

용접저온균열감수성에 미치는 후판 중심부 변태조직의 영향
 Effect of Transformed Structure at mid-thickness on Weld Cold
 Cracking Susceptibility

안영호*, 이종봉*, 안승개**
 *산업과학기술연구소, **포항종합제철(주)

1. 서론

연속주조법에 의해 제조된 후판강재의 판두께 중심부에는 편석원소의 농화로 pearlite band 및 MnS계와 같은 연신된 개재물 등이 다수 존재한다. 특히 pearlite band내에는 기지조직과는 다른 이상조직(이후 변태조직)이 국부적으로 존재한다. 본 연구에서는 이와 같이 중심편석대에 존재하는 변태조직의 면적을 및 경화도를 평가하고, 용접저온균열감수성과의 상관성을 평가코자 하였다.

2. 실험방법

Table 1은 시험재의 화학성분 및 기계적 성질을 나타낸 것이다. 시험재는 용접구조용 고장력강으로 KS SWS490C에 해당하는 8종의 강재를 사용하였다. 시험재중 통상재는 W7 및 W8이며, 중심편석대의 양상에 차이를 주기 위하여 제조조건을 변화시킨 시험재는 W1~W6재이다. 변태조직의 면적율은 중심편석대가 존재하는 1/2t 지점을 중심으로 하여 1200 μ m x 800 μ m내에 존재하는 변태조직의 면적을 광학현미경 및 Image Analyzer로 측정하고, 측정시야의 전체면적에 대하여 변태조직이 차지하는 비율로 하였다. 시험재의 면적율은 시험재 각각에 대하여 30시야씩 측정하고 이들의 평균값으로 하였다. 한편 변태조직의 경화도를 측정하기 위하여 하중 25g의 초미세 vickers 경도계를 사용하였으며, 시험재 각각에 대하여 50 point씩 측정하였다. 시험재 각각의 변태조직의 경화도는 측정된 경도값의 평균값으로 하였다.

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of materials used

Materials	Chemical compositions (wt.%)						Mechanical properties		
	C	Si	Mn	P	S	Nb	Y.P (kgf/mm ²)	T.S (kgf/mm ²)	El. (%)
W1	0.14	0.22	1.35	0.016	0.005	0.03	41	55	25
W2	0.16	0.23	1.38	0.019	0.004	0.03	43	57	24
W3	0.16	0.26	1.39	0.016	0.003	0.03	43	56	23
W4	0.15	0.21	1.37	0.015	0.005	0.03	43	57	25
W5	0.16	0.24	1.41	0.018	0.005	0.03	42	57	25
W6	0.15	0.24	1.38	0.019	0.003	0.03	43	57	23
W7	0.15	0.25	1.42	0.014	0.005	0.03	43	56	25
W8	0.15	0.25	1.40	0.020	0.001	0.03	43	56	24

중심편석대의 저온균열감수성은 MTCS(Metal Thermal Cycle Simulator)를 사용한 재현 용접저온균열 시험법으로 평가하였다. 시험편은 별도의 notch없이 편석대를 시험편의 중심에 위치토록 가공한 환형 시험편을 사용하였다.¹⁾ 재현 용접열cycle은 SMAW 표준용접조건인 입열량 17kJ/cm에 상당하도록 $\Delta_{800/500}$ 을 10sec로 하였으며, 일정한 수소분위기를 위하여 가열시 부터 최대온도 1350 $^{\circ}$ C에서 5sec 및 냉각도중

900℃에서 30min동안 수소를 취입하였다. 시험시 균열이 발생하지 않는 파단시간의 기준은 7200sec(2hr)로 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 각 시험재에 대한 변태조직의 면적율을 나타낸 것으로, 시험재에 따라 다소 차이를 보이고 있다. 즉 통상재인 W7 및 W8재의 경우는 6 및 4.1%정도인 반면, W1~W6재의 경우는 10~16% 정도로서, 제조조건이 다소 변경된 시험재의 중심편석대에는 통상재에 비하여 변태조직이 많이 분포되어 있음을 알 수 있다.

Fig.2는 W5재의 모재 두께방향에 대한 경도 분포를 나타낸 것이다. 기지조직에서는 160~180Hv정도로써 전형적인 ferrite-pearlite조직의 경도값을 나타내고 있으나, 중심편석대가 존재하는 중심부에서는 최대값을 나타내는 구역이 존재하고 있다. 즉 중심부에서 305Hv정도로 기지조직에 비하여 높은 경도값을 보이고 있다. 또한 이러한 경향은 전 시험재에서 유사하게 나타남을 확인하였다. 한편 Fig.3은 시험재 각각에 대한 변태조직의 평균 경도값을 나타낸 것으로, 시험재에 따라 다소 차이를 보이고 있다. 통상재인 W7 및 W8재의 경우는 294Hv정도인 반면, W1~W6재의 경우는 320~350Hv정도로 높은 경도를 나타내고 있다.

Fig.4는 중심편석대에 존재하는 전형적인 변태조직에 대한 SEM /EPMA 분석결과를 나타낸 것으로, 분석원소는 편석원소로 잘 알려져 있는 Mn, P 및 S를 대상으로 하였다. 분석결과, 변태조직에서 Mn 및 P의 농화는 확인할 수 있으나, S의 농화는 확인할 수 없었다. 이상의 분석결과 및 변태조직의 경도로 부터 볼때, 변태조직은 주로 Mn 및 P 등과 같은 편석원소의 농화에 기인한 martensite 및 bainite등과 같은 저온변태조직이라 생각된다.

