한국소성가공학회 '98춘계학술대회 논문집 pp.32~35

레이저 용접 합체박판의 물성 및 성형성에 관한 연구

박 승 우*, 구 본 영*, 백 승 준*, 금 영 탁**, 강 수 영***
* 한양대학교 대학원, ** 한양대학교, *** 대우자동차

Study on the Material Properties and Formabilities for the Tailored Blank Sheet Welded by Laser

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

Abstract

The material properties and formabilities of tailored blanks are evaluated by experimental tests. In the tensile test, the gradient of strength coefficients of the heat affected zone associated with the welded line width represents the quality of a welded part. In the hemispherical dome punching test, the plane strain state of the welded line is observed. In the squared cupping test, the thin side is stretched more than the thick side in the stretch mode, while both sides are similarly stretched in the draw mode. In the 2D draw test, FLC_0 is measured in a simple manner and the forming defects of the tailored blanks with the same thickness are found.

Key words : Tailored Blank(합체박판), Laser Welding(레이저용접), Formability(성형성)

1. 서 론

합체박판(Tailored Blank)의 용접부를 모델링하고 정확히 성형해석하기 위해서는 용접부의 정확한 물성치를 얻는 것이 필요하다. 본 연구에서는 합체박판 용접부의 물성과 성형성에 대한 연구를 수행하여 용접양부와 성형성을 판별할 수 있는 기준을 제시하고자 한다.

2. 물성 및 성형성 평가실험

용접비드와 열영향부를 포함한 부분을 합체박판의 용접부로 정의하고, 용접부는 균일한 성질을 갖는다고 가정하였다.(Fig.1참조) 본 연구에서는 이러한 용접부의 물성과 성형성을 평가하기 위하여 인장실험, 돔 장출실험, 사각컵 성형실험, 그리고 2D 드로우 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 시편은 용접조건과 모재에 따라 각각 분류하여 Table 1에 나타내었다.

2.1 물성평가 실험

가) 강도계수 및 가공경화지수

가정된 용접부 폭에 따른 용접부의 강도계수 및 가공경화지수를 구하기 위해 인장실험을 수행하였다. 실험은 시편 A조, B조, C조에 대해 수행하였으며 하중배분 이론을 이용하여 구한 용접부 폭에 따른 강도계수 그래프를 Fig.2에 나타내었다.

강도계수 해석방법과 마찬가지로 가공경화지수에 대해서도 동일한 해석방법으로 가정된 용접부 폭에 대응하는 가공경화지수를 구하여 Fig.3에 도시하였다.

나) 소성변형률비

용접부 소성변형률비를 구하는 수식을 정식화하고 D조, E조, F조, G조, 그리고 H조를 대상으로 용접선이 주인장축과 일치하는 인장실험을 수행하였다.

용접부의 강도계수(K)와 가공경화지수(n)를 계산한 방법과 마찬가지로 모재와 용접부를 단면적 비율로 나누면 용접부의 소성변형률비, r값은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$r_w = \frac{(\varepsilon_w)_w}{-(\varepsilon_w)_w - \delta} = \frac{\ln \frac{W_w'}{W_w}}{\ln \frac{W_w}{W_w'} - \delta} \quad (1)$$

$$W_w' = W_t' - W_1' - W_2' = W_t' - \left\{ W_1 e^{\frac{r_1}{1+r_1}\delta} + W_2 e^{\frac{r_2}{1+r_2}\delta} \right\} \quad (2)$$

식(1)과 식(2)로부터 가정된 용접부 폭에 대한 각 시편의 용접부 r값을 Fig.4에 도시하였다. 용접부 r값은 모재 r값보다는 더 큰 값을 보이고 있음을 알 수 있다.

