

레이저 합체박판의 성형한계평가 실험에 관한 연구

박승우*, 구본영*, 금영탁*, 강수영**, 류석중**

* 한양대, ** 대우자동차

Experimental Investigation on Forming Limit of Laser Welded Blank Sheets

S.W. Park*, B.Y. Ghoo*, Y.T. Keum*, S.J. Yoo**, S.Y. Kang**

* Hanyang University,

** Daewoo Motor Co., Ltd.

Abstract

In this paper, the forming limits of laser welded blank sheets are introduced, obtained from a tensile test and a hemispherical dome punch test. Especially, the forming limit diagram(FLD) on the heat affected zone with a width 2.54mm is emphasized. Also, the experimental experiences in finding specific strain conditions are discussed.

Key Words : Laser Welded Blank Sheet, Forming Limit Diagram, Hemispherical Dome Punch Test

1. 서론

오늘날, 선진 자동차 업계에서는 차량 경량화 및 고품질(안전성, 내식성 등) 등에 대처하기 위한 새로운 생산기술로 합체박판(tailored blank) 기술이 많이 적용되고 있다. 합체박판 기술은 두께 및 재질이 서로 다른 박판을 레이저 용접 또는 메쉬-심 용접하여 일체성형함으로써 금형수 및 노동력, 시간의 감소를 가져올 수 있는 생산기술로, 박판의 두께조정으로 자동차 경량화 및 안전도 향상을 이룰 수 있는 이점이 있다. 국내에서도 최근에 합체박판의 적용 및 응용기술에 상당한 관심을 가지게 되어 활발한 연구진행이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 레이저 합체박판의 물성 및 성형성 평가를 위해 동종두께-이종재질과 이종두께-이종재질의 합체박판을 각각 제작하였으며, 합체박판의 기계적 물성치를 구하기 위하여 시편의 용접선을 인장축과 일치시켜 인장시험을 수행하였다. 또한 용접선을 중심으로 용접 열영향부를 좌우 1.27mm 폭으로 가정한 후, 돔 장출실험을 실시하여 성형한계도를 작성하였다.

2. 실험 및 고찰

2.1 인장 실험

합체박판의 기계적 물성을 파악하기 위한 인장실험을 수행하였다. 인장실험을 위하여 3종류의 상용 박판시편(A조, B조, C조)과 용접선이 주인공축과 나란한 2종의 합체박판 시편(D조, E조)을 준비하였다. A조는 냉연강판 0.8t의 D사 제품이고, B조는 냉연강판 0.8t로 Y

사 제품이며, C조는 냉연강판 1.5t로서 D사 제품이다. 그리고 D조는 A조와 B조를 레이저 용접한 동중두께-이종재질 합체박판이며, E조는 B조와 C조를 레이저 용접한 이종두께 합체 박판이다. D조와 E조의 용접조건은 Table 1에 제시하였다. 또 이들 인장시편으로부터 얻은 인장실험 결과를 Table 2에 정리하였다.

2.2 성형한계평가 실험

판재의 성형성 평가척도 및 스탬핑 공정진단 수단으로 널리 사용되고 있는 성형한계도 (FLD : Forming Limit Diagram)는 박판면내에 존재하는 주변형률과 주변형률의 조합에 의해 판재 두께감소가 일어나는 영역에서 국부벽(localized necking)이 발생하기 전까지 재료가 견딜 수 있는 한계변형률을 나타낸다.

합체박판의 성형한계도를 작성하기 위해서는 최소한 3개의 성형한계도의 조합 즉, 두 모재의 성형한계도 2개와 용접부의 성형 한계도 1개가 필요하다.

