

溶接構造用マルテンサイトステンレス厚鋼板 R410NI5^{*1}

三代 祐嗣^{*2} 岡 裕^{*3}

R410NI5 High Strength Heavy Section Stainless Steel Plate with Excellent Weldability

Yuji Mishiro, Yutaka, Oka

1 緒 言

マルテンサイトステンレス厚鋼板は、他のステンレス鋼に比べて高い耐力を容易に得ることができ、構造材料として極めて有利であるが、一般に溶接性、靱性が劣ることから用途が限定される。一方、ASTM CA 6 NM(13 Cr-4 Ni) 鋳鋼は、溶接可能な鋳鋼品材料として、水車ランナー等の大型鋳鋼製品に使用されている。

当社では、この鋼の良好な溶接性に着目して、溶接構造用鋼板として高強度、高靱性に優れた新商品を開発した。

2 製造プロセス

本鋼の製造プロセスを Fig. 1 に示す。客先における加工方法および用途に応じて、連続鋳造または造塊一分塊圧延でスラブを製造した後、厚板圧延機で圧延し、①圧延のまま、②焼もどし、または③焼入れ-焼もどしのいずれかの状態で出荷される。

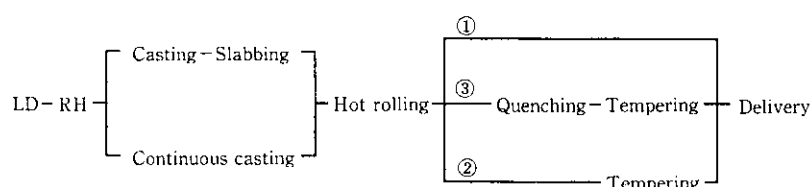


Fig. 1 Production process of R410NI5 martensitic stainless steel plate

3 化学成分

社内規格成分範囲と製造実績の一例を Table 1 に示す。溶接性を考慮して、C は 0.060% 以下とし、靱性向上と焼入れ性確保のために Ni を 5% 添加した鋼である。さらに最新の電子ビーム溶接法にも適用できるように、O および N のガス成分を低く制御している。

4 熱処理特性と機械的性質

本鋼の熱処理用連続冷却変態図(CCT)を Fig. 2 に示す。Ac₁ は 565°C、Ac₃ は 843°C であり、また M_s 点は 230~280°C となっている。本鋼は焼入れ性が高く、1000°C からの冷却速度が 0.02°C/s であっても、マルテンサイト単相組織にすることができる。すなわち、焼入れ熱処理後、空冷状態でもマルテンサイト単相組織であり、板厚の薄いものから厚いものまで、板厚方向にも均一な焼入れ特性が得られる材料である。したがって、熱間加工等を行った場合、焼入れ熱処理の省略が可能である。

機械的性質に及ぼす焼もどし温度の影響を Fig. 3 に示す。本鋼

Table 1 Chemical composition

	(wt. %)									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	O	N
Specification	≤0.060	≤1.00	≤1.00	≤0.030	≤0.015	4.8~5.8	12.0~14.0	0.20~0.50	≤0.0060	≤0.0150
Example	0.037	0.35	0.60	0.018	0.005	5.33	12.88	0.29	0.0035	0.0110
	0.032	0.31	0.60	0.018	0.007	5.30	12.21	0.27	0.0029	0.0077
	0.025	0.36	0.54	0.016	0.008	5.20	12.59	0.28	0.0023	0.0112
	0.039	0.36	0.68	0.018	0.007	5.25	12.52	0.25	0.0026	0.0081

*1 平成 2 年 11 月 25 日原稿受付

*2 水島製鉄所 管理部厚板鋳鍛管理室 主査(課長補)

*3 鉄鋼研究所 鋼材研究部厚板条鋼研究室 主任研究員(課長)

