

# 이종두께 판재의 레이저 용접시의 맞대기 용접부 간격에 관한 연구

## Butt-Joint Gap in Laser Beam Welding of Steel Plates with Different Thicknesses

김정오\*, 한유희\*, 서 정\*, 윤충섭\*, 김하영\*\*

\* 한국기계연구원

\*\* 대전산업대학교

### 1. 서론

프레스 성형된 자동차 부품들을 용접하여 조립하는 자동차 차체(body panel) 제조 공정에 있어서 둘 이상의 부품들을 일체화(one sheet type)하여 프레스 작업을 하는 것이 생산성 및 정밀도 향상을 위해서 유효한 방법으로 알려져 있다. 기존의 방법에서 자동차 옆 판넬을 분할형태(individual type)와 일체화된 형태로 제작했을 때의 비교를 Table 1에 나타내었다. (o: 장점 x: 단점)[1, 2] 두 형태는 서로 상반되는 장점을 가지고 있으며 한장으로 일체화된 형태에서는 강도, 강성, 내부식성 등의 차체 각 부의 요구성능에 따라 판 두께, 재질 등의 변경요구 조건에 대응할 수 없으므로 원료에 대한 제품의 비율이 저하되고 경비의 상승을 가져오게 한다. 따라서 분할형태와 일체화형태의 장점만을 선별하려고 하면 Fig.1과 같은 공정이 고려될 수 있다.

Fig.1은 재질과 판 두께가 다른 재료들을 용접하여 성형공정에서 일체화로 가공하는 방법이다[1, 2]. 자동차 차체용 프레스 소재로서 결합소재를 사용하는 경우에는 용접부의 열변형이 적어야 하며, 강도 및 성형성이 모재와 비슷해야 하며, 용접 생산성이 높아야 한다. 이러한 요구조건들을 만족하는 용접방법은 기존의 seam 용접 또는 TIG 용접[3]등에서는 어렵다고 보고되고 있다.

이상과 같은 레이저 용접의 장점에도 불구하고 아직도 레이저 용접을 실제 생산라인에 완전히 적용하지 못하고 있는 가장 큰 요인은 까다로운 용접부의 간격조건이 요구된다는 것이다. 레이저 용접에서 가장 큰 장점은 좁고 깊은 용접부와 최소한의 열 영향부를 만드는 것이므로 집속된 레이저 빔의 직경이 너무 작아서 용접부 사이의 간격이 조금 넓으면 레이저 빔이 모재를 녹이지 못하고 간극사이로 그냥 통과할 수 있다. 이 경우 Filler Wire를 사용하여야 하나, 실제 생산라인에서는 용접이전에 Filler Wire의 사용 유무를 결정해야 하므로 Filler Wire를 사용하지 않아도 되는 허용 간격 크기를 우선 알아야 한다.

따라서, 본 연구에서는 이종두께 재료의 레이저 용접에 있어서 허용되는 최대의 간격에 대하여 연구하였다. 또한, 제작된 이종두께 재료의 용접부의 기계적 특성은 굽힘 실험을 통하여 조사하였다.

### 2. 실험 방법

#### 2-1. 실험재료

실험에 사용된 재료는 SAPH Steel 이며 두께 2mm, 3.2mm, 4mm,의 시편을 각각 50mm \* 100mm 로 가공하였으며 시편의 화학적인 성분은 Table 2 에 나타나 있다.

#### 2-2. 레이저 용접장치 및 실험방법

용접장치는 Fig.2 와 같다. 레이저 발전기는 ROFIN-SINAR 4kW급 multi-mode

Type을 사용하였으며, 빔의 집광에는 초점거리가 150mm 인 Parabolic mirror 를 사용하였고 보조가스는 Ar을 사용하였다.

시편의 조합은 2mm\*2mm, 2mm\*3.2mm, 2mm\*4mm로 하여 용접하였다. 용접시에 Gap은 0.1mm, 0.2mm, 0.3mm, 0.4mm로 일정하게 하였다.

용접실험은 레이저 출력을 4kW, 보조가스의 유량은 30 l/min로 일정하게 유지한 후 Welding speed 및 간격크기에 따라 실험하였다,

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig.3은 레이저 출력 4kW, 용접속도 3.5mm/min 일때 동종두께(2mm\*2mm) 맞대기 용접 시편의 간격크기에 따른 용접부 비드 모양을 나타낸다. a은 0 mm, b는 0.1 mm, c는 0.2 mm의 간격 크기를 가진다.

Fig.4은 레이저 출력 4kW, 용접속도 3.0mm/min 일때 이종두께(3.2mm\*2mm) 맞대기 용접시편의 간격크기에 따른 용접부 비드 모양을 나타낸다. a은 0 mm, b는 0.1 mm, c는 0.2 mm의 간격 크기를 가진다.

