초래하여 정밀 전단기의 개발이 요구되고 있다.



(a) Bad shape

(b) Good shape

Fig. 1 Shape of shearing

1. 서론

최근 성형분야에 있어서 용접판재를 이용한 박판성형이 각광을 받기 시작하였다. 용접판재는 사전에 전단가공되어진 판재들을 원하는 목적에 따라 배치한 후 용접하여 사용되어진다. 이때 전단면의 품질에 따라 용접성이 좌우되는데 이는 매우 중요한 인자이다. 일반적인 자동차용 강판의 경우 코일재로된 강판을 절단하여 사용하는데, 레이저를 이용한 용접 판재의 경우 정확한 단면의 확보가 필수적이다. 이러한 정밀 전단면을 확보하기 위해서 레이저 절단을 하거나 전단 후 밀링가공을 한다. 하지만 이 방법들은 생산성

전단에 관한 연구를 살펴보면 前田禎三⁽¹⁾은 1950년 전단 가공에서 나타나는 현상을 규명하기 위해 펀치의 시어각과 블랭킹시 틈새의 영향, 펀치 속도에 따른 제품의 정밀도등 광범위한 기초 조사를 하였다. 또한 1968년 Maeda⁽²⁾등은 블랭크의 지지력, 누름판의 돌기부 형상등에 대한 영향을 평가하였다. 1998년 안기순⁽³⁾등은 정밀전단 기구에 관한 폭넓은 실험을 하였다. 그리고 유한요소법을 이용한 연구로는 1992년 유요한⁽⁴⁾등은 단열 전단밴드의 발생 및 성장에 대한 특성 규명을 외연적 유한요소법을 적용하여 해석하였고, 1995년 정성훈⁽⁵⁾등은 강소성 유한요소법을 적용하여 전단과정의 수치 모사 가능성을 평가하였다.

본 연구의 목적은 정밀 전단 공정의 해석을

위한 파단 기준 설정의 기초연구와 전단기 간극에 따른 전단면의 상태를 유한요소해석을 이용하여 평가 하는 것이다.

2. 해석 모델

전단가공은 현재 가장 많이 행해지는 가공중에 하나이다. 다이와 펀치를 이용하여 판재를 절단하는 전단가공은 일반적으로 재료 두께의 30~50% 가량이 전단면이다. 하지만 TWB에 이용하기 위해서는 전단면이 약 70%가량 되어야 한다.⁽³⁾ 따라서 기존의 방법과는 다른 전단 방법이 도입되어야 한다. Fig. 2 는 전단면을 나타내고 있다.

Fig. 2에서 1 부위는 처짐(rollover)영역으로 공구가 재료를 관통할 때 재료가 당겨져서 늘어진 부분이다. 2 부위는 전단면(burnish) 영역으로 소성유동에 의해 생성된 영역이다. 3 부위는 파단면(fracture) 으로 전단변형후 균열에 의해서 파단이 일어난 부분이다. 4 부위는 뒤말림(burr) 영역으로 파단면에 연이어 나타나는 부분으로 없는편이 바람직하다.

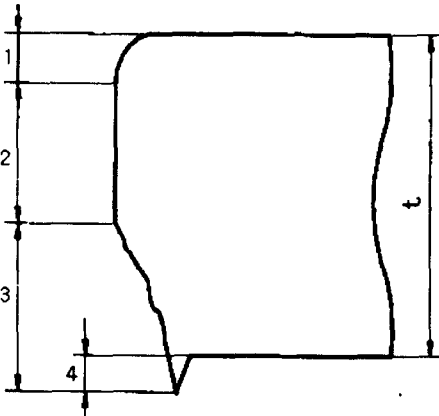


Fig. 2 Shear shape

Fig. 3은 해석에 사용된 전단 기구의 형상을 나타낸 것이다. 펀치부의 곡률은 0.01 mm 이고, 다이 간극은 0.01, 0.03, 0.05 의 3가지를 이용하였다. Fig. 2에서 1 은 펀치 stroke 이다. 전단 해석을 위해 사용된 소재의 두께는 1mm 이며 소재

의 종류는 SPCCN 이다. 물성치는 Table. 1 에 나타내었다. 소재의 가공 경화식은 $\sigma = K(\epsilon)^n$ 으로 나타냈다.

