

전기저항용접시 용접부 인성에 미치는 용접결합의 영향(I)
 (The effect of welding defects on the toughness of weldment in ERW)

김동환*, 정영복, 정강욱, 서정현 (현대강관)

1. 서론

1973년 제1차 OIL SHOCK는 에너지 절감과 더불어 신규 유전을 개발케 했으며 이때 유정용 강관의 급격한 수요가 요구되었다. 따라서 종래 사용해 오던 SEAMLESS강관만으로는 이의 수요에 충족치못하여 ERW관의 대체 사용이 불가피하게 되었다. 그러나 ERW관의 경우 대기환경중에서 용접되기 때문에 용접부의 신뢰도가 낮고 또 실지로 사용현장에서 종종사고가 발생하여 사용이 기피되기도 하였다. 그러나 비파괴 검사기술의 향상등과 더불어 용접부에 대한 계속적인 연구노력으로 신뢰도가 높은 ERW관을 제조하기에 이르렀다.

ERW용접강관의 대표적인 결함으로 냉접(Cold weld)과 Penetrator결함이 있으며 Penetrator는 가열시에 생성된 산화물 가운데에서 고융점의 것이 배출되어 접합면에 잔류되었다는설¹⁾과 가열시 전자력에 의해 배출되어 대기 산화된 용강이 접합부에 환류되었다는설²⁾이 있으며 이 결함은 속도 및 입열과 깊은 관계가 있고 저속 또는 고입열에서 Penetrator가 발생하기 쉬운것으로 보고되고 있다.

본 연구에서는 파이프 고강도화 추세 및 용접부 저온인성 요구에 따라 고Mn재에서 발생하기 쉬운 Penetrator결함³⁾등 용접결합이 용접부 인성에 미치는 영향에 대해 연구하였다.

2. 실험방법

시험의 목적은 ERW에서 weld defect의 형성에카니즘을 찾는것이 아니라 기 형성된 용접결합부의 인성을 파악코저 하는데 있다. 시험 파이프의 화학성분을 표1에 조관조건을 표2에 각각 나타내었다.

<표 1> 시험파이프의 등급 및 화학성분(wt%)

구분	등급	(외경X두께)	C	Si	Mn	P	S	Mn/Si
A	API X70	16in. X 9.6mm	0.070	0.19	1.40	0.015	0.003	7.4
B	API X70	16in. X 8.6mm	0.060	0.24	1.38	0.016	0.002	5.8
C	API X80	16in. X 8.6mm	0.065	0.22	1.51	0.017	0.003	6.9

<표 2> 조관조건

구분	SPEED (MPM)	POWER INPUT (전류Ax전압kV)	입 열 (비교치)	비 고
A	13.5	(14.2+14.1)X13.6	3.0	H.I=(전류X전압)/(속도X두께) *기타조건은 동일
B	16.0	(15.5+15.4)X12.0	2.7	
C	16.0	(14.0+14.0)X12.4	2.6	

*Contactor에서 스퀴즈롤 센터까지 거리 (8in.)

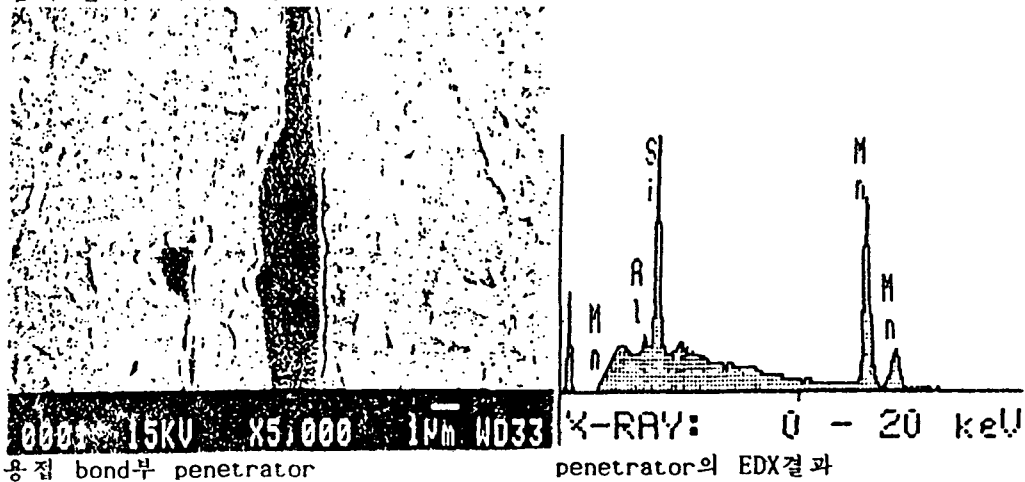
시험은 조관기를 사용하여 조관한후 고주파 ERW용접기틀 이용하여 용접 하였다. 용접pipe로부터 충격시편을 채취하였고 용접결합은 이들시편으로부터 optical microscope 및 SEM에 의해 파면으로부터 관찰되었다. 또 용접부에서 인장시험 및 경도시험등을 통해 용접부의 기계적성능을 파악하였다.

