

(273)

10Ni-8Co高靱性超高張力鋼の材質とその合金元素の役割

新日本製鉄KK 製品技術研究所 金沢正午 中島 明
 基礎研究所 谷野 満
 八幡技術研究所 木村 勲

1. 緒言: 宇宙開発, 海洋開発の要求に伴い, この約10年間に於ける超高張力鋼の研究は大きく進展したが, 一方その使用性能, すなわちその破壊靱性, 溶接性, 等に対する要求も益々高度化してきた。従来, 代表的超高張力鋼として, マルエージング, HP9-4-25, AISI 4340鋼等がよく知られているが, 最近U.S. Steelが10Ni-8Co鋼を発表した。当社は1970年4月, これを技術導入し, 2年余に渡り各種の研究を行い, これが極めて優れた鋼であることを確認し, 現在も引続き各種の研究を行っている。本報では, 10Ni-8Co鋼の材質の特徴とその合金元素の役割について述べる。

2. 26mmおよび50mm厚鋼板の材質: 今回実用的に試作した10Ni-8Co鋼の化学組成および主な機械的性質を表1に示す。試作鋼は20ton電気炉で溶製後, 不純物元素を低減するため消耗式真空アーク再溶解を2回行った。鋼塊はプレス鍛造後26mmおよび50mmまで熱間圧延した。標準的な熱処理条件は $925^{\circ}\text{C} \times 2\text{h}$ W.Q, $830^{\circ}\text{C} \times 2\text{h}$ W.Q, $510^{\circ}\text{C} \times 10\text{h}$ W.Qである。焼入れを2回行ったのは合金元素の十分な固溶とオーステナイト結晶粒の微細化のためである。表1にみられるごとく26mm材, 50mm材とも約 130Kg/mm^2 の0.2%耐力と著しく優れた切欠靱性値を有する。この値は同程度の強度レベルをもつ従来の超高張力鋼の3~7倍に達する。表1には合金系溶接棒を用いてTIG溶接した溶着金属および溶接継手部の機械的性質も併記した。溶着金属は溶接棒でも十分な強度と靱性を有する。また溶接ボンド部の靱性も極めて良好である。

3. 10Ni-8Co鋼における合金元素の役割: 10Ni-8Co鋼は0.1%C, 10%Ni, 8%Co, 2%Cr, 1%Moを標準組成とする焼入焼戻型の超高張力鋼である。本研究ではC: 0~2%, Ni: 0~16%, Co: 0~16%, Mo: 0~2%, Cr: 0~6%, Cu: 0~2%, V: 0~0.2%の範囲で組成を変え機械的性質におよぼす影響を調べた。主な結果は以下の通りである。[C] 0.1~0.13%の範囲で強靱な低炭素マルテンサイトマトリクスを形成する。[Ni] 十分な降伏強度と靱性を得るためには9%以上のNiが必要である。[Co] Niと共存することによって短距離規則格子またはクラスターを形成するとともに, マトリクス中のMoおよびCrの溶解度を減少して炭化物の析出を促し, 焼戻強度を著しく高める。[Mo] Mo炭化物がこの鋼の主要強化析出物であるが, CoおよびCrが共存することによって二次硬化作用は著しく大になる。[Cr] Crが存在しないと靱性が極端に悪くなる。CrはMo炭化物中に固溶して(Mo, Cr)₂C型炭化物の整合性を良好にし, 二次硬化ピークを低温側へ移行せしめるとともにピーク強度を高めるが, 過時効軟化を促進する傾向を示す。[Cu] 強度にはほとんど影響しないが, 過時効状態の靱性を高める。[V] 過時効軟化を多少抑制するが二次硬化ピークに対しては効果がない。[S, O, N] これらの不純物元素を低減することにより著しく靱性が向上する。以上の結果にもとづき, この鋼の最適成分は0.1~0.13%C, 10%Ni, 8%Co, 2%Cr, 1%Moであることを確認した。

表1 10Ni-8Co試作鋼の化学組成と主な機械的性質 (wt%)

	C	Ni	Co	Cr	Mo	Si	Mn	P	S
50mm	0.116	9.54	8.72	2.00	0.85	0.15	0.17	0.006	0.002
26mm	0.129	9.72	8.40	1.92	0.85	0.17	0.19	0.006	0.002

			0.2%PS Kg/mm ²	UTS Kg/mm ²	El. %	RA %	vE _{0°C} Kg-m	vE _{-18°C} Kg-m	vE _{-80°C} Kg-m
Base Metal	50mm	1/2t	129.4	137.5	20.2	72.6	18.3	17.2	15.0
	26mm	1/2t	130.8	138.1	20.4	72.6	18.4	17.2	12.9
Weld Metal	As Welded		134.5	146.5	17.3	(G.L.=	10.3	9.5	
	510°Cx5hr Aged		136.8	138.4	16.5	25mm)	9.7	8.6	
Welded Joint	As Welded		128.9	136.0	19.1	(G.L.=	10.4	9.7	↳ Groove Fusion Line
	510°Cx5hr Aged		127.9	132.1	16.6	50mm)	11.8	11.3	