Fig.5은 레이저 출력 4kW, 용접속도 3.5mm/min 일때 이종두께(4mm\*2mm) 맞대기 용접 시편의 간격크기에 따른 용접부 비드 모양을 나타낸다. a은 0 mm, b는 0.1 mm, c는 0.2 mm, d는 0.3 mm 의 간격 크기를 가진다.

Fig. 3, 4, 5 에서 모두 간격 크기가 0.1mm 까지 양호한 비드를 얻을수 있었다. 특히 Fig. 3, 4 에서는 간격 크기가 0.3mm 일때 레이저 빔이 그냥 통과 하였으나 Fig. 5 에서는 용접이 이루어지고 있음을 알수 있다. 이는 두께 차이가 클수록 두꺼운 쪽의 모재가 용융 되어 간격의 틈이 매워지고 있다고 사료된다.

동종두께 2mm\*2mm 용접시 양호한 비드를 얻기 위해서 간격이 0mm 인 경우 최대 용접속도는 3.5m/min 이며, 간격이 0.1mm 인 경우 최대 용접속도는 4.5m/min 이었다. 또한 이종두께 2mm\*3.2mm 인 경우 간격이 0mm 인 경우 최대 용접속도는 3.0m/min 이며, 간격이 0.1mm 인 경우 최대 용접속도는 4.0m/min 이었다. 4mm\*2mm 용접시 양호한 비드를 얻기 위해서 간격이 0mm 인 경우 최대 용접속도는 2.5m/min 이며, 간격이 0.1mm 인 경우 최대 용접속도는 3.5m/min 이었다. 간격이 0.1mm 인 경우가 간격이 없는 경우 보다 더욱 빠른 용접속도를 얻을 수 있었다.

용접부의 기계적인 특성을 조사해 보기 위해 굽힘시험을 한 결과 굽힘 각도가 90° 정도 일때 Crack 이 발생함을 알 수 있었다. 굽힘시험시 발생하는 Crack 을 방지하기 위해서는 재료의 올바른 선택, 예열 및 후열처리 등이 고려될 수 있으며 이에 대한 연구가 진행 중에 있다.

### 4. 참고문헌

1. K. Ikemoto, Y. Niimi, and T. Iwai, " Application of Laser Welding for Automatic Body Panels," *Journal of JWS*, Vol. 10, No. 1, pp. 196-201 (1962).
2. K. Ikemoto, H. Sugiura, K. Arima, and T. Takasago, " Press Forming of Laser Welded Blank," *Journal of JSTP*, Vol. 32, No. 370, pp. 1383-1390 (1991).
3. K. Yasuda, T. Jimma, and T. Onzawa, " Formability for Butt Welded Stainless Steel Thin Sheet," *Journal of JWS*, Vol. 2, No. 3, pp. 161-166 (1984).

Table 1 Comparison of conventional sheets

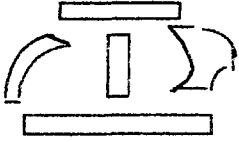

Compared item	individual type		one-sheet type	
Schematics				
Apperance	bad		good	
Number of dies	20 dies	X	4 dies	O
Accuracy	low	X	high	
Material yield (ratio)	high (65%)		low (40%)	
Material selectivity	selectable	O	fixed	X
Weight	light		heavy	

Table 2 Chemical composition of specimens (wt%)

Material	Fe	C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Nb	Ti	Mo	Al
SAPH	99.608	0.145	0.828	0.0131	<0.0108	<0.016	<0.032	0.071	0.007	0.009	0.015	0.016