3. 시험결과 및 고찰

광학현미경 조직사진 및 파면관찰로부터 2종류의 weld defect가 관찰되었다. 시험재 A에서는 2종 또는 3종용접현상⁴⁾에서 주로발견되는 penetrator로서 길이는 10~30 μ m 정도이며 이 개재물의 EDX결과 Si-Mn계 산화물인것으로 나타났다. 시험재 B 및 시험재 C의 경우 1종 또는 2종 용접현상에서 관찰되는 cold weld로 개재물은 10~100 μ 크기를 가지고 있어 통상 cold weld시 관찰되는 1~2 μ 크기의 microdimple형태를 나타내지 않음으로서 입열부쪽 및 배출량(squeeze out)부쪽에 따라 잔류된것으로 판단되며 개재물의 EDX결과 Si계 및 Si-Mn계 산화물인것으로 나타났다. 충격시험결과 시험재 A의 용착부 충격인성은 -60 $^{\circ}$ C에서 다소 떨어지며 cold weld(냉접)로 판단되는 시험재 B 및 C의 용착부 충격인성은 0 $^{\circ}$ C에서 조차도 열악한 인성값을 보이고 있다. 이는 용착부내에 존재하는 개재물들이 크랙발생의 기점 및 전파를 용이하게한 때문으로 판단된다. 용접부 인장시험 및 경도시험결과 열처리가 비교적 양호한 시험재 A의 경우 용접부에 있어서 강도 및 경도 상승폭이 적으나 열처리가 부족한 시험재 B 및 C의 경우 용접부 열영향부의 강도 및 경도상승이 큼을 알수 있었는데 이는 ERW 조관시 용접부의 급열 급냉에 따른 경화조직이 열처리후 충분히 연화되지 못한 때문으로 보이며 이또한 저온에서의 열영향부 인성저하의 원인으로 보인다.

4. 결론

한냉지용으로 설계된 파이프의 경우 용접부인성이 요구되며 저온에서의 인성감소는 모재에 비해 현저한 것으로 나타났다. 이것은 열영향부에서의 hard 구조(weld 근처 metal flow에서 증가) 및 용착부(bond)내의 산화물(penetrator)의 존재에 기인하며 용접개선 표면에서의 산화개재물은 ERW 강관의 용접부 인성저하에 가장 큰 영향을 주는것으로 적은 양의 미세한 산화물의 존재로도 용접부의 인성을 감소시키는것으로 나타났다. 본 시험에서 적정입열은 시험재 A에 적용된 3.0 수준이 적절했으며 조관 측면에서 열영향부 인성개선을 위해 적절한 열처리(950 $^{\circ}$ C 이상)가 필요하며 모재측면에 있어서 Mn/Si비의 최적화(5~7)를 통해 생성된 산화물을 저용점의 슬래그화하여 용착부내에서 배출이 용이하도록 할것이 필요하였다.

