

# LNG Tank용 9% Ni강의 파괴 인성 평가

## Fracture toughness evaluation of 9% Ni steel plates for LNG tank

김 결실, 서 인식  
포항제철(주) 기술연구소

### 1. 서론

국내의 산업발전에 따라 천연가스의 사용량은 점차 증가하고 LNG 저장 기지의 건설도 평택에서 시작하여 인천등으로 확대되고 있는 실정이다. LNG tank용 소재로 사용되고 있는 9% Ni강을 초기에는 수입하여 사용하였지만, 1996년에 착공된 인천 LNG 기지의 205호기 부터 포항제철에서 생산된 9% Ni강판이 사용되었다.

본 논문에서는 인천 205호기 tank용 소재로 공급된 9% Ni강판의 파괴 인성 평가 결과를 소개한다.

### 2. 시험재

시험재는 포항제철에서 ingot casting 과 QLT 열처리 방법으로 생산된 두께 22mm의 9% Ni 강판을 사용하였다. 강판의 화학성분은 Table 1에, 강판의 기계적 성질은 Table 2에 나타내었다. 판번호 D28096과 D28102는 100ton 전로 2 charge의 각각의 대표판이다. 강판의 화학성분과 기계적 성질은 ASTM A553 규격의 요구치를 만족시키고 있음을 알 수 있다.

### 3. 파괴인성평가방법 및 결과

9% Ni 강판의 파괴인성 평가는 취성균열 발생특성과 취성균열 전파정지특성에 대하여 실시하였다.

취성균열발생특성은 COD 시험으로 평가되었고 시험의 결과를 Table 3에 정리하였다. 시험온도는 LNG tank의 설계온도 즉 천연가스의 액화온도인  $-164^{\circ}\text{C}$  이었고, 시험부위는 판내 재질편차를 조사하기 위하여 판의 길이방향으로 top

부(T)와 bottom부(B) 및 판의 폭방향으로 양 edge부(1, 3)과 중앙부(2)이었다. 압연방향에 따른 이방성을 조사하기 위하여 L 과 C 방향에 대하여 평가하였다. 시험의 결과를 보면 한계 CTOD 값이 시험부위와 시험방향에 관계없이 수요가의 요구치인 0.2mm를 훨씬 상회하는 값을 나타내고 있음을 알 수 있다.

취성균열 전파정지특성은 Fig. 1에 보여주는 것과 같이 혼성 ESSO 시험으로 평가되었다. 혼성 ESSO 시험시의 취성균열 전파에너지를 추정하기 위하여 Fig. 2에 보여주는 것과 같이 crack gage를 부착하여 취성균열의 전파속도를 측정하였다. 혼성 ESSO 시험의 결과를 Table 4에 정리하였다. 시험은 LNG tank의 설계온도보다 낮은 액체질소 온도 -196℃에서, 작용응력은 설계응력보다 높은 40 kgf/mm<sup>2</sup>이 주어진 상태에서 실시되었다. 취성균열이 취화판과 용접부는 통과하지만 시험판에서는 전파되지 않는 결과를 얻었다. 이와같은 결과에서 만약 LNG tank에서 취성균열이 발생할지라도 시험강판은 취성균열의 전파를 저지할 수 있는 파괴인성치를 갖고 있음을 알 수 있다.

Table 1. Chemical Compositions (wt.%)

Mark	C	Si	Mn	P	S	Ni
Spec.	≤0.13	0.13 - 0.45	≤0.98	≤0.035	≤0.040	8.40 - 9.60
D28096	0.06	0.24	0.67	0.004	0.001	9.26
D28102	0.06	0.24	0.66	0.004	0.001	9.25

\* ASTM A553

Table 2. Mechanical Properties

Mark	Tensile Property			Impact Property	
	YS (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	Absorbed Energy (J) -196℃	
				L	T
Spec.	≥585	690 -825	≥20	≥34	≥27
D28096	682	754	28	220	171
D28102	675	745	29	222	192

Table 3. Results of COD test

Testing Temperature (°C)	Testing Position	Testing Direction	Critical CTOD value (mm)		
			Plate No. D28096	Plate No. D28102	Required value of user
-164	T1	L	0.51	0.49	≥ 0.20
		C	0.54	0.49	
	T2	L	0.54	0.47	
		C	0.45	0.54	
	T3	L	0.48	0.64	
		C	0.52	0.52	
B1	L	0.65	0.58		
	C	0.54	0.53		
B2	L	0.73	0.56		
	C	0.49	0.37		
B3	L	0.82	0.59		
	C	0.50	0.42		

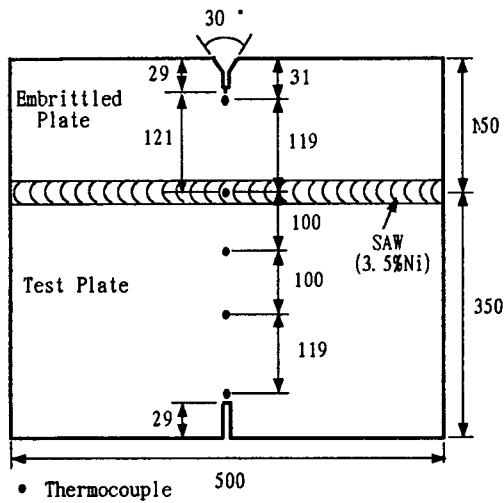


Fig. 1. Duplex ESSO specimen

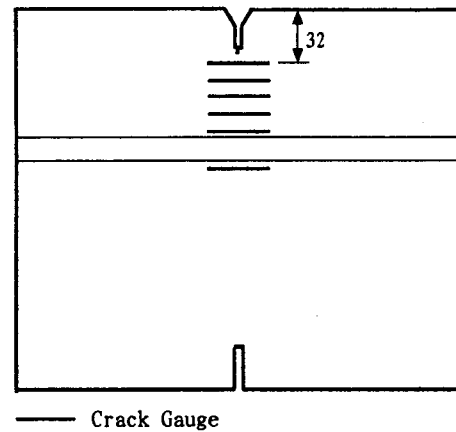


Fig. 2. Estimation of brittle crack velocity

Table 4. Results of Duplex ESSO test

Plate No.	Testing Position	Testing Conditions			Judgement
		Direction	Temperature (°C)	Applied Stress (kg/mm <sup>2</sup> )	
D28096	T2	L	-196	40	Arrest
	B2				'
D28102	T2				'
	B2				'