

고질소형 60kg/mm²급 고장력강의 용접 고온균열 특성
Characteristics of weld hot cracking in high nitrogen type
60kg/mm² grade high-strength steels

포항제철(주), 경상북도 포항시
정 홍철*, 한 재광, 이 중봉

1. 서론

일반적으로 고질소형 고장력강은 질화물에 의한 결정립 미세화 및 석출경화로 고강도화를 도모한 강재로서, 최근 SAW에 의한 Fillet 이음부에서 고온균열이 발생하기 쉽다고 보고되고 있다. 따라서 본 연구는 고온균열의 발생원인을 조사하기 위하여 이들 강재의 고온균열 감수성의 평가 및 실시공조건을 검토하고자 하였다.

2. 실험방법

시험재는 시판재인 고질소형 3강종(A, B, C)과 동일강도의 비교재 1종(D)을 사용하였으며, 그 화학성분은 Table 1과 같다. 시험재의 고온균열 감수성은 Trans-Varestraint 시험으로 평가하였다. 용접은 GTAW 250A-16V-12.5cm/min의 일정한 조건으로 실시하였고, 시험시 부가변형량은 0.83%, 2.5%, 5%의 3조건으로 변화시켰다. 각 시험재의 고온균열 감수성은 시험 후 비드표면에 발생한 최대균열길이 및 총균열길이를 측정하여 평가하였다.

SAW에 의한 Fillet 이음부의 균열특성을 조사하기 위하여 용접입열량을 23~47kJ/cm로 변화시켜 용접금속의 D/W비와의 상관성을 조사하였다. 이때 용접재료는 AWS A5.17 F7A8-EH14에 해당하는 Wire 및 Flux를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 시험재 및 비교재에 대한 Trans-Varestraint 시험결과를 나타낸 것으로서, 각 시험재 및 비교재는 부가변형량이 증가함에 따라 총균열길이 및 최대균열길이가 증가하는 경향을 나타내고 있다. 또한 3종의 시험재는 거의 유사한 고온균열감수성을 보이는 반면 비교재는 이들 시험재에 비하여 고온균열 감수성이 매우 낮음을 알 수 있다. 이와 같이 시험재가 비교재에 비하여 높은 고온균열 감수성을 나타내는 것은 용접시 오스테나이트(γ) 형성원소인 질소가 재고용되어 경화정도가 증대되고 γ 영역을 확대시킴으로써 S 및 P등 불순물원소들의 편석을 조장하였기 때문이라고 생각된다. 시험시 발생된 균열은 파면조사결과 모두 응고균열임이 확인되었다.

한편 Fig. 2는 SAW시 용접전류에 따른 Fillet 이음부의 D/W비의 변화를 나타낸 것이다. 용접금속의 D/W비는 용접전류가 500A에서 700A로 낮은 범위에서는 0.71~0.8로서 그 변화폭이 매우 적지만 700A이상에서는 급격히 증가하고 있다. 또한 균열은 D/W비가 약 0.71인 500A를 제외한 모든 조건에서 발생함을 확인하였다. 따라서 본 시험재와 같은 고질소형 고장력강을 SAW에 의한 Fillet이음부를 용접하는 경우에 일반적으로 알려진 강재의 고온균열 발생 방지조건인 D/W비가 0.8보다 낮게 규제할 것으로 판단된다.

Fig. 3은 Fillet 이음부의 용접금속에서 발생한 고온균열의 파면을 SAM분석한 결과를 나타낸 것으로, 불순물원소중 S만이 검출되었다.

이상의 결과로 부터 본 시험재와 같은 고질소형 고장력강의 고온균열 감수성이 높은 원인은 질소의 재고용에 따라 경화정도가 증가하고 γ 영역이 확대됨으로써 저용점화합물의 잔류하기 쉬운 환경이 조성되었기 때문이며, 또한 불순원소인 S의 편석도 일부 영향을 미친 것으로 생각된다.