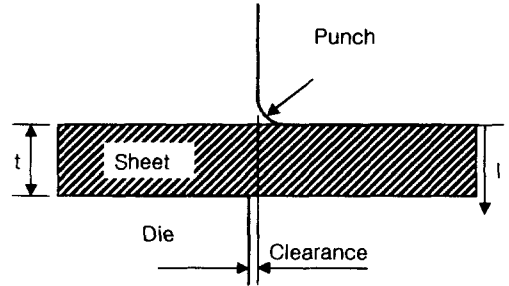


Fig. 3 Schematic illustration of analysis model

Table 1 Material Properties of SPCCN

구분	물성치
Young's modulus (Gpa)	162.621
Poisson's ratio	0.29
Yield stress (Mpa)	147
K	490
n	0.203

3. 유한요소해석

유한요소 해석을 하기 위해 Fig. 4와 같은 모델을 이용 하였다. 2D 해석을 하여 파단 기준을 평가한다. 파단 기준은 소성 변형률⁽⁶⁾을 기준으로 하고 각각 1.5, 2.0, 2.5 의 3가지 경우에 대해서 해석을 수행한다. 해석은 외연적 범용유한요소해석 프로그램인 LS-DYNA 3D를 사용하였고, 해석 기법은 소성변형률이 위의 3가지 기준에 도달했을 때 요소를 제거(element elimination)하는 기법을 이용하였다.

또한 유한요소의 크기가 전단면에 미치는 영향을 알아보기 위해 요소의 크기를 100 μm, 50 μm, 10 μm으로 구성하여 해석하였다. 이때의 파단 기준은 소성 변형률 2.0 이고, 다이 간극은 0.03 mm 이다. 해석결과를 살펴보면 요소의 크기가 50 μm 이상일 경우 정확한 전단면을 보여주지 못했다. 따라서 정확한 전단면을 표현하기 위해

서 $10\mu\text{m}$ 의 요소 크기를 사용하였다.

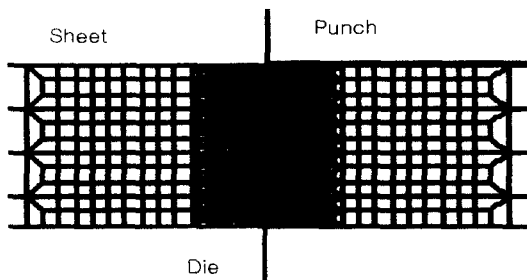


Fig. 4 FE model



(a) $100\mu\text{m}$ (b) $50\mu\text{m}$ (c) $10\mu\text{m}$

Fig. 5 Effects of various element size

3.1 다이 간극과 파단 기준의 영향 평가

유한요소법을 이용하여 전단을 모사할 때 파단의 기준이 필요하다. 본 연구에서는 파단의 기준으로 소성 변형률을 변화시키면서 이때의 영향을 알아보았다. 또한 각 과정에서의 간극에 따른 해석을 함께 수행하였다. Table 2에 해석 조건을 나타내었다.

Table 2 Simulation conditions

Clearance (mm)	Plastic strain	Punch radius (mm)
0.01	1.5	0.01
	2.0	
	2.5	
0.03	1.5	
	2.0	
	2.5	
0.05	1.5	
	2.0	
	2.5	



(a) Before fracture (b) After fracture

Fig. 6 Plastic strain 1.5 (clearance 0.01mm)



(a) Before fracture (b) After fracture

Fig. 7 Plastic strain 2.0 (clearance 0.01mm)



(a) Before fracture (b) After fracture

Fig. 8 Plastic strain 2.5 (clearance 0.01mm)



(a) Before fracture (b) After fracture

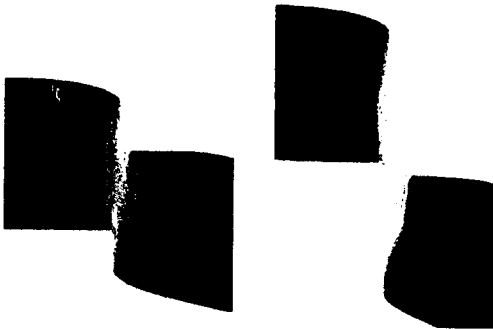
Fig. 9 Plastic strain 1.5 (clearance 0.03mm)



(a) Before fracture (b) After fracture
Fig. 10 Plastic strain 2.0 (clearance 0.03mm)



(a) Before fracture (b) After fracture
Fig. 13 Plastic strain 2.0 (clearance 0.05mm)