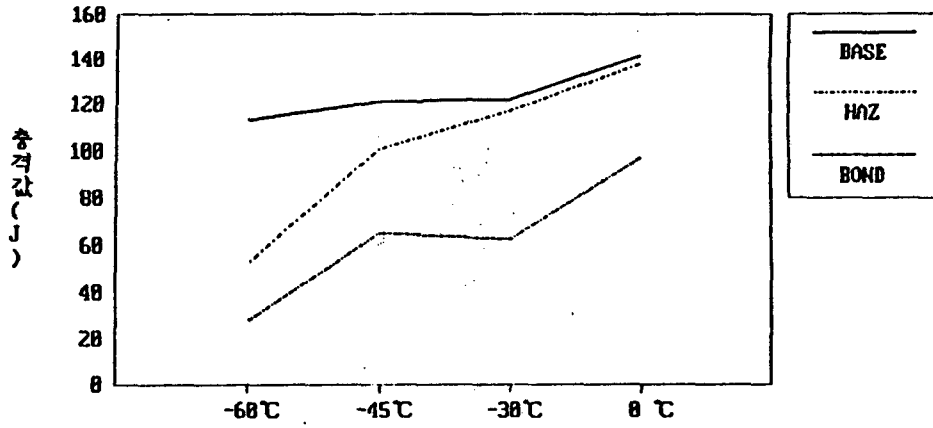


* 참고문헌

1. Tube international, January 1992.
2. "Welding Phenomena and Welding Mechanisms in High-Frequency Electric Resistance Welding -1st REPORT" WELDING RESEARCH SUPPLEMENT JULY 1980 208-212.
3. "고 Mn중경 전봉강관의 penetrator 발생에 미치는 조관조건 및 Mn/Si의 영향".
4. Study on ERW. 1. Welding Phenomena and Welding Mechanisms in H-F Electric Resistance Welding. 2. The Mechanism of Formation of Weld Defects in High-Frequency Welding". AWS 60th annual Meeting.
5. "전봉강관 용접접합부의 성상" 철과강 '82-S637
6. "Flash 용접부의 탈탄층의 생성조건 및 그것이 피로강도에 미치는 영향" 용접학회지 제43권(1974)제11호.
7. "고주파 전봉용접기구". 제철연구 제207호(1979).
8. "전기저항용접에 있어 자동입열제어 기술의 개발" 철과강 '82-S1236.
9. "자동입열제어장치와 전봉용접조건의 최적화". 철과강' 85-A53.
10. "고속 대 V수렴각 조건에서의 고주파 전봉용접현상과 용접결함 발생을" 철과강 '84-S1116.
11. "전봉강관의 제조에 대해서-주로 조관조건과 품질특성에 대하여-" 용접기술 1983.3.

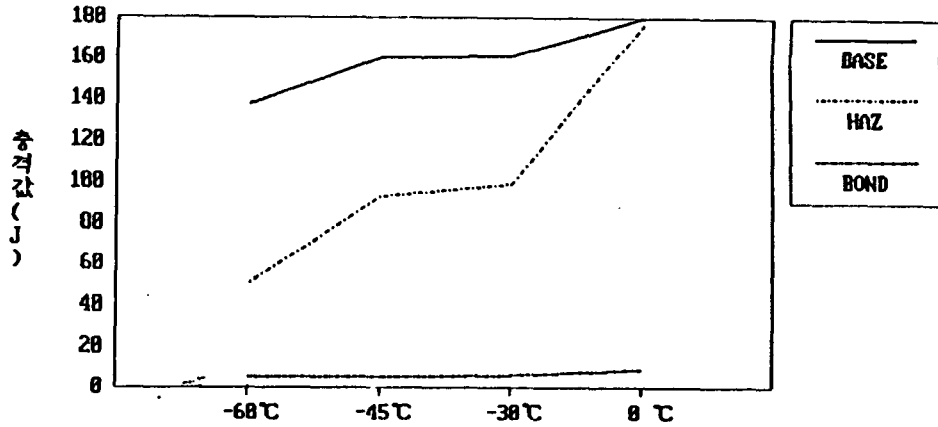
API X70 충격값(A)

(시험값X1.5)ABS환산



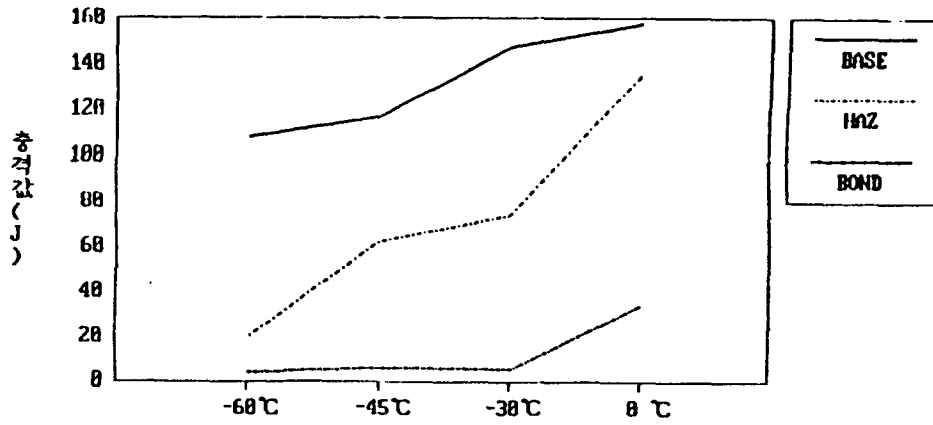
API X70 충격값(B)

(시험값X1.35)



API X80 충격값(C)

(시험값X1.35)



온도 (°C)