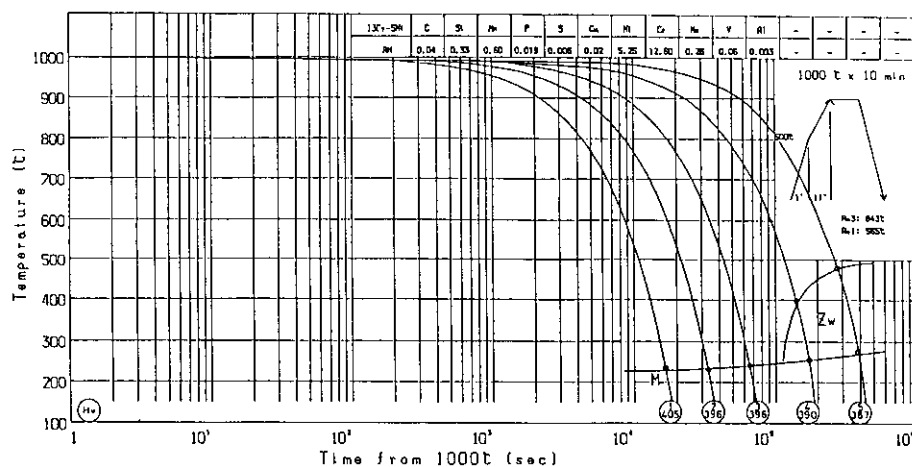


Fig. 2 CCT diagram of R410NI5 martensitic stainless steel cooled from 1000°C

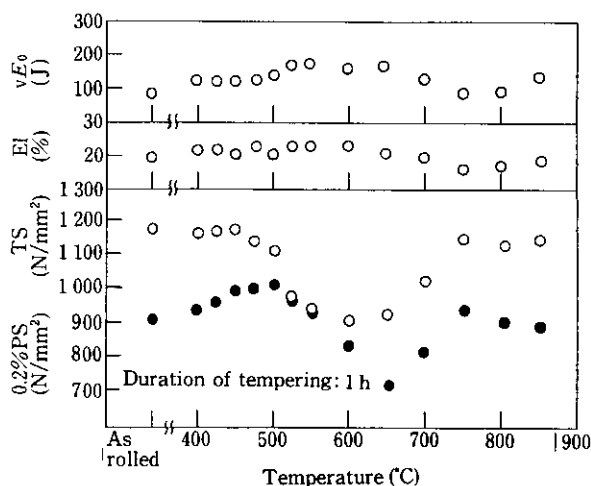


Fig. 3 Effect of tempering on the mechanical properties of R410NI5 martensitic stainless steel

Table 2 Mechanical properties of R410NI5 martensitic stainless steel produced by various production process

Production process	Direction	Position	0.2%PS(N/mm ²)	TS(N/mm ²)	El (%)	RA (%)	HB
Hot rolling and tempering	C	1/4 t	623	855	24	65	271
			637	855	23	63	
Normalizing and tempering	C	1/4 t	671	846	26	69	268
			669	846	24	69	
		2/4 t	664	845	24	68	
			670	845	24	69	
Normalizing, tempering, and heat treatment for stress relief	C	1/4 t	692	836	26	70	266
			691	832	26	72	
		2/4 t	697	831	26	67	
			698	830	26	73	

は、熱間圧延のままの状態 で引張強さ 1180 N/mm²、0°C におけるシャルピー吸収エネルギー 60 J の特性をもつ。なお高靱性が得られる焼もどし温度範囲は、残留オーステナイトが最も多く析出する 600°C 前後である。

①厚板圧延—焼もどし (620°C)、②厚板圧延—焼入れ (950°C)—

焼もどし (620°C)、③厚板圧延—焼入れ (950°C)—焼もどし (620°C)—SR 処理 (590°C) した板厚 80 mm の鋼板の母材特性を一例として以下に示す。

(1) 引張特性

各熱処理後の引張特性を Table 2 に示す。いずれの鋼板も

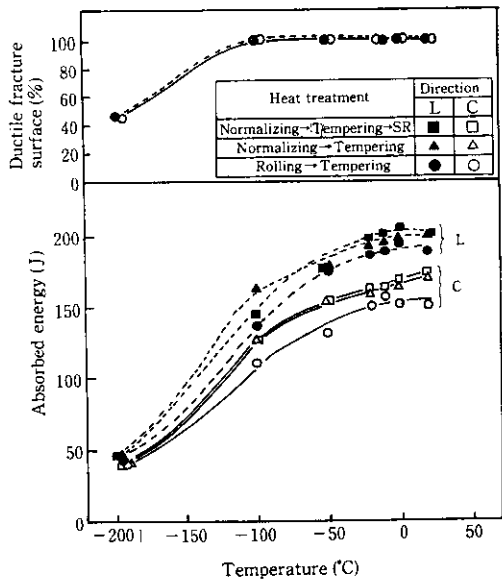


Fig. 4 Toughness of R410Ni5 martensitic stainless steel

620°Cの焼もどし処理により、0.2%耐力 590 N/mm², 引張強さ 780 N/mm² の特性が得られ、焼もどし前の履歴による特性差は小さい。

(2) シャルピー衝撃特性

板厚の1/4位置でのシャルピー衝撃特性を Fig. 4 に示す。熱処理条件による吸収エネルギーの差はほとんどなく、いずれの鋼板も-100°Cにおける吸収エネルギーが98 J以上、破面遷移温度が-150°C以下の値となり高い靱性を有する。

