

HOT-WIRE TIG PROCESS 에 의한 INCONEL 690 의 용접

The weldability of Inconel 690 by Hot-wire TIG process

김 종오, 송 근호, 문 인채
한국중공업 용접기술개발팀

1. 서론

일반적인 용접공정 분야에서 고품질요구, 용접효율 제고 및 자동화 적용 등의 문제를 해결하기 위하여 새로운 이론 및 적용 사례가 지속적으로 소개되고 있으며, 일부는 수행되고 있다. GTAW process 는 흔히 고품질 요구사항을 만족하기 위하여 적용되지만 용작량이 낮고 수동이나 반자동 용접방법이므로 적용에 제한성을 갖기 때문에 고용착량 및 자동화가 가능하면 이러한 제한성을 해결할 수 있어 이미 Hot-wire welding system 이 소개되어 있다. 이 System 적용으로 건전한 용접부, 고품질, 고효율이 가능하므로 본 고찰에서는 용접량이 특히 많고 고품질이 요구되는 Overlay 용접부에 실 적용하여 그 적용방법 및 용접결과를 바탕으로 그 적용조건을 제시하여 적용성을 분석하고자 한다.

2. Hot wire welding

이 용접 방법은 GMAW process 의 용가재 용융특성을 이용한 것으로 용가재를 독립된 Power source 를 사용하여 Contact tube 의 끝과 용접 Wire 사이의 저항열로 용접아크 없이 용융풀로 녹아 들어 용접비드를 형성한다. 용가재 공급속도와 용접전류의 상호관계가 중요하며 GTAW, Plasma, SAW process 에도 적용할 수 있고 용접기공 생성 방지 및 희석율 조정이 용이하고 고용착속도를 위하여 2개 이상의 Torch 사용 및 Oscillator 사용도 추천된다.

3. 시험자재 및 방법

본 시험에서는 Tubesheet overlay 용접에 적용하여 실제 가능성을 검토하고자 실제 소재를 대상으로 하였으며 시험은 GTAW/PAW power source 및 효율과 자동화를 고려한 Arc length control 장치와 Oscillator 기능을 포함한 장비를 사용하였다[Table 1], [Table 2]. 용접변수는 용접결함을 방지하기 위하여 예비 시험을 통해 얻은 변수를 사용하였다[Table 3].

Table 1. Chemical compositions of SA508 CL.3 base material used (wt.%)

Element	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Al	Cu
Min.	0.19	0.15	1.35	Max.	Max.	0.80	0.17	0.45	Max.	0.02	Max.
Max.	0.22	0.25	1.45	0.01	0.01	1.00	0.23	0.55	0.03	0.03	0.10
Aimed	0.20	0.20	1.40	Max.	Max.	0.95	0.20	0.50	Max.	0.025	Max.
				0.01	0.01				0.03		0.10

Table 2. Chemical compositions of ERNiCrFe-7 filler metals used (wt.%)

Element	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Fe	Cu	Ti	Al
Aimed	0.023	0.212	0.22	0.006	0.003	59.01	28.84	10.21	0.0655	0.257	0.642

Table 3. Welding parameters used for Hot Wire TIG Welding

Layer No.	Main Current (A)	Power Voltage (V)	Welding Speed (cm/min)	Hot-wire Power Voltage (V)	Max. Heat Input (J/cm)
1	385 ~ 423	14.8 ~ 20.5	10.8 ~ 14.5	6.67 ~ 7	48.175
2	375 ~ 404	14.8 ~ 16.3	11.6	6.67 ~ 7	48.175
3	380 ~ 400	15.1 ~ 17	11.6	6.67 ~ 7	48.175

Table 4. Chemical compositions of welded metals welded with Inconel 690 filler metals (wt.%)

Layer No.	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe	Al	Mo
1	0.058	0.19	0.51	0.008	0.009	R	22.77	25.40	0.45	0.10
2	0.038	0.18	0.37	0.006	0.003	R	26.00	13.51	0.52	0.03
3	0.032	0.20	0.33	0.006	0.003	R	27.68	10.57	0.54	0.02

