

CO₂ plug 점용접기의 점용접성에 관한 연구

Study on the weldability of CO₂ plug spot welder

임현석*, 박용석**, 정원욱***, 강성수**
 * 대우기전 ** 부산 대학교 *** 현대 자동차

1. 서론

Plug 용접이란 접합되어야 할 두 판재 중 한쪽에 구멍을 뚫은 후 그 구멍을 통해 용탕을 채워 판재를 접합시키는 용접법으로 아아크 점용접(arc spot welding)이라고도 한다. 이 방법은 판재의 한쪽 면만을 통한 접합이 가능하며, 약 6.4mm 두께의 강판까지 겹치기 용접이 가능한 것으로 알려져 있다.¹⁾ 또한 접합부의 양쪽 면에서 동시에 가압을 해주어야 하는 저항 점용접의 사용이 제약을 받는 경우, 일반적으로 plug 용접이 이용되고 있다.²⁾ 본 연구에서는 반자동 실드가스 용접기(Shield Gas Arc Welder)를 적용하여 용접재료를 변화시켜 가면서 CO₂ plug 점용접을 행한 후 경도 및 인장시험을 실시하였으며, 이것을 저항 점용접의 경우와 비교연구하였다. 또한 CO₂ plug 점용접의 경우에 있어 판재 특성의 피로수명에 대한 영향도 함께 고려하였다.

2. 실험 재료 및 방법

본 연구에서는 CO₂ plug 용접의 피용접재로 자동차 차체에 많이 쓰이는 연강판인 두께 1mm의 SPCC와 고장력강판인 SPRC를 사용하였고, 화학 성분과 주요 전기적, 기계적 물성치를 Table 1과 Table 2에 각각 정리하였다. CO₂ Plug 용접을 위한 용접 와이어(wire)는 JIS Z 3312에 규정되어 있는 YGW12를 사용하였다. 시편 제작에는 직경 0.9mm인 와이어를 사용하였고, 용접조건은 와이어 송급속도 225ipm, 전압 20V, 용접시간 2.6sec 로 설정하여 제작하였다.

Table 1. Chemical composition of base metal

재료	화합성분 (wt%)				
	C	Mn	P	S	Al
SPCC	0.04	0.25	0.01	0.005	0.05
SPRC	0.04	0.3	0.06	0.005	0.05

Table 2. Electrical and mechanical properties of base metal

재료	전기적 성질			기계적 성질		
	전기저항 ($\mu\Omega$ m)	열전도도 (w/m ² °C)	용점 (°C)	항복강도 (kgf/mm ²)	인장강도 (kgf/mm ²)	연신율 (%)
SPCC	0.016	65	1535	18	30	40
SPRC	0.016	65	1532	206	353.2	37

각 시험편의 인장 강도는 인장 속도(loading speed)를 10mm/min로 하여 인장 시험을 실시하여 측정하였다. 피로 강도의 측정은 JIS Z 3138규격에 따른 피로 시험의 수행을 통해 이루어졌으며, 응력비 R=0인 편진 인장 조건으로 하중을 제어하는 방식으로 시험을 실시하였다. 변동 하중의 반복수는 20Hz로 하였다. 인장 시험과 피로 시험은 모두 Instron model No. 8516을 이용하여 수행하였다. 금속 현미경을 이용하여 단면의 미시 조직을 촬영하였으며, 경도 측정은 마이크로 비커스 경도기(Micro Vickers Hardness Tester)를 이용하였다. 본 실험에서는 CO₂ plug 용접의 경우 구멍직경은 6mm이고 사용된 토치(torch)는 fig.1과 같고, 저항 점용접은 용접전극경이 6mm인 반구형(dome type)의 용접전극을 사용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

SPCC의 경우에 저항 점용접 시험편과 CO₂ plug용접 시험편의 경도 분포를 Fig.2에 나타내었다. 경도측정위치는 용접부 중심에서의 거리(y)를 너깃의 반경(r)으로 나눈 무차원 변수(y/r)의 함수로 제시되어 있다. 경도는 전체적으로 CO₂ plug용접의 경우가 크게 나타났다. 저항 점용접의 경우는 너깃 근

처에서 경도가 급격한 변화가 일어나며 너깃을 조금 벗어나면 모재의 경도와 거의 같아진다. CO₂ plug 용접의 경우는 너깃 끝단에서 모재쪽으로 가면서 경도가 완만히 감소하고 있음을 보여준다. 이는 용접시간이 길고 넓은 범위에 걸쳐 가열되므로 용착부 주위에 넓은 열영향부를 갖게 되기 때문이다. 또한 너깃에서의 경도가 CO₂ plug 용접의 경우가 높은 이유는 탄소 함량이 많기 때문으로 판단된다.

저항 점용접 시편과 CO₂ plug 용접 시편에 대해 수행한 인장 시험의 결과를 Fig.3에 나타내었다. 저항 점용접은 좁은 데이터의 산포를 보이지만 아아크 용접을 사용한 다른 시편들은 어느 정도의 산포를 가지는 것으로 나타나 있다. 저항 점용접 시편과 CO₂ plug 용접 시편의 인장 강도를 살펴보면 각 경우에 있어서 SPRC를 사용한 시편이 더 높은 강도를 가지는 것을 볼 수 있다. 그 증가폭은 CO₂ plug 용접 시편의 경우가 저항 점용접 시편의 경우보다 작은 것을 알 수 있다.

