

페라이트계 STS 용접부 특성에 미치는 용접재료와 보호가스의 영향에 관한 연구

A Study on the Effect of Filler Metal and Shielding Gas on the Properties of Ferritic Stainless Steel Welds (409L)

*김민중, *이종섭, **정호신,***박재용,
*포항산업과학연구원, **부경대학교, ***(주)세종

1. 서론

자동차의 배기 시스템에는 주철, 스테인리스강, Al-coated steel, 탄소강 등의 많은 종류의 소재가 사용되고 있으며 이들 재료를 다양하게 조합한 이중금속 용접이 적용되고 있다. 이러한 배기 시스템에서 페라이트계 스테인리스강인 409L 은 가공성과 경제적인 측면에서 많이 사용하고 있는 소재이다^{1),2)}. 그러나 현재 이 강의 동종 및 이중금속 용접시 페라이트계 또는 오스테나이트계 용접재료가 적절한 기준없이 혼용되고 있으며 보호가스 선택에 대해서도 동일한 사정이다. 기존의 연구결과에 의하면 GTAW 에서 보호가스로 주로 이용되는 Ar 에 산소를 첨가하면 아크 안정성 개선과 용접부 질소침투 억제에 효과가 있다고 알려져 있고³⁾, 또한 grain size 의 미세화에도 기여한다고 보고되고 있다⁴⁾.

본 연구에서는 페라이트계 스테인리스강을 용접재료와 보호가스를 변화시켜 용접한 각각의 용접부에 대해 조직을 해석하고 이들의 기계적 특성을 비교함으로써 적정 용접재료와 보호가스를 선정하고자 하였다.

2. 실험방법

페라이트계 스테인리스의 용접부 조직 및 성능에 미치는 용접재료와 보호가스의 영향을 검토하기 위하여 409L 을 모재(1.5t)로 하여 용접재료와 보호가스의 종류를 변화시켜 용접을 실시하였다. 용접재료로서는 E309, E436, E409Ti (FCA wire)를 사용하였는데, Table 1 에 사용된 모재와 용접재료의 화학성분을 나타내었고, Table 2 에 나타난 완전 용입이 일어나는 용접조건을 나타내었다. 보호가스는 Ar+2% O₂, Ar+5% O₂, CO₂ 가스를 이용하였고 용접은 GMAW 를 이용하여 bead-on-plate 용접을 실시하였다. 용접부의 기계적 성능은 Erichsen test 를 실시하여 평가하였다. Fig 1 은 실험에 사용된 시험편의 형상을 모식적으로 나타내었다.

또한 용접금속의 화학조성 및 조건에 따른 용접부의 특성변화 원인을 분석하기위해 미세조직 관찰과 비커스경도시험을 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 2 는 페라이트계 스테인리스강인 409L 을 용접재료와 보호가스를 변화시켜 용접한 용접부의 미세조직을 관찰한 사진이다. 409L 을 페라이트계 용접재료인 E409Ti 및 E436 으로 용접하면 Ar+O₂ 분위기에서는 용접부가 100% 페라이트 조직을 나타내었으며 CO₂ 분위기에서는 마르텐사이트가 생성되었다. 마르텐사이트는 E436 을 이용한 용접부에서는 입계를 따라 불연속적으로 생성되어 있었으며 E409Ti 를 이용한 용접부에서는 입내에도 생성되어 있었으며 그 양도 E436 을 이용한

용접부보다 많았다. 한편 409L 을 오스테나이트계 용접재료인 E309 로 용접한 경우에는 오스테나이트와 페라이트가 혼재한 조직을 나타내었으며 희석율에 따라서는 마르텐사이트 조직도 형성되었다. Fig. 3 에 나타난 Erichsen 시험결과에 의하면 희석율이 높아 상당량의 마르텐사이트 조직이 형성된 용접부가 기계적 성능이 가장 낮게 나타났다. 한편 마르텐사이트는 형성되지 않았으나 세 가지 보호가스 조건 중에서 페라이트 생성량이 가장 많았던 Ar+5% O₂ 의 보호가스를 이용한 용접부의 성능이 비교적 낮게 나타났다. 따라서 용접재료로 E309 를 이용하는 경우에는 희석율이 높은 용접조건을 적용하지 않도록 주의할 필요가 있는 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합해 보면 409L 강의 용접에는 페라이트계 용접와이어를 사용하더라도 E309 와이어를 사용한 용접부에 비해 기계적 성능은 크게 열화되지 않으며 페라이트계 용접재료를 이용하는 경우에는 현재 이용하는 Ar+2% O₂ 가스를 Ar+5% O₂ 가스로 대체해도 문제가 없을 것으로 판단된다. 한편 E309 를 이용하는 경우에는 용접부에 마르텐사이트가 형성되지 않도록 용접조건 설정에 주의할 필요가 있는 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- 1) 현대. 기아 연구개발본부 “ 자동차 산업에서의 스테인리스강의 적용사례 및 향후 전망” , 제9 회 철강기술심포지움 pp 57-69
- 2) Kazuhide Ishii, Atsushi Miyazaki and Susumu Satoh “ Stainless Steels for Automotive Exhaust System” , Kawasaki Steel Technical Report No.40 May 1999 pp 39-41
- 3) K.E. Dorschu. Weld. J. 50(1971) 408s-418s
- 4) T.Mohandas, G.Madhusudhan Reddy and Mohammad Naveed, “ Journal of Materials Processing Technology 94” (1994), pp133-140

