

내식강관 용접부의 저온손상거동에 관한 연구

Low Temperature Cracking Behaviour of a Stainless Steel Tube with a Welding Defect

한국기계연구원

이 상율*, 이 보영
이 주석, 조 종춘

1. 서 론

국내의 한 석유화학공장에서 가동 20여일 만에 나프타분해라인 중의 엘보우관에서 균열이 발생하여 큰 경제적 손실을 초래한 손상사례가 발생 하였다. 동 손상사례에서의 균열발생원인에 관한 연구분석 결과를 발표하여 국내 장치산업 및 관련 산업계에서의 유사 손상사례 발생방지 및 기술향상에 기여하고자 한다.

2. 손상배경 및 운전조건

문제의 균열이 발생한 엘보우관은 6" SCH40S 의 ASTM A403-WP304 로써 강관을 플라즈마 용접법을 이용하여 제조한 용접강관을 용접 후 냉간소성변형 시켜 엘보우로 제작한 오스테나이트계 스테인레스 강관이다. 운전온도는 약 -85°C 에서 -87°C 사이 이고 내압은 약 38Kg/cm^2 정도이고, 아세틸렌, 에틸렌등의 유기화합물이 39ton/hr 속도로 내부에서 흐르고 있다. 첫번째 균열이 발생한 후 그로부터 약 20 일 사이에 유사한 균열이 두 곳에서 더 발생하였다.

3. 실험방법

균열이 발생한 엘보우관, 사용조건이나 사용기간은 같으나 균열이 발생되지 않은 엘보우관, 그리고 전혀 사용하지 않은 엘보우관의 3 가지 시편에 대하여, as-received 상태 와 열처리 된 상태에서 비파괴시험, 조직관찰, 경도측정, 인장시험 및 충격시험을 수행 하였다.

4. 결과 - 손상원인고찰

6인치 엘보우관의 균열발생 원인은 여러가지 이유가 복합적으로 작용한 것으로 분석되는데, 비파괴시험의 결과가 보여주는 것처럼 엘보우의 내부 용접선을 따라 선형지시가 나타났고 이 선형지시는 결국 용접상의 조업미숙에 기인한 용합불량으로 판단되며, 이러한 용합불량을 갖고있는 엘보우 부품이 용력을 받게되면 용력집중현상을 유도하여 균열을 발생시킨 것으로 판단된다. 또한 엘보우 내부에서 용접부의 root 부위를 검사한 결과 용접비드를 가로지르는 횡균열 (cross crack) 이 발견되었으며 이러한 균열은 용접덧살의 성형가공시 용접조건의 불량에 기인하는 것으로 판단된다. 이렇게 발생한 균열은 미세조직을 관찰한 결과 용접부와 열영향부 그리고 모재에서 발견된 brittle한 마르텐사이트 조직을 따라 입계간 균열로 발전한 것으로 판단되며, 엘보우관 제조시에 소성변형 과정에서 형성된 마르텐사이트상을 열처리과정에서 완전히 제거하지 못한 것으로 판단된다.

요약해보면 6인치 엘보우관의 결함 발생 원인은 용접강관 제작시 발생한 용합불량과 root 부위의 용접덧살등이 성형가공시 강관모재와는 특이한 metal flow 조직을 형성하게 되었고 성형가공후 생긴 마르텐사이트 조직 등과 함께 이들 이상부위의 저온취성약화에 의한 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

Reed, R.P. and Clark, A., edited by : Materials At Low Temperatures, ASM, Metals Park, U.S.A., 1983, pp 295-312, 371-387

Rivlin, V.G. and Raynor, G.V. : Int'l. Metals Reviews, No.1, pp 21-40, 1980

Butler, E.P. and Burke, M.G. : Proc. Intl. Conf. Solid-Solid Phase Transf., Ed. by Aaronson, et. al., Pittsburgh, PA, U.S.A., 1981, TMS-AIME, pp 1403-1407

Table 1 Results of Tensile Testing

시 편	항복강도 (MPa)		인장강도 (MPa)		연 신 율 (%)		비 고
	평균	$\Delta\sigma$	평균	$\Delta\sigma$	평균	ΔE	
E6B(U)	548.4	343.4	838.2	323.2	47.8	12.8	
E6A(L)	610.0	405.0	828.0	313.0	43.0	8.0	
E6B(N)	429.5	224.5	694.9	179.9	51.0	16.0	
A403 WP304	205		515		35		STANDARD

