

조선용 TMCP강 AH36-TM강의 용접부 파괴인성

Fracture Toughness of Welded Joint of AH36-TM Steel for Ship Building

김충명*, 김광수**

*포항종합제철(주),

**포항공과대학교 기계공학과

1. 서론

선박의 건조 규모가 크게 증가하는 추세에 있어서 고장력강의 사용에 대한 신뢰성을 확보함과 동시에 선박의 사용 도중 또는 제조 단계에서 내재된 균열의 존재 여부에 따른 파괴 발생 사고의 방지를 위하여 강재의 파괴인성값에 대한 보증이 요구되고 있다. 특히 선진 선박 제조 업체들은 선체 구조용 강재로서 사용하고자 하는 강재에 대하여 대형 인장 시험에 의한 파괴인성값 Kc를 설계 기준으로 채택하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 AH36-TM강의 용접부에 대하여 대형 인장 시험을 통한 파괴인성의 평가 방법을 소개하고, 강재의 화학조성 변화에 따른 파괴인성값의 변화를 고찰하여 선체 구조용 강재의 용접부 파괴인성 확보 방안에 대하여 고찰하였다.

2. 시험재 및 실험 방법

시험재는 POSCO에서 생산한 TMCP강 AH36-TM 강재로서 판 두께는 25mm의 소재를 선정하였다. AH36-TM강 모재의 화학조성은 Table 1에, 기계적 성질은 Table 2에 나타내었다. 용접부 파괴인성에 미치는 화학조성의 영향을 평가하기 위하여 시험재의 화학조성은 두 가지로 선정하였다. 용접 이음부에 대한 성능 평가를 위하여 두 가지 화학조성의 각 소재에 대해서 입열량 12.7kJ/mm의 SAW, 14.9kJ/mm의 SEG ARC 및 23.6kJ/mm의 EGW를 실시하였다. Fig.1은 시험재의 용접 이음부에 대하여 파괴인성을 평가하기 위하여 사용한 대형 인장 시험편과 notch의 형상 및 위치를 나타낸 것이다.

3. 실험 결과 및 고찰

AH36-TM강의 용접 시험재별로 얻어진 용접 이음부 인장 시험 결과는 Table 3과 같이 나타나서 판 두께 12.5mm 소재의 SEG ARC 용접부를 비롯하여 세 가지 용접 조건을 적용한 판 두께 25mm 소재의 용접부 모두 인장 강도와 항복 강도가 규격치를 충분히 만족시켰다. 본 시험에서 사용한 시험재 모두 구조 설계를 위한 강도 측면에서 충분한 기능을 가진 것으로 판단된다. AH36-TM강의 용접 조건 별로 용접 이음부에 대한 경도 분포는 판 두께별, 용접 입열량별로 큰 차이는 나타나지 않았으며, 열영향부에 있어서 fusion line의 경우는 경도가 다소 증가하였으나 용착금속

의 경도 수준과 비슷하거나 낮게 나타나고 있어, 저온균열의 발생 등 용접부 품질에 미치는 영향은 크지 않았다. 또한 TMCP강에서 나타나기 쉬운 연화 현상은 거의 발생하지 않는 안정된 품질을 보였다.

Fig.2는 판 두께 25mm 소재에 대한 충격 시험 결과를 나타낸 것으로서, 강재의 화학조성 변화에 따른 충격 인성의 변화를 비교한 것으로서, fusion line을 비롯한 열영향부 전체가 강재의 요구 규격 값을 충분히 만족한다. 두 가지 화학조성에 있어서 모재에 가까운 HAZ 3mm나 HAZ 5mm에서는 거의 비슷한 수준을 나타내고 있으나, 가장 취약한 위치인 fusion line 및 HAZ 1mm 위치에서는 저carbon재의 경우가 상대적으로 우수한 충격 인성을 나타내고 있다. Fig.3은 0.14%C의 화학조성을 가진 소재에 적용한 두 가지 용접 조건의 용접부에 대하여 대형 인장 시험에서 얻어진 파괴인성을 나타낸 것으로서, 두 가지 용접부가 모두 강재의 사용 용도별로 구분된 요구치를 크게 상회하는 우수한 파괴인성을 나타내고 있으며, 입열량 14.9kJ/mm의 FAB 용접부가 23.6kJ/mm의 EGW 용접부보다 다소 우수하게 나타나고 있다. 강재에 요구되는 파괴인성 요구치의 기준 온도인 0°C에서의 파괴인성 값은 약 550kgf/mm^{3/2}로 나타났다. Fig.4는 0.13%C의 화학조성을 가진 소재에 대한 파괴인성을 나타낸 것으로서, 역시 기준 온도인 0°C에서의 파괴인성값이 약 550kgf/mm^{3/2}로 나타나 강재의 규격을 충분히 만족하는 우수한 수준을 보였다. Fig.3과 Fig.4에 나타난 바와 같이 두 가지 화학조성을 가진 소재에 대한 파괴인성 평가 결과, 기준 온도에서의 파괴인성은 동일한 수준으로 나타났으나, 전체 시험 결과를 비교하여 보면 시험 온도가 저온으로 갈수록 0.13%C의 시험재가 더 우수한 파괴인성을 보이고 있다. 따라서 carbon 첨가량을 감소시키는 것은 기준 온도인 0°C에서의 파괴인성 값에는 영향을 크게 미치지 않으나, 저온에서의 파괴인성을 크게 안정화시키는 것으로 나타났다.