(a) Before fracture (b) After fracture
Fig. 11 Plastic strain 2.5 (clearance 0.03mm)



(a) Before fracture (b) After fracture
Fig. 14 Plastic strain 2.5 (clearance 0.05mm)



(a) Before fracture (b) After fracture
Fig. 12 Plastic strain 1.5 (clearance 0.05mm)

Fig. 6부터 Fig. 14 는 완전전단이 발생하는 과정을 나타낸다. 완전전단이 발생했을 때의 펀치 이동거리(l/t) 각각의 소성 변형률에 대해 Fig. 15 와 같이 나타내었다. 그림에서 나타낸바와 같이 소성변형률이 1.5일 경우 다이간극 0.03mm 와 0.05mm 는 펀치 이동거리가 약 0.4 인 경우에 완전 전단이 일어났고, 다이간극 0.01 인 경우는 약 0.5에서 완전전단이 일어났다. 소성 변형률이 2.0 인 경우에는 다이간극 0.01mm, 0.03mm, 0.05mm 에 대해서 각각 펀치 이동거리 0.85, 0.75, 0.62에서 완전 전단이 일어났으며, 소성 변형률이 2.5인 경우에는 다이간극이 0.01mm, 0.03mm 일 때 100%를 넘는 펀치 이동거리를 나타낸다. 이것은 소성변형률을 2.5로 선정하는 것이 부적절함을 나타낸다. 또한 같은 소성 변형률에서 다이 간극이 좁을수록 펀치의 이동거리가 늘어나는데 이것은 전단면의 범위가 다이 간극이 좁을수록 넓어짐을 나타낸다고 볼 수 있다. 또한

해석 결과에서 다이 간극이 넓어질수록 전단면의 품질이 저하되는 것을 알 수 있었다.

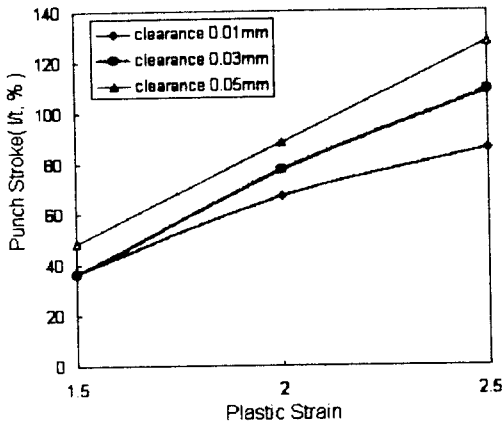


Fig. 15 Punch stroke vs. plastic strain curve

3.2 누름판의 영향 평가

누름판(pad)은 전단시 펀치가 재료를 당기는 것을 억제하여 결국 전단 품질을 높이는 목적으로 이용된다.

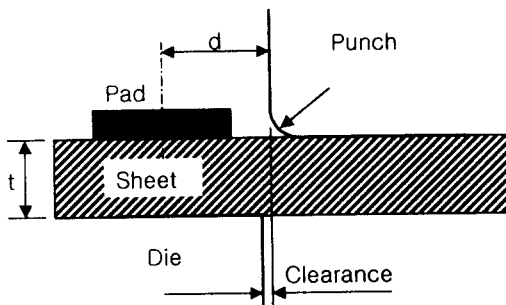


Fig. 16 Concept diagram of pad

사용된 조건은 앞 절에서 사용한 조건중 가장 양호한 결과를 이용하였다. 다이간극은 0.01mm, 소성변형률은 2.0이며, 두께와 재료는 동일하게 사용하였다. 이때 펀치와 누름판 사이의 거리를 5mm, 35mm, 65mm 로 변화 시켜가며 해석을 수행하였다.

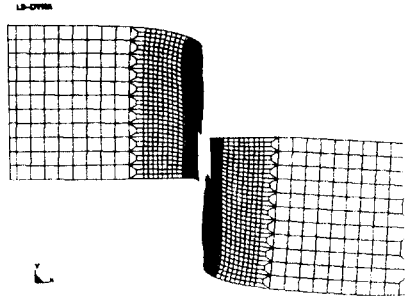


Fig. 17 Result of without pad

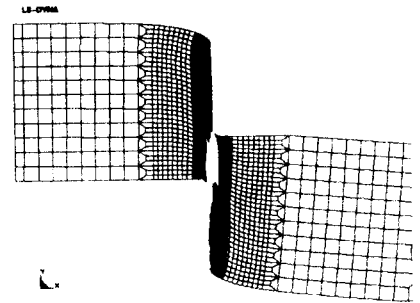


Fig. 18 Result of with pad (Pad distance 5mm)

