

(622) 極低炭素系ラインパイプ用鋼の強度・靱性と耐サワー特性

(耐サワー特性に優れた低炭素系ラインパイプ用鋼の開発 第1報)

日本鋼管(株) 技研福山研究所 ○松本和明 平 忠明 卯目和巧

兵藤知明 東田幸四郎 福山製鉄所 有方和義

1. 緒言 ラインパイプ材に対する要求は、パイプラインの敷設環境を反映してますます厳しくなりつつあり、高強度・高靱性・厚肉化のみならず、耐サワー特性の向上、現地溶接性の向上が強く望まれている。C量の低減は溶接性を向上させ、同時に水素誘起割れ(HIC)の伝播に大きな影響を及ぼす中心偏析部の硬度を低下させる効果を持つ¹⁾。今回、低C系ラインパイプ用鋼の最適C量について検討を加え、その結果をもとに耐サワー特性・溶接性に優れた高Grパイプ素材を開発したので報告する。

2. 試験方法 C 0.05%以下, Mn 1.3~2.3%, Nb0.03~0.05%の成分系でその他B, Mo, Cu, Niを適宜添加した鋼を250 ton転炉溶製し、加熱・圧延条件や圧延後の加速冷却条件を変化させ、鋼の機械的性質・耐サワー特性を調査した。HIC試験は標準試験片を用いてNACE溶液に4日間浸漬の条件で実施した。

3. 試験結果 1)従来のC量0.10%程度の鋼ではMn量の増加に伴い中心偏析部の硬さは著しく増加し、HICが多発するのに対し、低C鋼(C<0.05%)では高Mnといえども中心偏析部の硬さは低く、HICの発生は少ない。

2)しかしながら、C<0.01~0.02%といった極端な低C化は溶接熱影響部(HAZ)の粒界の脆化を招き、従来材では認められなかったHAZのHIC(写真1)と靱性の劣化をもたらす。HAZのHICは、母材にはHICが全く発生しない鋼においても発生し、その破面形態は粒界割れであり、介在物や低温変態生成組織は関与しない。第3報に示すように、粒界破壊発生現象はC量-Nb量バランスにより強く影響を受ける。

3)低C鋼においてもBの添加(図1)や圧延後の加速冷却(OLAC)により低Ceqで高強度が確保出来る。表1,2に工場試作例を示す。パイプAはBfree-OLACにより、パイプBはB添加-CRにより製造したものであり、いずれも優れた機械的性質・耐サワー特性を示す。又パイプCはB添加のX80Grパイプであり良好な機械的性質が得られている。

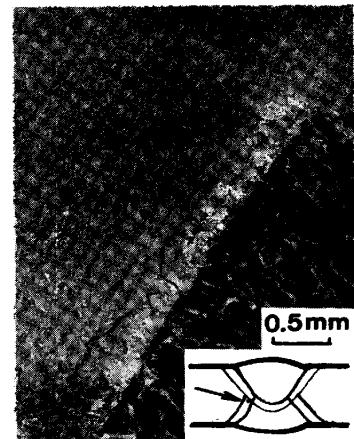


Photo.1 Typical example of HIC at HAZ

参考文献; 松本他, 鉄と鋼 69, (1982)

S 1288

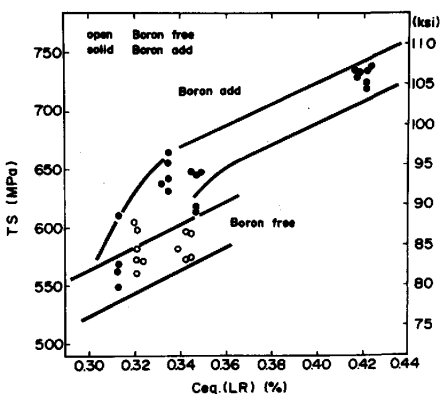


Fig.1 Relationship between Ceq(LR) and Tensile Strength (Controlled Rolling Plate)

Table 1. Chemical Composition of Steels Investigated

Pipe	Grade	Process	Pipe Size(mm)	C	Si	Mn	P	S	Nb	Others	SoL ₂	A ₂	Ceq ^{LR}	Pcm
A	X65	CR/OLAC/UE	711.00 x 25	0.03	0.20	1.60	0.004	0.001	0.045	Cu, Ni, Co	0.025		0.33	0.13
B	X70	CR/UE	1219 x 25	0.03	0.25	1.91	0.008	0.001	0.048	Ti, B, Co	0.022		0.34	0.13
C	X80	CR/UE	1420 x 19	0.04	0.14	2.00	0.017	0.001	0.054	Mo, Ti, B, Co	0.022		0.42	0.17

Table 2. Mechanical Properties of Steels Investigated

Pipe	Pipe Body						Pipe Welds								
	YS	TS	E _L	CVE at -20°C	CVN 50%	DWTT 85%	HIC test NACE-Sol	TS	Notch	CVE at -20°C	CVN 50%	Guided Bend.	Max Hardness Hv	HAZ HIC test NACE-Sol	
	MPa (KSI)	MPa (KSI)	%	Nm (ft-lbs)	FATT °C (°F)	SATT °C (°F)	CLR CSR % %	MPa (KSI)		Nm (ft-lbs)	FATT °C (°F)	(root)			
A	500 (72.5)	594 (86.2)	56 (282)	383 (282)	-110 (-166)	-35 (-31)	0 0	W.M. 200(147) -64(-83)	632 (91.7)	B 339(249)	H 368(270)	-64(-83)	good	232	no Crack
	546 (79.6)	631 (91.6)	55 (260)	354 (260)	-128 (-198)	-53 (-63)	12.7 0.1	W.M. 171(125) -60(-76)	664 (96.4)	B 111(81)	H 198(145)	-31(-24)	good	238	no Crack
C	641 (93.0)	736 (106.8)	38 (137)	186 (137)	-104 (-155)	-40 (-40)	no test	W.M. 172(127) -58(-72)	753 (109.2)	B 86 (63)	H 143(105)	-26(-15)	good	252	no test

W.M. Weld Metal, B Bond, H HAZ