Table 1. Chemical composition of the Base Metal and Welding Wires

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti
409Ti	0.04	0.45	0.51	0.01	0.02	0.02	0.01	10.82	0.01	0.88
436	0.03	0.78	0.4	0.02	0.02	-	-	17.6	1.1	0.32
309	0.03	0.55	1.36	0.02	0.015	-	13.6	23.5	-	-
409L Base	0.011	0.56	0.29	0.02	0.001	0.03	0.08	11.26	0.01	0.188

Table 2. Welding Condition

wire	r*(mm)	Current (A)	Voltage (V)	Speed (m/min)	Flow (l/min)	remark
409,436	1.2	200~245	17~20	0.7	15	
309		170~200	17~20	0.7	15	

r* = electrode diameter

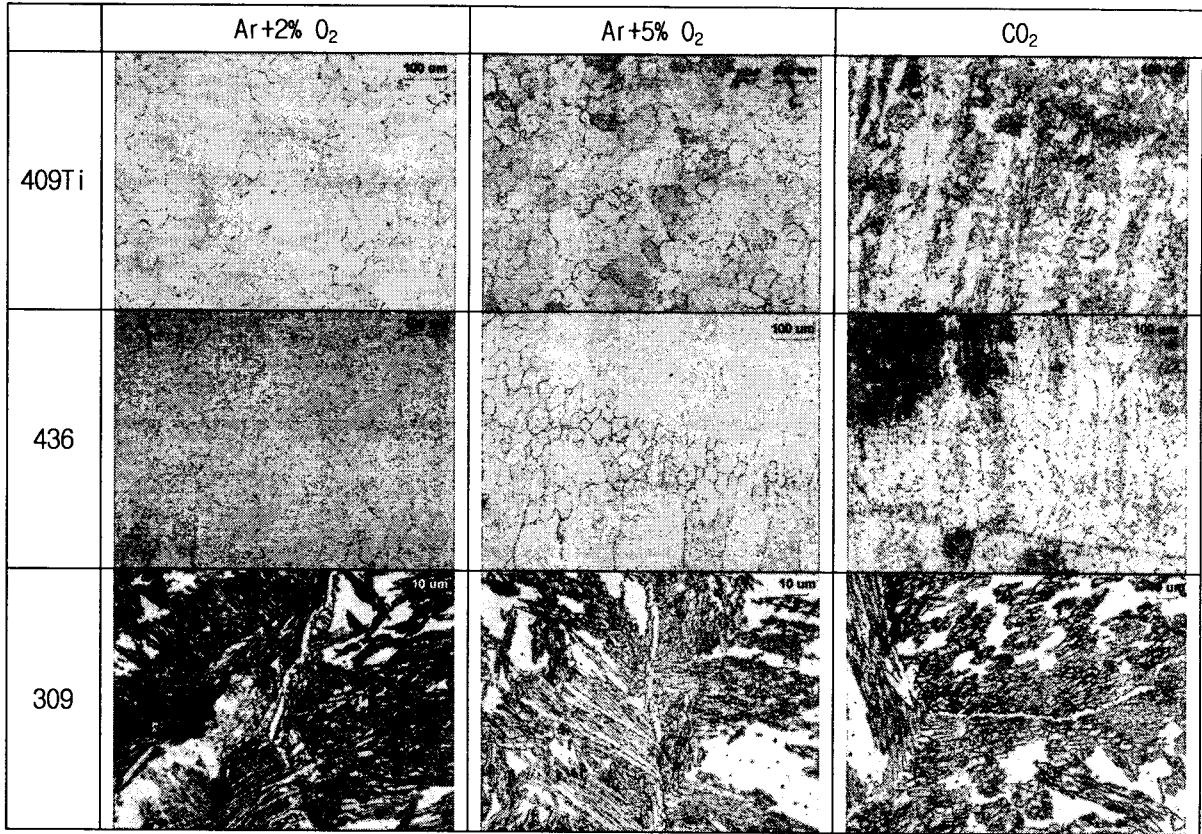


Fig 2. Microstructure of GMA Welds of type 409L with ER309, 409Ti and 436 wires.

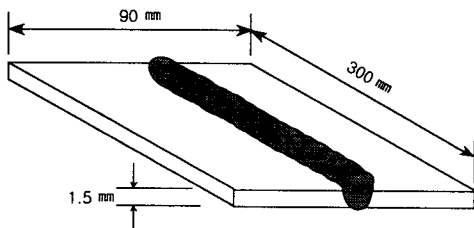


Fig 1. Scheme of the weld joint

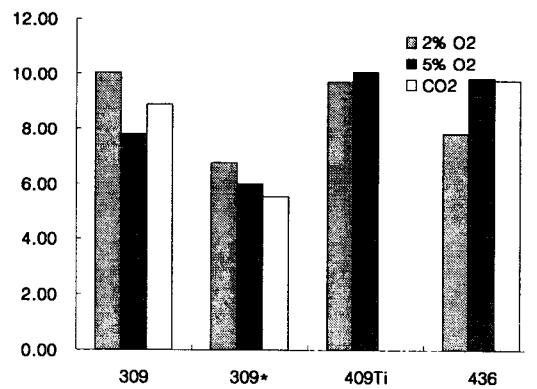


Fig 3. Effect of welding wires and shielding gases on mechanical property of welds (309* : high dilution rate)