

(619) サワーガスラインパイプ実管試験に関する考察及び解析例

新日本製鐵(株) 製品研〇飯野牧夫 君津製鐵所 松田浩男
光技研 桜井謙輔 八幡技研 山本一雄 本社鋼管技術部 鈴木健弘

1. 実管試験の目的 サワーガスラインパイプ材の水素誘起破壊抵抗はこれ迄主として小型の浸漬試験によって評価されてきている。これはラインパイプ材の水素誘起破壊がHIBC^(a)の形をとって進展し単純浸漬試験によってももたらすことができる点を利用した試験方法であり、この意味で合理的な評価方法であると言える。しかし実操業条件下のサワーガスラインパイプと小型浸漬試験片の間には、(A)環境の水素逃散能(有効水素圧力)、(B)水素侵入条件(環境条件)、(C)外力の有無、の点で相違があり、したがって小型浸漬試験に基づいて実操業条件下の破壊挙動の合理的な予測を行うためにはHIBCの発生に及ぼす環境側因子(A)(B)及び(C)の影響を掌握しておく必要がある。各因子ごとの検討は不可能とは言えないが、特に因子(A)の適確な実験室的評価のむつかしさが実管試験評価を必要としている。その場合実管試験に単なる最終評価手段としての意味をもたせるだけでなく、特に因子(A)の評価のための工夫(試験期間中の透過水素量連続測定など)をしておくことが肝要である。

2. HIBC発生条件 小型浸漬試験と実管試験の間の対応を考える場合の基準はHIBC発生条件でなければならない。最初の一個のHIBCは圧延で伸びたMnSの群の中とまわりの割れ易い相を割った時に形成されることがこれ迄の観察結果わかっている。HIBC核が成長する条件は、

$$P_{H_2} > K_{Ic}^H \sqrt{\pi a \phi}$$

で表わされるが、この場合材料の割れ抵抗は K_{Ic}^H でなく $K_{Ic}^H \sqrt{\pi a \phi}$ と考えた方がよいことは実際経験を通じてわかる:熱処理、成分調整等により K_{Ic}^H を改善する努力と介在物のサイズを小さくまばらに($a \phi \rightarrow$ 小)する努力とは相補的な関係にある^(b)。浸漬開始後十分な時間を経HIBC核中の H_2 がまわりの固溶水素と熱力学的平衡にあると考えてよい場合には上の条件は 鋼中最も割れ易い所の水素濃度 $> C_{critical} = f(K_{Ic}^H \sqrt{\pi a \phi}, T)$ と等価である^(c)。

3. サワーガス実管試験結果 上に述べた考え方に基いてサワーガスラインパイプ実管試験を実施した。試験環境は典型的な苛酷サワーガス環境として知られているLacq field (France)相当の H_2S-CO_2 分圧とし、円周方向応力=降伏応力の72%となるようにさらに N_2 ガスで加圧した。パイプ下部の2~4in深さに人工海水を注入し試験ガス、人工海水ともに静止の状態試験を実施した。試験温度は21~29Cの範囲内である。1本2mの試験用パイプ6本を溶接により継ぎ長さ12mパイプとして試験に供した。1000hの加圧試験後供試パイプはすべてバーストしなかつたので超音波によって停留亀裂を採傷した。採傷結果を供試材の化学成分とともにTable.1に示す。各種実験室的試験を平行して進め実管試験結果との関係について検討した。

Table 1 Chemical composition (wt pct), metallurgical structure and BCL test results.

Steel	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo	Nb	V	Ti	Al	Ca	REM	micro-structure	(a) ESSP	BCL test	Remarks
5	0.059	0.31	1.43	0.012	0.001	-	-	0.19	0.20	0.033	0.069	0.015	0.042	0.0010	-	acicular ferrite	0.39	free from HIBC	x65 UO
6	0.048	0.24	1.41	0.009	0.001	-	0.60	-	-	-	-	0.083	0.029	-	0.0060	F+P ^(b)	0.86	"	"
7	0.069	0.24	1.33	0.015	0.002	0.25	-	0.15	-	-	0.030	0.006	0.015	0.0011	-	tempered bainite	0.24	HIBC	"
8	0.023	0.29	1.59	0.013	0.002	-	-	0.21	0.22	0.036	0.075	0.011	0.032	0.0030	-	acicular ferrite	0.66	almost free from HIBC	"
9	0.089	0.29	1.52	0.018	0.004	-	-	0.26	-	-	-	0.082	0.024	-	-	F+P ^(b)	0	extensive HIBC	"

(a) ESSP = $\frac{C_0}{1.25} (11-1240)$

(b) F=ferrite. P=pearlite

(a) HIBC=hydrogen-induced blister cracking 外力場の緩和に無関係な内部ふくれの形成が先行する水素誘起破壊

(b) P_{H_2} : HIBC核に析出した水素ガス圧力
 K_{Ic}^H : HIBC核のまわりの割れ易い相が水素を含んだ時の K_{Ic} 値

2a: HIBC核の巾

ϕ : HIBC核の分布で決まる定数 $\phi \approx 1$

(c) T: 温度