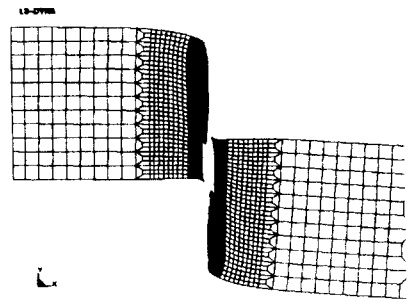


Fig. 19 Result of with pad(Pad distance 35mm)

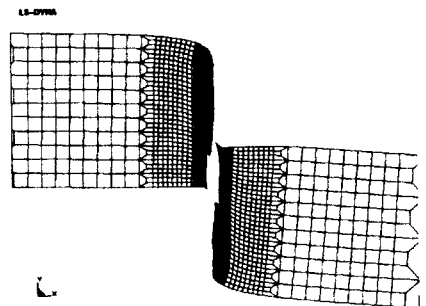


Fig. 20 Result of with pad(Pad distance 65mm)

Fig. 18은 누름판과 펀치와의 거리가 5mm이다. 이때의 전단면이 가장 양호했으며, (전단면 65% 이상) 펀치와 누름판 사이의 거리가 멀어질수록 치짐과 파단면이 증가하고, 전단면이 줄어드는 것을 알 수 있다. Fig. 21에 누름판과 펀치와의 거리와 전단면과의 관계를 나타냈다.

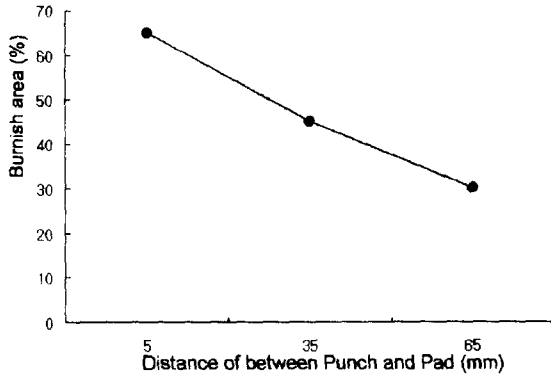


Fig. 21 Distance of punch and pad vs. burnish area curve

4. 결론

본 연구에서는 정밀전단공정을 유한요소법을 이용하여 해석하기 위한 파단 기준 및 기초적인 전단기의 형상등에 대하여 연구하였다. 결과를 이용하여 최적의 전단면을 얻기위한 틈새와 전단기의 형상등을 예측할 수 있다.

- 1) 정밀 전단 공정 해석에 사용된 유한요소의 크기는 $10\mu m$ 이하이어야 정확한 전단면을 표현할 수 있었다.
- 2) 파단 기준으로 소성 변형률을 이용하였으며, 이는 실제 현상을 유추하는데 효과적으로 표현할 수 있었다.
- 3) 다이 간극이 증가함에 따라서 전단면이 불량해짐을 알 수 있었다. 최적의 전단면을 얻기 위한 다이 간극을 해석을 통해 찾아내었다.
- 4) 누름판의 거리에 따른 전단면의 영향을 분석하여 정밀 전단 기구의 개발을 위한 기초 설계자료로 활용할 수 있다.
- 5) 향후 3차원 해석을 하여 여러 변수에 대한

종합적인 고찰이 필요 할 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. 前田 禎三, "薄板の剪斷加工の研究(1)"精密機械, Vol.16, No.3, pp.70~77,1950
2. Maeda T. and Nakagawa T., "Experimental Investigation on Fine Blanking", Sci. Papers I.P.C.R., Vol.62, No.2, pp.65~80,1968
3. 안기순, "테일러 접합 블랭크를 위한 정밀 전단기구에 관한 연구", 1998
4. 유요한, 정동택, "단열 전단 밴드의 유한요소 해석", 대한 기계학회 논문집 제16권 제8호, pp1519~1529,1992
5. Jeong S.H., Kang J.J. and Oh S.I., "A Study on Shearing Mechanism by FEM Simulation", Advanced Technology of Plasticity, Vol.2, 1996
6. 표창률, 전병희, 조명래, "레이저 용접을 위한 박판재의 정밀 전단 메카니즘 개발", 한국산업 안전학회지 제14권 제4호, pp53~59, 1999