2.2 성형성 평가 실험

가) 돔 장출 실험

합체박판의 성형한계도에는 모재의 성형한계도와 용접부의 성형한계도가 필요하다.[1] 그러나 용접부는 일반적인 스탬핑 공정시에 모재보다 높은 강성으로 인해 거의 평면변형률상태에 놓이게 되므로 용접부의 성형 한계도를 모두 구하기 보다는 용접부의 성형 한계점만을 구하여 이용하는 것이 실용적이다. 본 연구에서는 용접부만의 성형한계도를 구할 수 있으나 용접부의 성형한계점만을 구하여 이를 합체박판내 용접부의 성형한계로 간주하였다. A조의 동종두께(1-1mm) 합체박판은 31%, C조의 동종두께(0.9-0.9mm)는 35%, 이종두께(0.7-1.4mm) 합체박판은 18%로 성형한계점을 돔 장출실험으로부터 각각 구하였다.

시편 A조의 동종두께(1-1mm) 합체박판의 축대칭 돔 장출실험 측정치를 용접부의 성형한계점이 추가된 새로운 성형 한계도와 비교하여 Fig.5에 도시하였다.

나) 사각컵 성형실험

이종두께인 경우, 두꺼운 쪽과 얇은 쪽이 균일한 블랭크 홀딩력을 받을 수 있도록 블랭크 홀더부에 두께 단차를 주어 금형을 설계, 제작한 후 사각컵을 성형하였다.

성형후 시편의 파단형상은 드로우 인이 많이 발생한 경우와 거의 스트레치에 가까운 성형이 이루어진 경우에 서로 다른 것을 볼 수 있다.[(2)] 또한 동종두께인 경우, 경화된 용접부가 모재보다 성형성이 떨어지며(Photo 1 참조), 이종두께인 경우, 금형단차와 용접선과의 거리가 일정거리를 지나면 블랭크 홀더부에서 불균일한 블랭크 홀딩력때문에 주름발생을 관찰할 수 있었다.(Photo 2 참조)

다) 2-D 드로우 실험

40~50mm 폭을 가지는 띠 모양의 시편을 준비하여 건조 마찰상태로 사각컵 금형에서 2-D 드로우 성형을 하면 성형한계가 낮은 이종두께의 경우 파단이 일어나는 벽부에서 평면변형률상태가 되어 용접부의 성형한계를 구할 수 있다. 평면변형 장출실험에서의 FLC_0가 18%인 C조 이종두께(0.7-1.4mm)의 시편에 대해 2D 드로우 실험을 수행하여 17%의 성형한계를 얻었다.

동종두께 합체박판의 경우, 이종두께와는 달리 용접비드가 블랭크 홀더에 물려 조기파단이 일어나 FLC_0를 구할 수 없었다.

3. 결 론

합체박판의 용접부 물성과 성형성을 규명하기 위한 실험에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 합체박판의 인장실험을 통해 가정된 용접부 폭에 대응하는 용접부의 강도계수, 가공경화지수, 그리고 소성변형률비를 구하였다.
2. 용접부의 성형한계점을 포함하는 새로운 성형한계도를 합체박판의 성형성 척도로서 제안하였고 이를 실험치와 비교하였다.
3. 평면변형 장출실험으로 구한 성형한계점과 2D 드로우실험으로 구한 성형한계점이 거의 일치하여 이종두께 합체박판의 경우 성형한계점을 구할 수 있는 실용적 방법으로 2D 드로우실험을 제안하였다.
4. 사각컵 성형실험에서 굽힘효과로 인하여 두꺼운 쪽 모재가 얇은 쪽 모재보다 더 큰 변형이 생기는 것을 관찰할 수 있었다.

참고문헌

1. 박승우, 구본영, 금영탁, 강수영, 류석종, "레이저 합체박판의 성형한계평가 실험에 관한 연구", 한국소성가공학회 '97 추계학술대회 논문집, pp. 72~74, 1997.
2. 백승준, 구본영, 금영탁, 강수영, 이호기, "합체박판의 물성 및 성형성 평가실험", 한국자동차공학회, 97년도 춘계학술대회논문집, 제2권, pp. 648~653, 1997
3. F. I. Saunders, Forming of tailor-welded blanks, Ph. D. Dissertation, Ohio State Univ, 1994.