$\Delta\sigma$ and ΔE : 시험값 과 ASTM 규정값과의 차

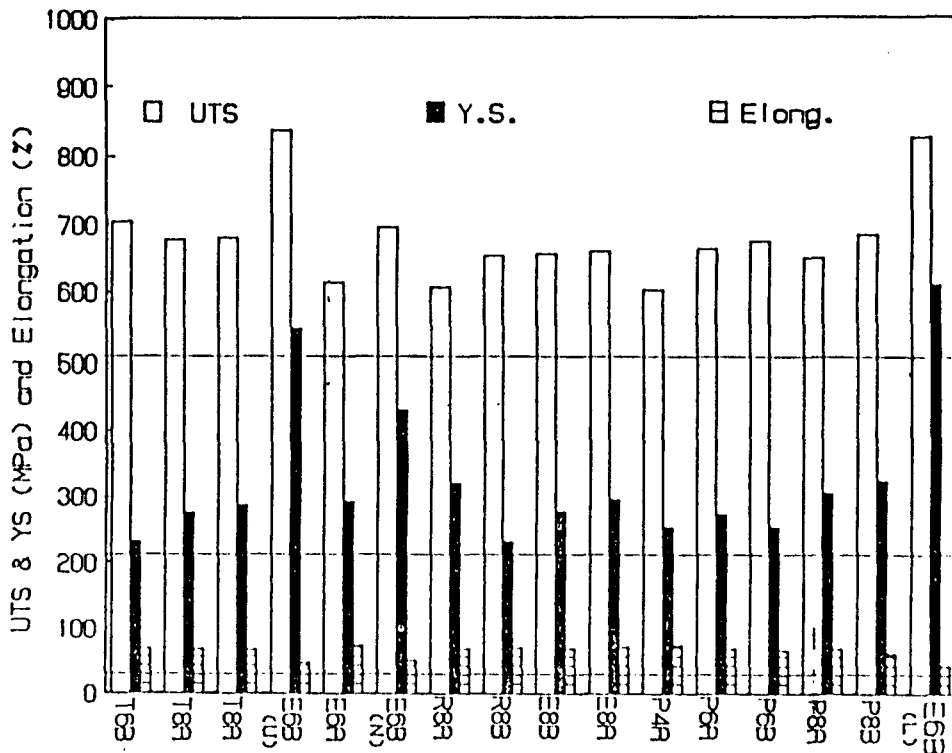


Table 2 Microhardness of 6" SCH40 Elbow

시 편	Vicker's Microhardness (DPH)		비 고
	용 접 부	용접부 근처의 모재	
EGB(L)	431 ± 25	307 ± 20	
EB6(L)H.T.	171 ± 5	182 ± 12	
EGB(U)	442 ± 29	321 ± 40	
EGB(N)	386 ± 23	220 ± 20	

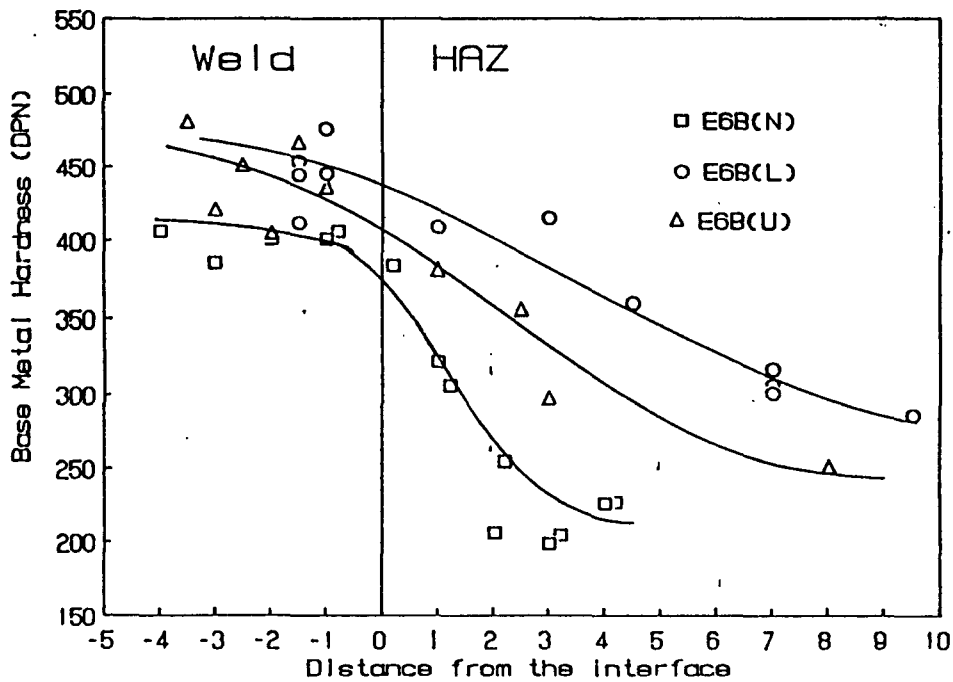


Fig. 1 Microhardness as a function of a distance from the interface between the weld and the parent metal