Table 1 Chemical composition of materials used

Materials	Chemical composition(wt.%)													Ceq*
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo	V	Cr	Ti	O ₂	N ₂	
A	0.18	0.40	1.34	0.014	0.004	0.41	0.44	-	0.1	-	-	0.0008	0.014	0.48
B	0.19	0.39	1.27	0.018	0.004	0.52	0.51	-	0.1	0.23	-	0.0011	0.013	0.54
C	0.17	0.45	1.32	0.014	0.001	0.51	0.52	-	0.09	0.26	-	0.0007	0.015	0.53
D	0.062	0.30	1.38	0.012	0.003	-	0.30	0.28	0.04	-	0.012	0.0010	0.002	0.39

* : $Ceq(\%) = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ [IIW]

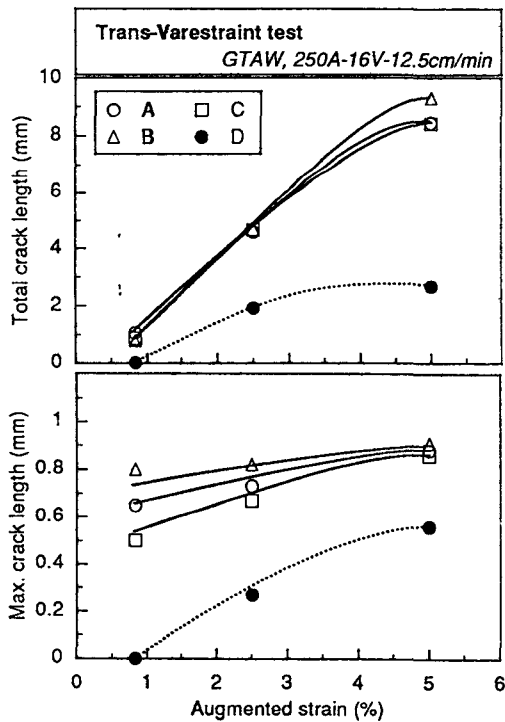


Fig. 1 Change in max. crack length and total crack length in relation to augmented strain in the Trans-Varestraint test

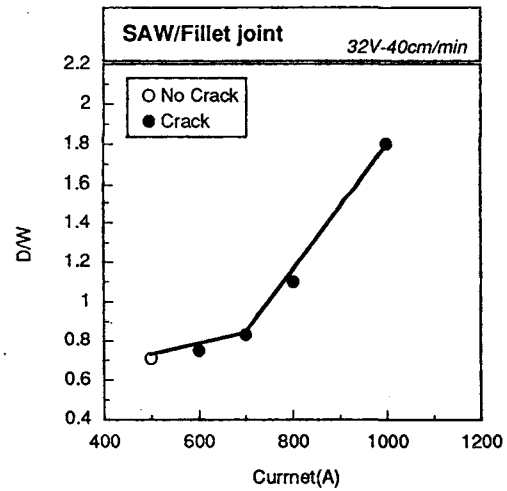


Fig. 2 Variation of D/W and weld cracking with welding current

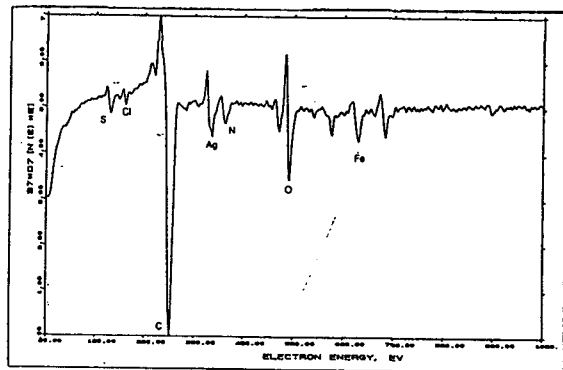


Fig. 3 Result of SAM analysis in fracture surface of SAW/fillet joint