

박판 plug 점용접시편의 피로거동에 관한 연구

A Study on the fatigue behavior of thin sheet plug spot welded part

임 현석*, 정 연수*, 황 종근**, 정 원욱***, 강 성수*

* 부산 대학교 ** 한국 원자력 연구소 *** 현대 자동차

1. 서 론

박판용접에는 주로 생산성이 높은 저항점용접법이 쓰여져 왔으나 두께가 두꺼운 판재의 경우 점용접이 어려운 경우가 많고 이미 조립된 박판구조물에 대한 보강 용접의 경우 점용접기의 접근이 곤란하므로 점용접이 불가능한 경우가 많다.

이러한 경우 plug 점용접이 사용되나 plug 점용접에 대한 피로거동에 관한 연구는 아직 보고되지 않고 있으며 CO₂ plug용접의 인장강도만에 대한 평가로 그친 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 CO₂ plug 점용접에 의해 인장전단시편과 L형 인장시편편을 제작하여 인장 및 피로시험을 실시, plug 점용접부의 피로거동을 다각적으로 고찰·연구하였다. 특히 plug 점용접은 저항점용접에 비해 입열량이 많은 편이므로 이러한 요인이 plug용접부의 피로거동에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

2. 실험재료 및 방법

본 연구에서 사용한 피용접재는 자동차 차체로 사용되고 있는 두께 1mm의 연강 SPCC를 사용하였다. 피용접재의 화학성분과 주요 물리적·기계적 성질은 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 화학성분은 C가 0.04%, Mn이 0.25%이며 항복강도는 18 kgf/mm², 인장강도는 30 kgf/mm², 연신율은 40%이다.

Table 1. Chemical composition of base metal.

재료	화학성분 (wt %)				
	C	Mn	p	s	Al
SPCC	0.04	0.25	0.01	0.005	0.05

Table 2. Physical and mechanical properties of base metal.

전기적 성질			기계적 성질		
전기저항 ($\mu\Omega$ m)	열전도도 (w/m $^{\circ}$ C)	융점 ($^{\circ}$ C)	항복강도 (kgf/mm ²)	인장강도 (kgf/mm ²)	연신율 (%)
0.016	65	1539	18	30	40

CO₂ plug용접시 사용된 용가재는 JIS Z 3312에 규정된 YGW12를 사용하였고 시험편의 용접조건은 전류 140A, 전압 20V의 조건에서 제작하였다.

한쪽 판재에 뚫는 구멍의 크기를 6mm, 7mm, 8mm의 3가지 종류로 만들어 그 구멍에 용탕을 채워서 상대편 시험편을 용융시켜 접합되도록 하였다.

피로시험편은 JIS Z 3138규격에 따라 피로시험을 실시하였고 피로시험기는 전기유압식 피로시험기인 Shimadzu사의 Survopulser Model EHF-ED10-40L을 이용하였으며 응력비 R=0의 편진인장의 조건으로 하중제어 피로시험을 실시하였다. 이 때 하중의 반복수는 20Hz로 하였다. 본 실험에서는 피로균열이 점용접부의 내부에서 발생·성장하여 균열의 크기가 대체로 용접부의 직경의 크기와 거의 일치하는 순간을 최종 피로파괴시점(N_f)으로 잡았다. 이는 Davison⁽¹⁾ 등의 기준과 일치하며 외부에서 관찰하기가 용이하다.

3. 실험결과와 고찰

CO₂ plug 점용접 부위의 단면조직을 Fig.1에 나타내었다.

용착부(nugget)와 열영향부, 모재부분으로 관찰되며 열영향부는 저항점용접부에 비해 조립역이 넓게 나타나며 입자의 크기가 상당히 성장하였음을 관찰할 수 있는데, 이에서 상당한 정도의 입열량에 의해 CO₂ plug 점용접의 열영향부가 조립역으로 바뀌어 짐을 알 수 있다.

Fig.2는 저항점용접 시험편과 CO₂ plug 점용접 시험편과의 피로시험결과를 나타낸다. Sawhill⁽²⁾ 등은 점용접 박판 구조물의 경우, 산업계의 실용상 1×10^6 회 정도의 피로강도가 기준 피로강도로 적절하다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 1×10^6 cycles까지 실험하였다.

저항점용접의 경우와 달리 데이터의 산포가 크게 나타났는데, 이는 plug 점용접시 품질 컨트롤이 힘들기 때문으로 판단되며 구멍이 작을수록 피로시험 데이터의 산포가 작게 나타나며 CO₂ plug 점용접 시험편의 nugget의 크기는 대체로 초기구멍의 크기가 클수록 산포가 심하였다.

Fig.3에 nugget크기와 피로수명과의 상관관계를 나타내었는데 대체로 nugget이 커질수록 피로파단수명이 증가하였으나 산포가 큰 편이고 용접불량이 발생하는 비율이 높았다.

4. 결론

1. CO₂ plug 점용접의 인장전단 시험편에서 인장강도와 피로수명에 큰 영향을 미치는 인자는 직경이나, 너겟이 커질수록 용접결함이 많이 발생하였다.
2. CO₂ plug 점용접 시험편의 열영향부는 저항점용접의 경우보다 훨씬 넓게 나타났고, 결정입자의 조대화의 경향이 심하였다.