4. 결과 및 분석

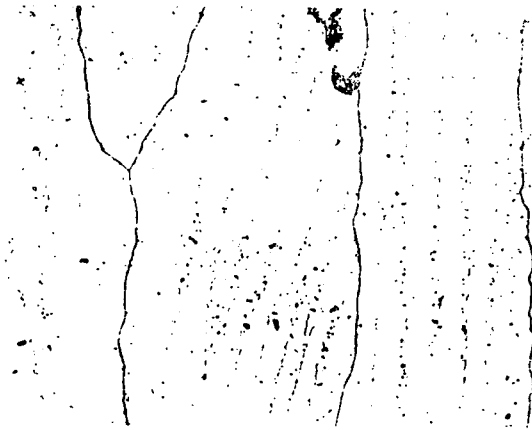
예비 시험의 결과 전극봉과 용가재 공급 거리가 적정하지 않으면 용가재가 용융풀 내로 공급되지 않아 용융되지 않은 용가재가 발생하거나 전극봉에 부딪히며 또한 용가재 공급 토치의 각도가 적정하지 않아도 이와 같은 현상이 발생하므로 전극봉 토치와 용가재 공급토치에 의한 용가재 공급의 방향 및 각도가 용접비드 형상에 대단히 큰 영향을 미치고 있다. 용가재 공급토치 용가재 공급속도가 7 ~ 10m/min 이므로 Tube, Insulator 등의 부품 마모도 일반 용접장비보다 크며, 이에 따른 공급 용가재가 흔들림이 발생하므로 주기적인 점검이 필요하다. 효율 제고를 위한 장치(ALC, Oscillator 등) 사용시 주 용접변수와 일치하지 않으면 용융불량 등의 용접결함, 스파터 과다 발생이 발생할 수 있다. ASME SECT. III에 의한 액체침투 시험이나 측면굽힘 시험에서 결함이 발생하지 않았으며 초음파 시험에서도 양호하여 고온 크랙 등 결함발생이 없음을 확인하였다. 회석율은 Fe 기준으로 17 ~ 21%정도이며 용접변수에 따른 일반적 경향성이 있으며 Micro 조직과 화학분석의 탄소함량은 전형적인 양상을 보이고 있다.

5. 결론

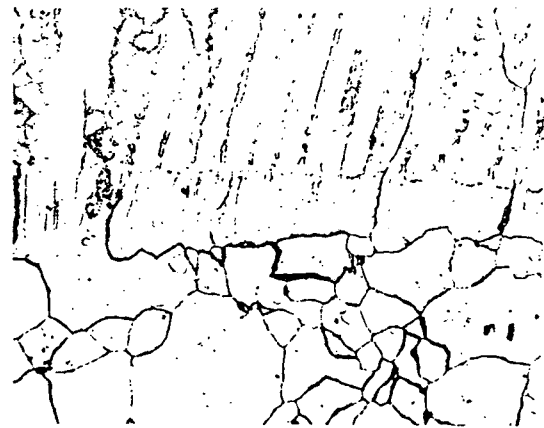
본 고찰에서 고품질, 고용량 용접방법인 Hot-wire TIG process 를 실제 적용 그 작업성을 기초하여 최적의 용접성을 평가하였으나 미시적인 분석은 Hot Wire plasma process 와 병행 검토하여 실시할 예정이다. 따라서 본 시험자재에 대한 최적의 용접조건을 도출하였으며 Hot Wire TIG process 에 대한 작업성 확보 및 실 적용에 대한 자료 확보가 가능하였다.

Fig. 1. Microstructures of weldmetals welded with Inconel 690 filler metals

(A) Microstructure of the last layer zone



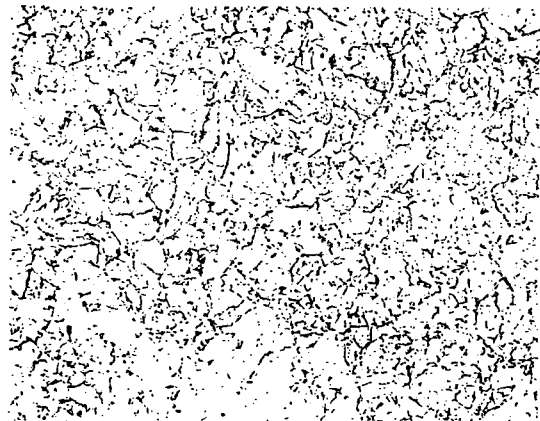
(B) Microstructure between the first layer and the second layer



(C) Microstructure of HAZ



(D) Microstructure of SA508 Cl.3 basemetal zone



참고문헌

- (1) J. Norrish, "Advanced Welding Process", 1992, pp 101-112
- (2) A. F. Manz, "Hot-wire Welding and Surfacing Techniques", Welding Research Council, Bulletin 223, 1977
- (3) K. Hori, "A Development of the Hot Wire Switching TIG(HST) Welding Process", IIW, Doc. X II -956-86, 1986