

(378) 539.56(669.788): 669.14-462(656.56)

水素割れ抵抗の高いラインパイプ用鋼(ラインパイプの水素割れについて4)

新日本製鐵株式会社 製品技術研究所 ○飯野牧夫, 田辺容道, 野村亘史
八幡製鐵所 柴田政明, 山下康彦

1. 序 ラインパイプの水素割れに対する材料の抵抗を考えると重要な因子は、クラック(板面平行割れ)の本になる介在物の分布およびそれらクラックどうしのつながり易さである¹⁾。このクラックのつながり方は、材料が同じでも、外力(試験応力)の有無によって著しく異なる¹⁾。現在のところ、外力なしの“浸漬試験”と応力下の試験による評価の間に、一から他の推定を許すような簡単な関係はつかめていない。この報告では、浸漬試験¹⁾および引張り応力下の試験²⁾の両評価方法によって開発し製品化した鋼材について述べる。

2. 実験方針 上述の水素割れに対する抵抗の高い鋼材の必要条件は a) 鋼材表面(パイプ内表面)からの侵入水素が少いこと b) 鋼中に一たん侵入した水素の析出個所(非金属介在物)の無害化である。この報告では、マイクロアロイ元素の組み合わせによりこれら2つの条件を同時に満足させる方法について検討した結果を述べる。a)の条件は酸性環境下で水素発生型の腐食反応を抑制することにより達成されることが期待される。この目的のためには従来より微量のCuの添加が有効であることが知られている³⁾。b)の介在物形状制御に関しては、従来からその効果の指摘されている稀土類金属の単独の効果は、この種の水素割れの防止には不十分である。さらに広く実験的な検討を行う。

3. 水素割れ抵抗評価結果の概要 現場試験鋼塊材について、水素割れ抵抗に及ぼすマイクロアロイの効果を検討した結果の例を表1に示す。ここに浸漬試験成績の評価は走査型U S Tで行っている。表1によれば、材料の水素割れ抵抗はCu添加のみによっては改善されず、同時に稀土類金属-Ti複合処理による介在物制御を行うことによってはじめて著しく改善される。

4. ミクロアロイによる介在物組成形状変化 ミクロアロイによる非金属介在物組成、形状変化観察結果を表2にまとめた。Tiに関しては、単独ではMnSの形や分布を変える傾向は弱い、REM(稀土類金属)と同時に添加されると伸長MnSをなくしTiNに付着したREM Sulfide(or-Sulfo-oxyde)と伸びないMnSに変える傾向が強い。

5. 結言 水素割れ抵抗の高いラインパイプ用鋼材の製造には、たとえば微量Cu含有による侵入水素抑制と十分な介在物形状制御の併用処理が有効である。十分な介在物制御処理方法としての稀土類金属-Tiの複合添加の有効性について述べた。

表1 現場試験鋼塊材の水素割れ試験結果

Pipe No.(a)	Alloyed Composition (b)			Yield Strength	Immersion Test		Test under Tension, σ_y (d)	
	Cu	Ti	Ce		D-Frangible Hydrogen	Scanning UST (c)	Parent Metal	Weld Joint
155	0.21	—	—	51.0	0.64	Remarkable cracking	< 350	< 230
178	0.20	0.020	—	52.5	1.18	Appreciable cracking	> 350	Scattered
160	0.21	—	0.008	50.0	1.55	Cracking	< 350	> 250
178	0.21	0.012	0.006	49.0	0.83	Crack free	> 350	> 250
150	0.20	0.024	0.005	55.0	1.27	Inappreciable cracking	> 350	< 230

(a) All pipes correspond to middle sections of target.
 (b) Base composition: 0.12C, 0.24-0.28Si, 1.14-1.17Mn, 0.020-0.027P, 0.0028-0.0041-0.032Nb.
 (c) Transducer Frequency 5MHz. Weld joints for all the pipes are not cracked in immersion test.
 (d) Time to failure at $\sigma = 0.7\sigma_y$ ($\sigma_y =$ Yield stress) [18]

表2 現場試験鋼塊材のTi-REM処理による介在物組成、形状変化観察結果

State of inclusion	Composition		155	178	160	178	150
	Nb-Cu	Nb-Cu-Ti	Nb-Cu	Nb-Cu-Ti	Nb-Cu-Rem	Nb-Cu-Ti-REM	Nb-Cu-Ti-Rem
MnS	10 (a)	10	3	0	0	0	0
Al ₂ O ₃	Numerous	A few	A few	A few	Moderate	Moderate	Moderate
REM S ₂ O ₃ (b)	—	—	Numerous	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
TiN	—	A few	—	Numerous	Numerous	Numerous	Numerous
NbC	—	Numerous	—	A few	A few	A few	A few
TiC	—	—	—	—	—	—	—
TiN	—	—	—	—	—	—	—

(a) Figure denotes relative number of the elongated inclusions
 (b) not MnS, not elongated

- 1) 今井, 飯野: 鉄と鋼 61 {12} (1975) S742及びS743 2) 飯野: 鉄と鋼 63(1977)4 S377
 3) 例えばG.Wranglen: 金属の腐食防食序論(化学同人 1973 訳書)