

348 マルテンサイト系ステンレス鋼ラインパイプ用 現地円周溶接材料の開発

－ 高強度高靱性三相系ステンレス鋼溶接材料の開発（第1報） －

新日本製鐵(株) 鉄鋼研究所 ○井上 裕滋、 大北 茂
藤 雅雄、 朝日 均

Development of Field Girth Welding Material for Martensitic
Stainless Steel Line Pipe

- Development of Triplex Stainless Steel Welding Material
with High Strength and High Toughness (Report 1) -

by Hiroshige Inoue, Shigeru Ohkita, Masao Fuji and Hitoshi Asahi

1. 緒言

石油ラインパイプとしては、従来から二相ステンレス鋼が適用されてきたが、耐食性の観点からはマルテンサイト系ステンレス鋼で十分であり、また、コスト削減など石油各社のニーズにより二相ステンレス鋼の代貸として、低価格でかつ溶接性に優れた13%Cr鋼に代表されるマルテンサイト系ステンレス鋼ラインパイプの開発が進んでいる。一方、マルテンサイト系ステンレス鋼ラインパイプの現地円周(MIG)溶接材料としては、二相ステンレス鋼溶接ワイヤが主として使用されているが、高強度を有するマルテンサイト系ステンレス鋼では溶接金属破断を起こし、アンダーマッチングの問題が生じている。そこで、溶接性が優れた高強度溶接材料の開発を行った結果を報告する。

2. 開発目標特性および成分設計

高強度ラインパイプの諸特性より、溶接金属の目標特性を次のように定め、成分設計を行った。

- ① 0.2%耐力：650MPa以上、引張強さ：850MPa以上・・・マルテンサイトによる強度確保
- ② 靱性：40～60J (-30°C)・・・オーステナイトによる靱性確保
- ③ 耐高温割れ性・・・ δ フェライトの活用(初晶 δ 凝固)
- ④ 耐低温割れ性(予熱,後熱無し)・・・残留オーステナイトの活用
- ⑤ 耐食性：母材同等・・・初晶フェライト凝固:Cr,Mo母材同等

以上から溶接金属の基本成分は、初晶 δ フェライト凝固し、かつ、室温組織がフェライト+オーステナイト+マルテンサイトの三相組織となる成分系とした。そこで、11.5～14.5%Cr-4.0～7.0%Ni-2.0%Mo鋼板を試作し、TIGマルチ溶接で得られた溶着金属の引張試験とシャルピー衝撃試験(5mmサブサイズ)を行った。なお、TIG溶接に際しては、現地MIG溶接の酸素量を再現するため、98%Ar+2%O₂混合ガスを用いた。Fig.1に強度および靱性の結果をシェラー組織図上に組成と併せて示す。図中のハッチング領域が上記①②の目標特性を満足している。また、このハッチング領域はいずれも初晶フェライト凝固することがThermo-Calcにより確認された。

3. 供試材料および実験結果

Table 1に母材および母材希釈率を20～30%として溶接金属組成がFig.1のハッチング領域を満足するように作成した試作溶接ワイヤ組成と実際の溶接金属組成を示す。試作溶接ワイヤを用いてMIG溶接した結果、予熱・後熱なしで高温割れおよび低温割れは確認されなかった。また、Table 2に溶接部の機械的特性、Table 3に腐食試験結果を示すが、いずれも上記の

開発目標を満足していることが確認された。

4. 結言

高強度マルテンサイト系ステンレス鋼ラインパイプの現地円周(MIG)溶接材料としてのフェライト+オーステナイト+マルテンサイト三相系ステンレス鋼溶接ワイヤは、強度、靱性、耐割れ性、耐食性において優れた特性を有していることが確認された。

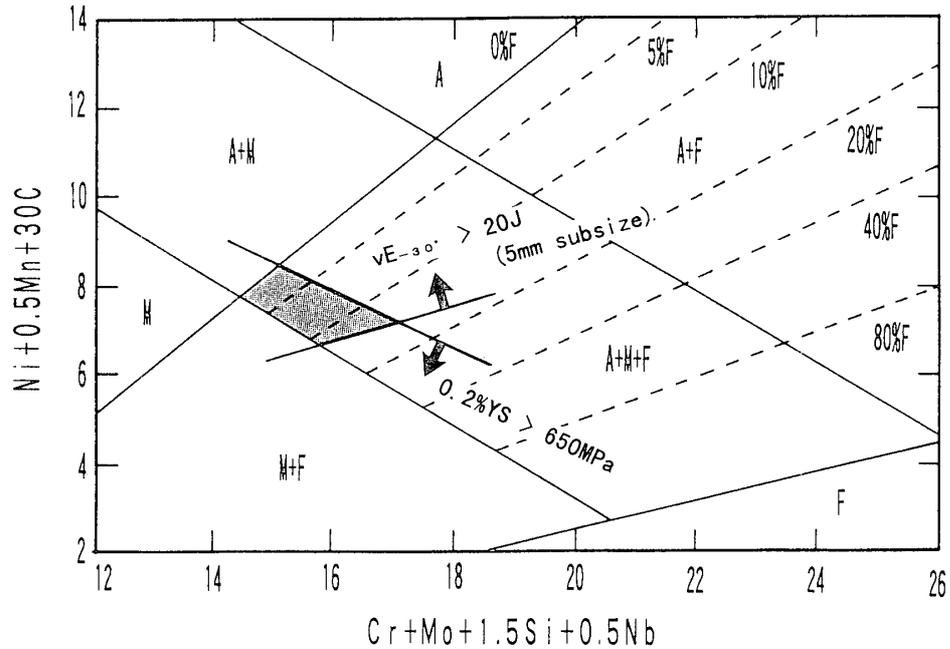


Fig.1 Effect of composition on strength and toughness.

Table 1 Chemical compositions of materials used and weld metal. (wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	N	O	Creq.	Nieq.
Base	0.013	0.23	0.45	0.017	0.0028	11.06	6.09	2.60	0.65	0.0078	0.0023	14.01	6.71
Wire	0.008	0.30	0.54	0.005	0.0030	13.16	7.44	2.47	-	0.0067	0.0061	16.08	7.96
Weld	0.014	0.29	0.51	0.008	0.0030	12.90	7.21	2.54	0.07	0.0215	0.0393	15.88	7.89

Table 2 Mechanical properties of welds.

Specimen	Tensile Test (JIS A2)			Charpy Impact Test vE-30°C (J)	
	0.2%YS (MPa)	TS (MPa)	Failure location	Weld metal	Fusion L
Deposited metal	853	1030	-	44.2	61.1
	853	994	-	46.6	66.1
				48.6	81.7
Weld Joint	628	912	Base metal	46.6	
	623	912	Base metal		

Table 3 Corrosion resistance of welds.

Specimen	Corrosion Test (100°C, H ₂ S:0.01bar)		SSC Test
	Corrosion Rate (mm/y)	Crevice C.	Test condition NaCl:5%, H ₂ S:0.01bar CO ₂ :1bar, pH:4
Base	< 0.01	No corr.	No SSC
Weld	< 0.01	No corr.	No SSC