Fig.5는 균열발생 한계응력과 변태조직의 면적율과의 상관성을 나타낸 것으로, 다소 data의 편차는 있지만 거의 직선적인 상관관계를 나타내고 있다. 즉 중심편석대에서 변태조직의 면적율이 증가할수록 균열발생 한계응력은 저하함을 알 수 있다. 한편, Fig.6은 균열발생 한계응력과 변태조직의 경도와 상관관계를 나타낸 것으로, 변태조직의 경도가 증가할 수록 균열발생 한계응력은 저하한다. 따라서 Mn 및 P등의 농화로 형성된 변태조직은 중심편석대의 균열감수성을 지배하는 주요한 인자이며, 변태조직의 면적율 및 경도값으로서 균열감수성의 추정이 가능하리라 생각된다.

이상과 같은 결과로부터 통상재의 경우는 중심편석대에서 변태조직의 면적율이 6, 4.1% 및 경도값이 290Hv 정도로 낮아 구조 부재의 설계응력 이하에서 용접 저온 균열 발생 가능성은 희박하리라 판단된다. 한편 중심편석대에서 용접 저온균열 발생 가능성은 판두께 중심부에 존재하는 변태조직에 직접적으로 영향을 받으리라 판단된다. 그러나 판두께 중심부근에는 이상과 같은 변태조직외에도 MnS계와 같은 연신된 개재물이 다수 존재하고, 이러한 개재물 또한 작용하는 응력에 따라 균열발생의 site 및 균열의 진전 경로로 작용하리라 판단됨으로써, 향후 이에 대한 연구도 아울러 진행하여야 할 것으로 생각된다.

4. 참고문헌

1. 안 영 호 외 : 대한용접학회 추계학술발표 개요집, (1991), pp.97~99

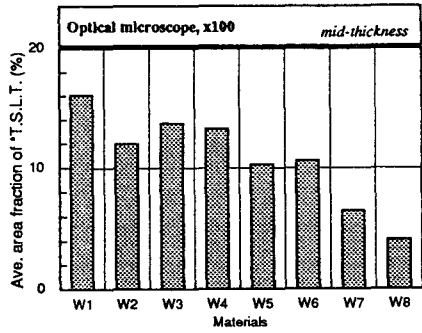


Fig.1 Average area fraction of transformed structure (*T.S.L.T. : Transformed Structure at Low Temperature)

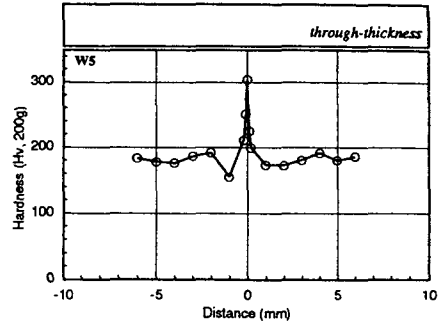


Fig.2 Hardness distribution in through-thickness direction

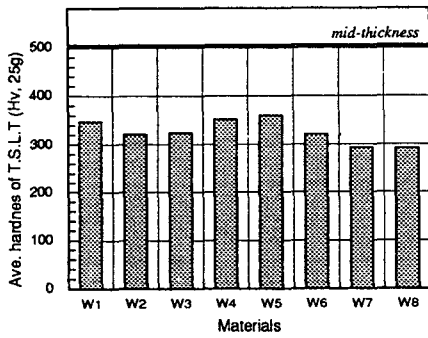


Fig.3 Average hardness of transformed structure

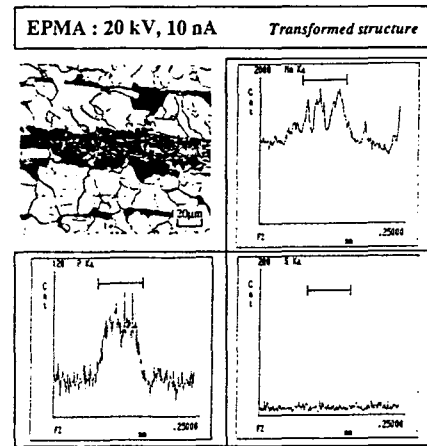


Fig.4 Change in Mn, P and S concentration in the transformed structure by EPMA

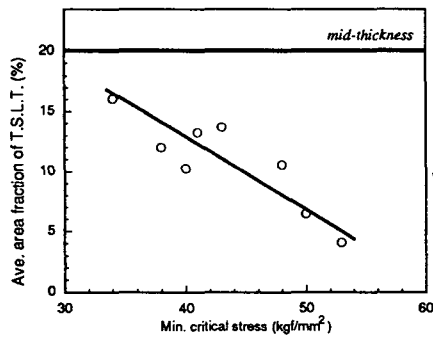


Fig.5 Relationship between area fraction and cold cracking susceptibility of transformed structure

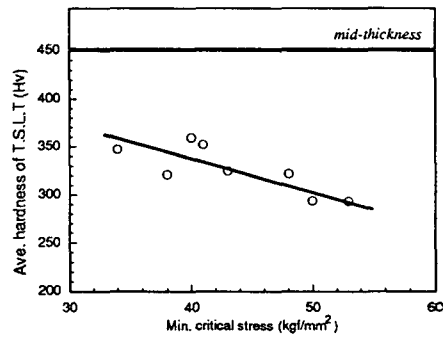


Fig.6 Relationship between hardness and cold cracking susceptibility of transformed structure