본 연구에서 CO₂ plug 용접부의 품질에 영향을 미치는 용융부족(lack of fusion)과 두 판재사이의 틈새(Interface gap) 간격이 크게 나타난 경우를 Fig.4에 제시하였다. 두 판재사이의 틈새 간격을 0mm, 0.3mm, 0.4mm, 0.45mm와 0.6mm로 하여 피로시험을 한 결과를 Fig.5에 나타내었다. 이것은 구멍직경이 6mm plug 용접 시험편을 이용하여 하중범위 200kgf에서 피로시험을 수행한 것이다. 0mm과 0.3mm인 경우가 비슷한 피로수명을 나타내고 0.4mm에서부터 피로수명이 낮아지는 경향이 뚜렷이 나타나고 있다. 판재 틈새증가로 인한 모멘트 작용의 증가가 피로수명에 나쁜영향을 미치는 것으로판단된다.

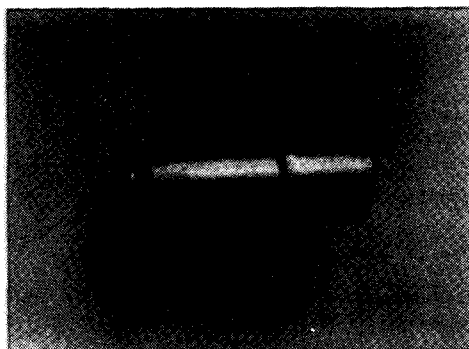
4. 결론

1. 너깃부위의 경도분포는 CO₂ plug 용접이 저항 점용접에 비해 높게 나타났고, 열영향부의 분포범위도 넓게 나타났다.
2. CO₂ Plug 용접의 경우 인장시험의 데이터 산포가 저항 점용접에 비해 크게 나타났으며, 인장강도는 SPCC의 경우 높게 SPRC의 경우는 저항 점용접과 비슷한 수준을 보였다.
3. CO₂ plug 용접부의 품질에 영향을 미치는 인자로서 용접부 내부의 용융부족(lack of fusion)과 두 판재사이의 틈새 간격이 있었으며, 특히 판재 틈새간격 0.4mm에서부터 피로수명이 낮아지는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 이를 통해 반자동 실드가스 용접기를 이용한 CO₂ plug 점용접시 두 판재간의 밀착이 중요한 용접공정변수임을 알수 있으며, 실드가스 배출이 용이한 CO₂ plug 점용접용 토치를 사용하여 작업자가 용접판재에 수직하는 방향으로 일정한 가압을 줌으로써 양호한 점용접부의 판재틈새를 획득할 수 있다.

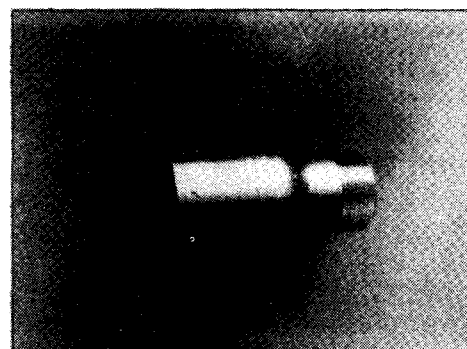
후기 : 본 연구는 부산대학교 정밀정형 및 금형연구센터의 지원에 의한 것입니다.

5. 참고문헌

1. 英國熔接學會, “自動 炭酸가스 熔接”, (1984)
2. 現代自動車(株), “電氣抵抗熔接”, (1985) pp. 3-60



(a) Normal torch



(b) Spot welding torch

Fig.1 The shape of CO₂ plug arc welding torchs

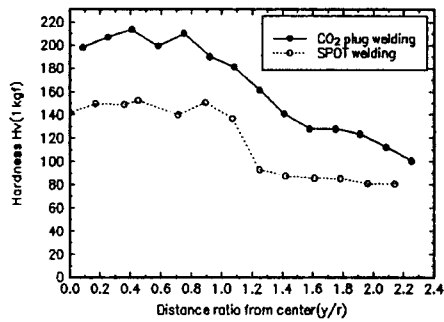
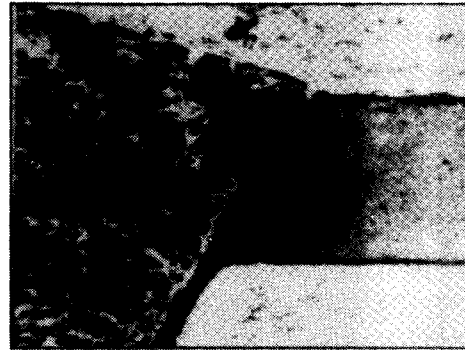


Fig.2 Micro-vicker's hardness of SPCC specimens



(a) Gap of plates



(b) lack of fusion

Fig.4 Magnified photograph of welding defects near the nugget of CO₂ plug welding (×50)

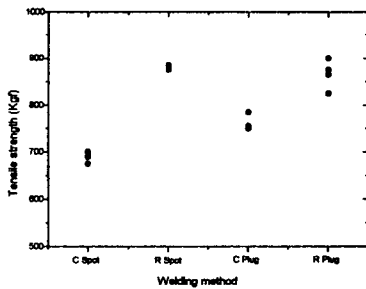


Fig.3 The relationship between tensile strength and welding method for SPCC and SPRC specimens

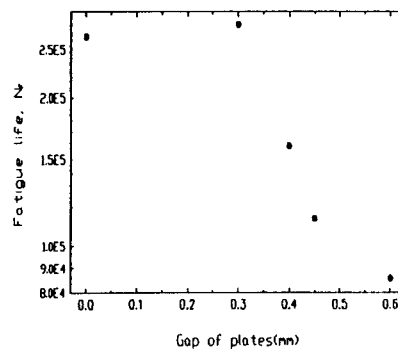


Fig.5 The relationship between fatigue life and gap of plates for SPCC specimens