

(735) 高温高压容器の水素誘起割れに対する安全性解析 (第1報)

2 1/4Cr-1Mo 鋼の焼もどし脆性と水素脆性との相互作用

日立造船(株) 技術研究所 藤井忠臣, ○堀田隆一  
野村和夫

1. 緒言: 高温高压水素が介在する重油直接脱硫リアクターなどの容器では、高温長時間使用によって焼もどし脆性が使用中の水圧テストで問題となるが、さらに、鋼中の残留水素によって生じる水素誘起割れも脆性破壊の原因になると考えられる。本研究では、水素誘起割れ下限界応力拡大係数  $K_{IH}$  に及ぼす焼もどし脆化度、結晶粒度、および溶解水素濃度の影響を調査した。

2. 実験方法: Table 1 に示す焼もどし脆化感受性の異なる4種類の 2 1/4Cr-1Mo 鋼および1種の 1 1/4Cr-1/2Mo 鋼を用い、Table 2 に示すように熱処理を行なった後、1T-WOL試験片を作製し、 $H_2S$  を飽和した0.5%酢酸水溶液(30°C)に1000時間浸漬することにより、水素誘起割れに対する  $K_{IH}$  を求めた。また、80×25×5の板状試験片を同浸漬液に1週間浸漬した後、グリセリン置換増量法<sup>1)</sup>により各試験片の溶解水素濃度も測定した。Table 2 に溶解水素濃度  $C_0$  を示すが、引張強さの高い試験片ほど  $C_0$  が高くなっている。

3. 実験結果: Fig. 1 から明らかなように、 $K_{IH}$  は  $vTrs$  が高くなるほど(焼もどし脆化感受性が高い鋼ほど)、結晶粒径  $d$  が大きいほど(母材より溶接熱影響部ほど)、および溶解水素濃度  $C_0$  が大きいほど低下する。そこで、この3つの因子を含んだ次式に示す水素脆化感受性因子  $\Phi$  を用いると、Fig. 2 に示すように  $K_{IH}$  は  $\Phi$  と比較的よい相関性を示すことがわかる。

$$\Phi = \frac{1}{20d^{1/5}} \{vTrs(^\circ C) + 133\} + 4 \left\{ \log d^2 + C_0^{1/3} \right\}$$

参考文献  
1) 藤井: 溶接学会49年秋期講演 No.106

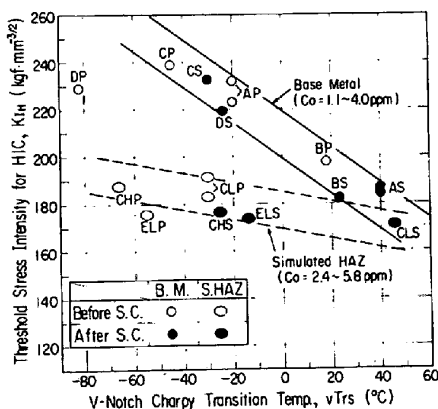


Fig. 1 Relation between  $vTrs$  and  $K_{IH}$

Table 1 Chemical composition of materials used

Material Mark	Type of Steel	Thick (mm)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	As	Sn	Sb	V	N	JIS
A	2 1/4Cr-1Mo	50	.13	.34	.56	.013	.002	.028	2.59	.97	.11	.011	.010	.017	.020	.006	.024	270 (133)
B	1 1/4Cr-1/2Mo	26	.14	.54	.60	.011	.004	.03	1.36	.52	.01	.026	.005	.001	.0016	.001	.0105	137 (127)
C	2 1/4Cr-1Mo	85	.14	.20	.50	.014	.005	-	2.32	.99	.044	-	.002	.0025	.0031	-	-	116 (168)
D	"	50	.14	.17	.54	.010	.004	-	2.40	1.02	.016	.007	.003	.002	.0150	-	-	85 (186)
E	"	70	.14	.26	.55	.004	.006	-	2.32	.98	-	-	.002	.001	.0006	-	-	41 (149)

\* J = (Si+Mn)(P+Sn)×10<sup>4</sup>  
γ = (IOP+5Sb+4Sn+As)×100

Table 2 Heat treatment conditions, mechanical properties and resolved hydrogen contents of specimens

Material Mark	Heat Treatment	PWHT	Step Cooling	Mark	$vTrs$ °C	T.S. kgf/mm <sup>2</sup>	$C_0$ ppm	d <sup>2)</sup> μm	N <sup>3)</sup>
A	900°Cx2h AC(16°C/min) 650°Cx8h AC	690°C x16h FC	No	AP	-20	56.5	1.14	25	(8)
			Yes	AS	+40	-	1.14		
B	930°Cx2h AC (30.4°C/min)	650°C x16h FC	No	BP	+18	56.3	1.97	40	(6.6)
			Yes	BS	+23	-	2.15		
C	900°Cx2h AC 650°Cx8h AC	690°C x16h FC	No	CP	-45	61.0	1.14	30	(7.5)
			Yes	CS	-30	60.8	1.34		
	1350°Cx5min OQ(300°C/min)	690°C x16h FC	No	CHP	-66	63.2	2.48	1200	(-32)
			Yes	CHS	-25	62.5	2.69		
	(S.HAZ)	650°C x16h FC	No	CLP	-30	71.9	5.21	1200	(-32)
			Yes	CLS	+46	72.9	5.79		
D	930°Cx1h WQ(400°C/min) 620°Cx2h AC	650°C x16h FC	No	DP	-82	70.1	3.96	50	(6)
			Yes	DS	-24	-	3.97		
E	1350°Cx5min OQ (S.HAZ)	650°C x16h FC	No	ELP	-55	71.5	4.74	1200	(-32)
			Yes	ELS	-14	-	4.78		

Remarks: 1) Resolved hydrogen content  
2) d: Austenitic grain size (Average value of 20 grains.)  
N: Grain number specified in JIS.

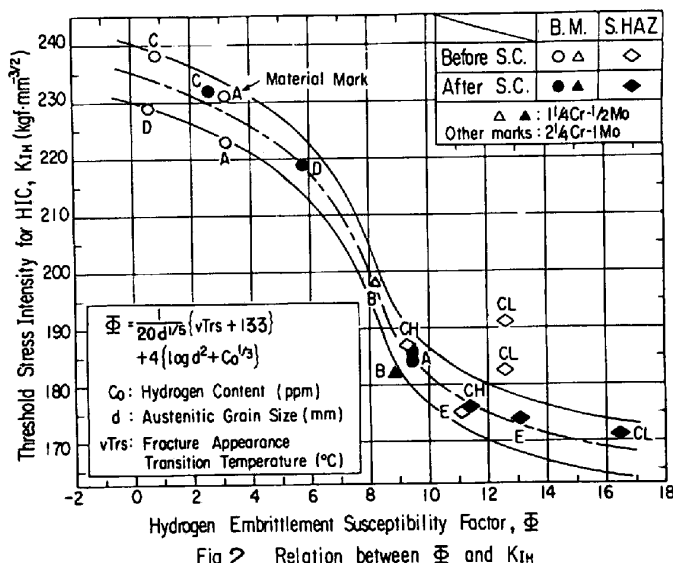


Fig. 2 Relation between  $\Phi$  and  $K_{IH}$