가) 실험방법

시편표면에 2.54mm 크기의 정사각형 그리드를 에칭한 후 파단이 발생할 때까지 무윤활 상태로 돔 장출실험을 실시하였다. 이 때 용접선을 중심으로 에칭된 2.54mm 그리드를 용접 열영향부라고 가정하였다. Fig.1은 실험장치의 개략도이며 Photo 1과 Photo 2는 돔 장출실험 후 성형된 시편들이다. 폭이 180mm인 돔 장출실험에서 D조(동중두께)인 경우에는 용접 열영향부의 폭방향 인장을 관찰할 수 없었다. 따라서 동중두께 합체박판인 경우 FLD 우측부를 측정하기 위해, 폭이 180mm인 시편은 윤향한 상태에서도 실험을 실시하였다. 강도차가 큰 E조(이종두께)인 경우, 폭이 180mm인 시편에서는 용접부에서 파단이 일어나지 않고 모재간의 강도차로 인해 얇은 모재(B)에서 용접선에 나란하게 파단이 발생하였다. 따라서 얇은 모재에서 파단을 막고 용접부 파단을 발생시키기 위하여 Fig.2처럼 비대칭 시편을 준비하여 두꺼운 모재의 폭(W)을 변화해가며 추가실험을 실시하였다. Photo 3은 비대칭 시편과 폭이 180mm인 대칭 시편의 성형 후 파단양상을 비교하여 보여주고 있다.

나) 실험결과 및 분석

용접선을 중심에 둔 폭 2.54mm 부분을 용접 열영향부라 가정하고 이 부분의 성형한계도를 구하기 위해 파단주변부의 변형률을 다음과 같이 3가지로 구분하여 측정하였다.

- ① 안전(safe) : 파단이나 넥이 일어난 용접부위에서 한 그리드 떨어진 곳
- ② 넥킹(necking) : 용접부의 파단선이 격자의 경계와 일치하거나 넥킹이 일어난 곳
- ③ 파단(fracture) : 파단이 일어난 곳

Fig.3은 무윤활상태에서 시편 폭에 따른 파단시 돔높이를 나타낸 그래프이다. 일반적으로 시편의 폭이 좁을수록 파단시 돔높이가 증가하는 경향이 있으나, 용접부가 존재하는 합체박판인 경우에는 그래프에서 보듯이 폭이 좁아질수록 편치높이가 증가하다 감소하는 경향이 관찰되었다. 또한 E조(이종두께)에서 비대칭 시편을 돔 장출실험한 결과, 얇은 모재에서 파단이 일어나지 않고 용접부 파단이 일어났다.

D조 용접 열영향부의 성형한계도는 Fig.4에, E조 용접 열영향부의 성형한계도는 Fig.5에 각각 도시하였다. 또한 점선은 시간에 따른 윤향유의 점도변화, 금형마모, 대기온도 및 금형온도 변화 등의 다양한 공정변수에 대응하기 위해 성형한계도에서 10%의 안전을 고려한 것이다.

3. 결 론

본 연구에서는 레이저 합체박판의 성형한계를 측정하기 위해 인장실험과 돔 장출실험을

실시하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 용접선 중심으로부터 좌우 폭이 각각 1.27mm되는 용접 열영향부를 가정하고, 이부위의 성형한계를 측정하여 레이저 합체박판의 성형한계도를 도출하였다.
- 2) 뚝 장출실험에서 일반 박판은 시편 폭에 따른 뚝 높이가 V자형으로 나타나지만 용접부가 존재하는 레이저 합체박판은 시편 폭이 좁아질수록 뚝높이가 증가하다 감소하는 특징이 관찰되었다.
- 3) 동종두께 합체박판의 뚝 장출실험에서 용접 열영향부가 모재에 비해 강성이 매우 크기 때문에 시편 폭이 180mm인 경우에도 용접 열영향부는 거의 평면변형 상태로 성형되었다.
- 4) 이종두께 합체박판에서 강도가 큰 모재부의 폭을 감소시켜 만든 비대칭 시편을 사용하여 용접 열영향부가 폭방향으로 인장되는 파단변형률을 측정하였다.

후 기

본 연구는 (주)대우자동차의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 관계자분들께 감사드립니다.

참고문헌

1. F. I. Saunders, Forming of tailor-welded blanks, Ph. D. Dissertation, Ohio State Univ.
2. Jianshe Lian and Bernard Baudalet, "Forming Limit Diagram of Sheet Metal in the Negative Minor Strain Region", Materials Science and Engineering, 86(1987) pp.137-144.
3. 김영탁, 구분영, 백승준, 박승우, 정용희, 강수영, 유석중, "TAILORED BLANK의 성형 및 물성평가를 위한 해석 시스템 개발", 대우자동차 2차년도 중간보고서, 1997.
4. 서대교, 양대호, 김형목, 허영무, "매쉬-십 용접 판재의 성형한계", 한국소성가공학회 '97 춘계학술대회 논문집, pp.222-225, 1997.