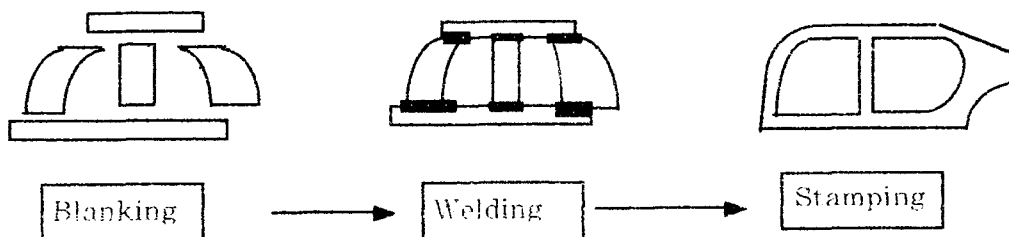


Fig. 1 An integrated side panel consisting of laser welded blank

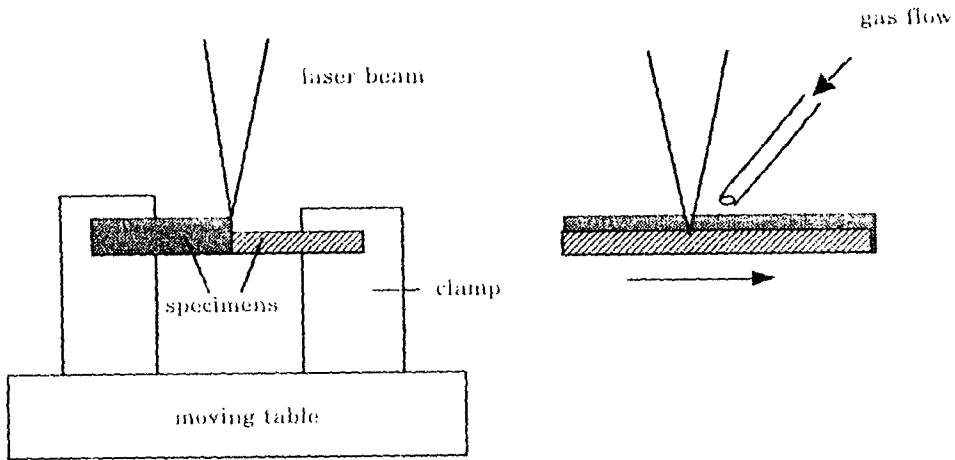


Fig. 2 Schematic illustration of laser welding system

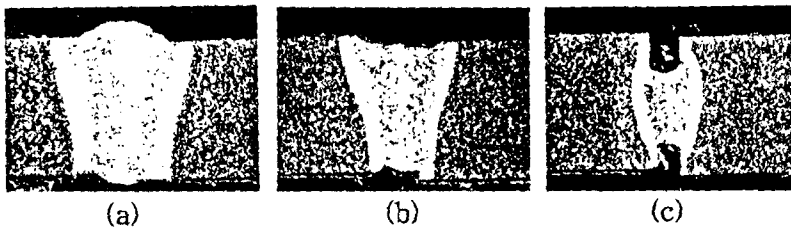


Fig. 3 Bead cross - section of welded specimens ( thickness : 2 mm)  
gap size : (a) 0 mm (b) 0.1 mm (c) 0.2 mm

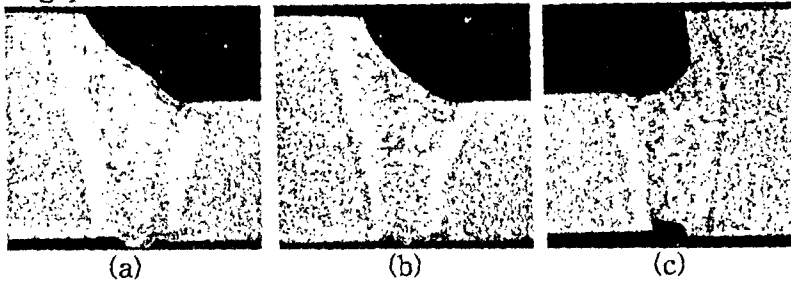


Fig. 4 Bead cross - section of welded specimens with different thickness  
(3.2 mm \* 2 mm) gap size : (a) 0 mm (b) 0.1 mm (c) 0.2 mm

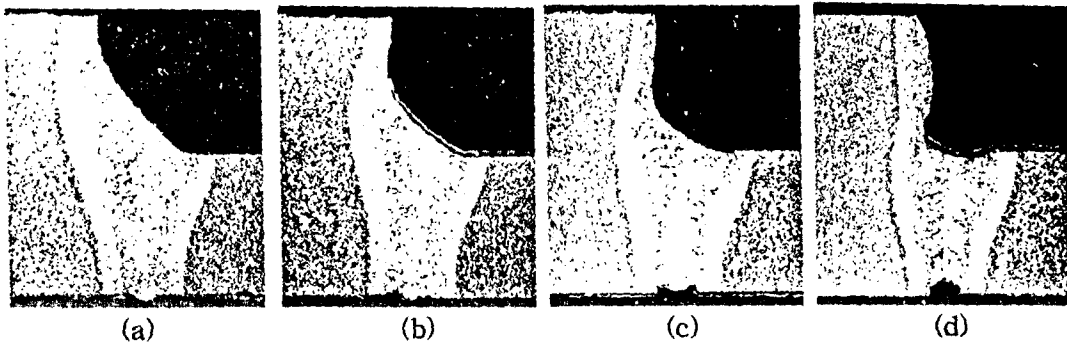


Fig. 5 Bead cross - section of welded specimens with different thickness  
(4 mm \* 2 mm) gap size : (a) 0 mm (b) 0.1 mm (c) 0.2 mm (d) 0.3 mm