Table 1 Chemical compositions of materials used.

Materials	Thick.	C	Si	Mn	P	S	Sol.Al	Ti	Ceq*
A	25mm	0.131	0.26	1.26	0.019	0.005	0.036	0.015	0.341
B		0.140	0.26	0.98	0.013	0.001	0.040	0.014	0.310

* Ceq(%) = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14 (%)

Table 2 Mechanical properties of materials used.

Materials	Thickness	T. S. (MPa)	Y. S. (MPa)	Elongation(%)	vE ₀ , (joule)
A	25mm	538	407	23	205
B		519	416	22	250

Table 3 Tensile properties of welded joint of materials used.

Materials	AH36-TM/0.13%C			AH36-TM/0.14%C	
	25			25	
Thickness	SAW	SEG ARC	EGW	FAB	EGW
T. S. (MPa)	510	529	522	512	524
Y. S. (MPa)	357	384	368	359	368

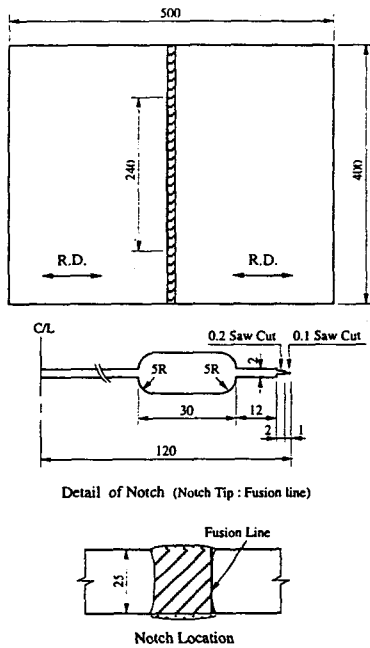


Fig.1 Center Notched wide plate tension test specimen.

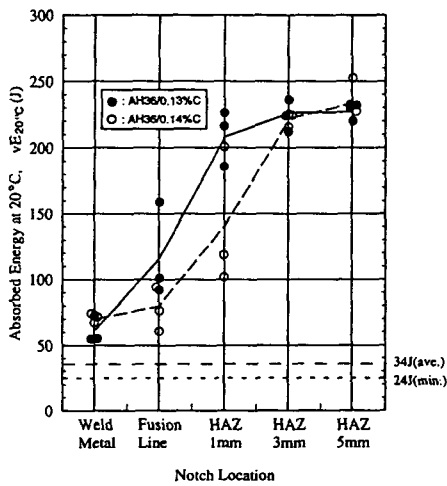


Fig.2 Comparison of CVN absorbed energy. (Grade:AH36,Thick.=25mm, EGW)

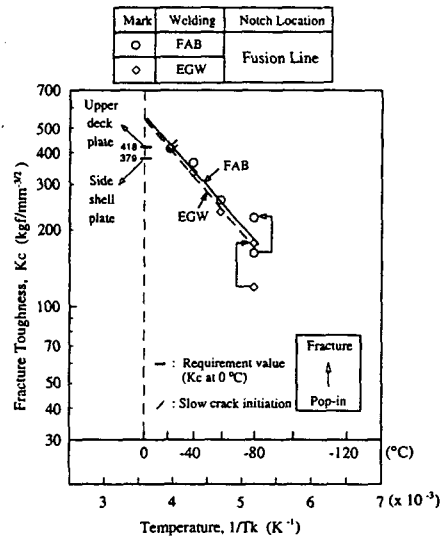


Fig.3 Comparison of wide plate tension test results. (AH36-TM/0.14%C)

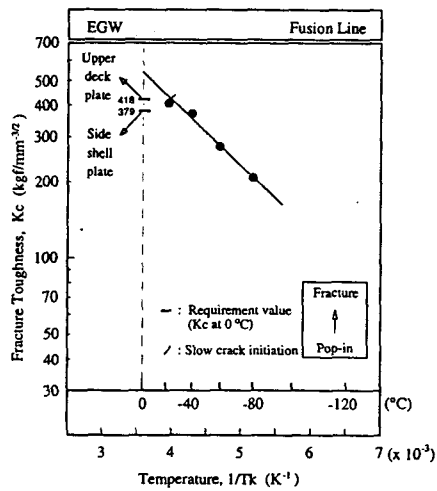


Fig.4 Results of center notched wide plate tension test. (AH36-TM/0.13%C)