5. 참고 문헌

1. J.A.Davison, etc, "The Effect of Tensile Strength on the Fatigue Life of Spot Welded Sheet Steels", SAE 840110 (1984)
2. J. M. Sawhill, etc, C. Baker, "Spot Weldability of High-Strength on the Fatigue Life of Spot Welded Sheet Steels", Welding Journal January 1980, pp 19-s~30-s

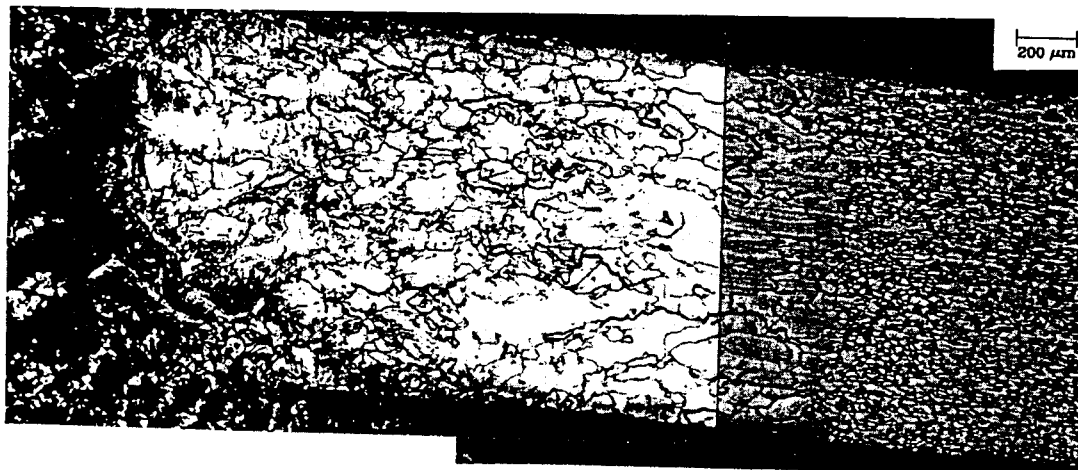


Fig.1 Microstructure of heat affected zone for CO₂ plug welding joint

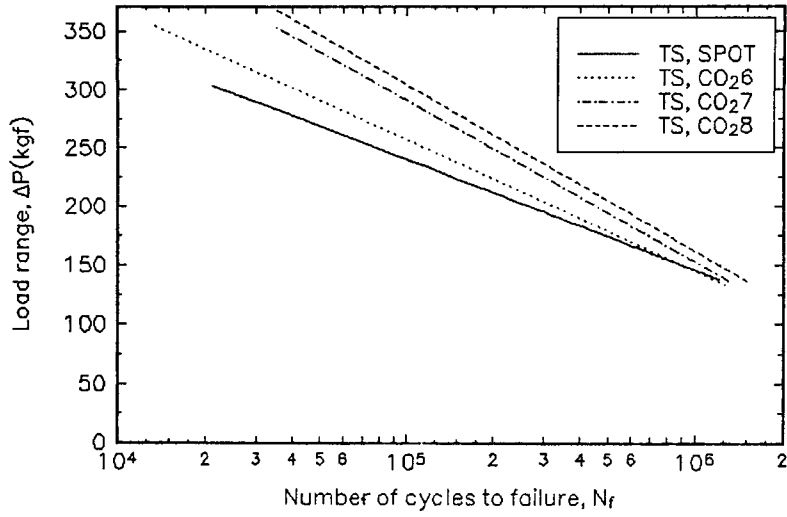


Fig.2 The relationship between load range(ΔP) and number of cycles(N_f)

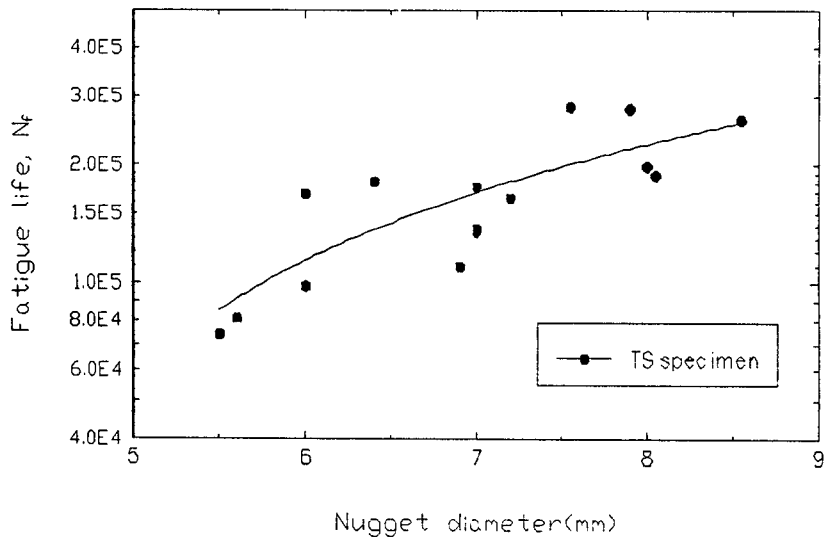


Fig.3 The relationship between fatigue life(N_f) and nugget diameter