Table 1 Welding conditions for tailored blank specimens

Specimen Group	Velocity (m/min)	Power (kW)	Gap (mm)	Shield Gas	Beam Angle (degree)	Focus from Upper Surface (mm)
D	4	4	0~0.075	He	*	0.6
E	4	4	0~0.075	He	3	0.6

Table 2 Mechanical properties of each specimen

Specimen Group	Thickness	Strain Hardening Exponent (n)	Strength Coefficient (K)	Plastic Anisotropic Parameter (r)	Remarks
A	0.7925 mm	0.2220	546 MPa	1.402	
B	0.7975 mm	0.2237	529 MPa	1.758	
C	1.49 mm	0.2206	543 MPa	1.462	
D		0.1875	585 MPa	1.607	Tailored Blank (A:B)
E		0.1863	564 MPa	1.615	Tailored Blank (B:C)

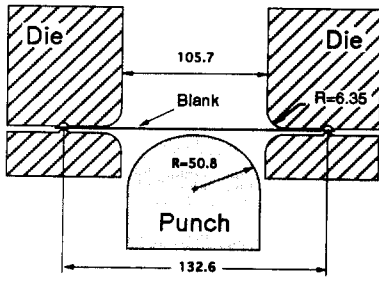


Fig.1 Schematic illustration of hemispherical dome stretching processes.

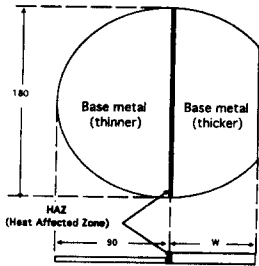


Fig.2 Schematic view of anti-symmetric specimen of group E.

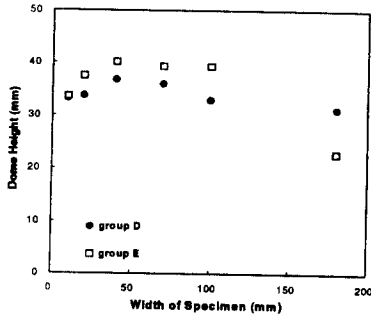


Fig.3 Dome height of various tailored blank sheet metals associated with specimen's widths at fracture.

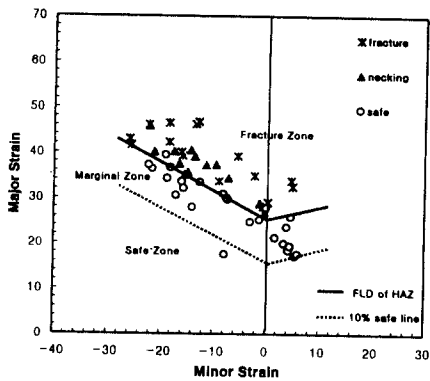


Fig.4 Forming Limit Diagram(FLD) in group D.

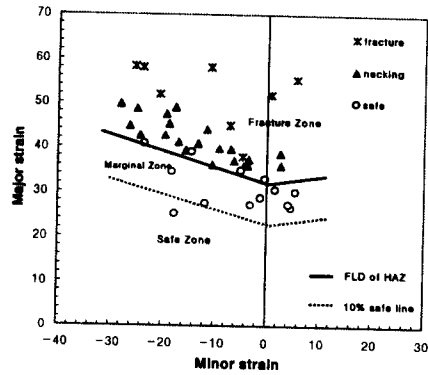


Fig.5 Forming Limit Diagram(FLD) of group E.



Photo 1 Formed shapes of group D in a dome test.



Photo 2 Formed shapes of group E in a dome test.

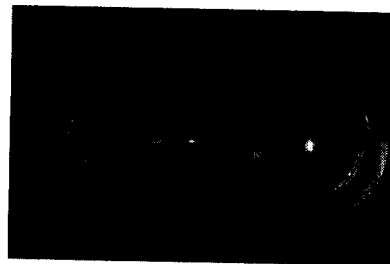


Photo 2 Formed shapes of symmetric and anti-symmetric specimen after a dome test in group E.