Table 1 Welding conditions of each specimen.

Specimen Group	Velocity and Power (m/min ,kw)		gap (mm)	Shield Gas	Beam Angle (degree)	Focus
A	7	6	0~0.075	He	7~8	
B	6	2	0~0.12	N_2	0	below -2mm
C	6~7	6	0~0.075	He	3°	below
D	4	4	0~0.075	He	3°	below 0.6mm
E	7.5	7	0~0.075	He	0	below
F	6.5	7	0~0.075	He	0	below
G	7.5	7	0~0.075	He	0	below
H	6	7	0~0.075	He	3°	below

(* in case of different thickness)

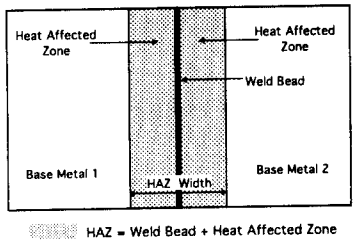

Fig.1 Tailor welded blank sheet.

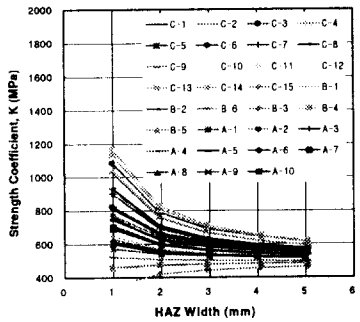

Fig.2 Relationship between strength coefficient and width of HAZ.

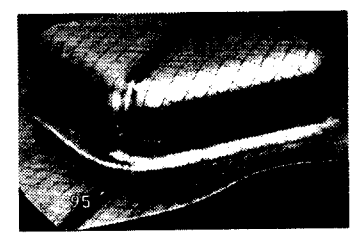

Photo 1 Fracture at the weld line of the tailored blank with same thickness. (Specimen DST, 0.79-0.79mm)

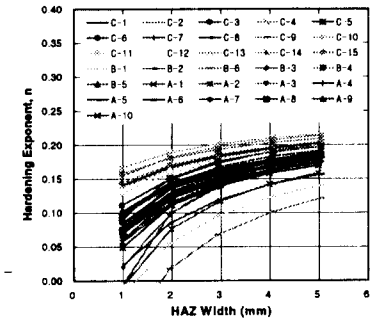

Fig.3 Relationship between work-hardening exponent and width of HAZ.

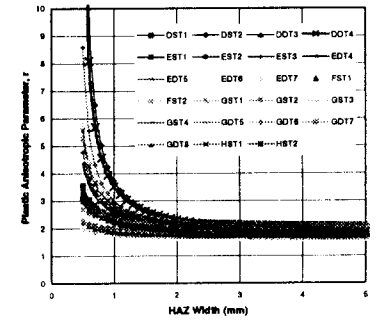

Fig.4 Relationship between plastic anisotropic parameter and width of HAZ.

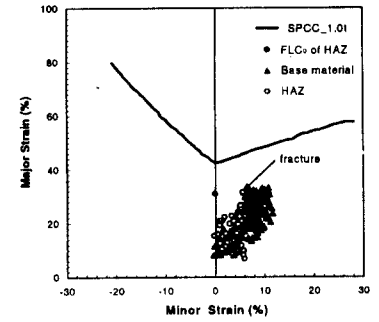

Fig.5 Measured strain by ASAME on newly suggested Forming Limit Diagram added FLC_0 of HAZ.

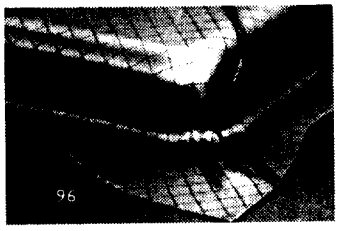

Photo 2 Wrinkles at the thinner sheet of the tailored blank with different thickness. (Specimen DDT, 0.79-1.5mm)