(3) 硬さ特性

断面硬さ分布を Fig. 5 に示す。硬さは、鋼板表裏面から板厚中心まで均一な分布となっている。

5 溶接性

本鋼の溶接用連続冷却変態図 Fig. 6 をに示す。溶接熱サイクルを受けても0.2°C/s以上の冷却速度であればマルテンサイト単相組織にすることができる。本鋼は低炭素系であるため、通常マルテンサイトステンレス鋼より硬さは低い。溶接割れ感受性を斜めY型

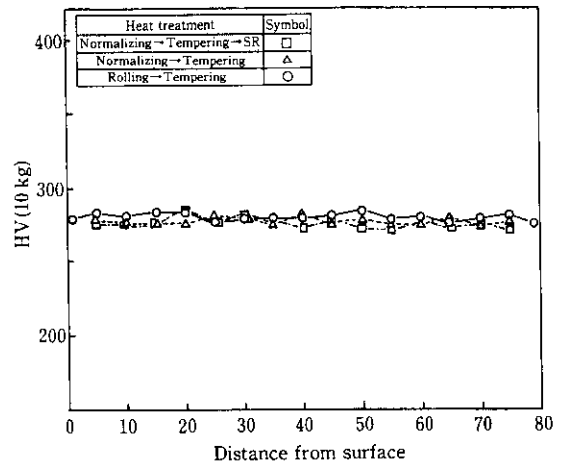


Fig. 5 Distribution of hardness measured on the cross-section of R410Ni5 martensitic stainless steel plate

溶接われ試験により評価した。その結果を Fig. 7 に示す。本鋼の割れ阻止温度は75°Cと通常の SUS 410 鋼に比較し 150°C程度低くなっており、予熱管理が容易である。

溶接材料に1.6 mm径のFCWを用い、予熱およびパス間温度を100°Cに設定して、MIG溶接法で板厚80 mmの鋼板の溶接継手を

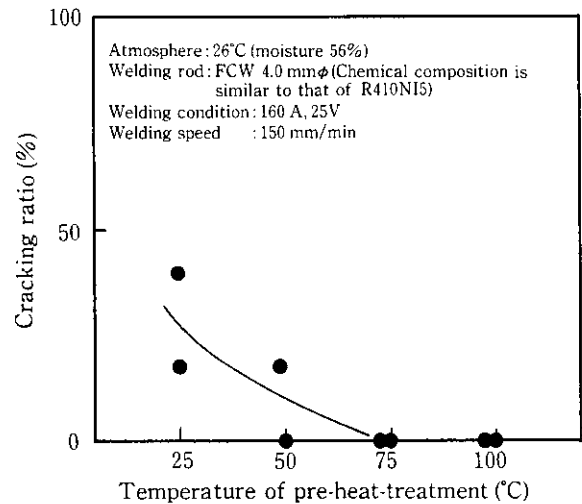


Fig. 7 Result of Y-grooved cracking test

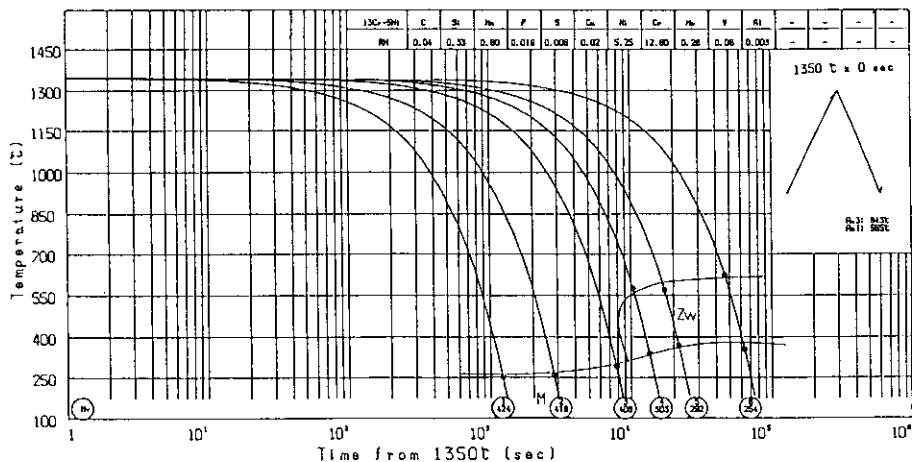


Fig. 6 CCT diagram of R410Ni5 martensitic stainless steel cooled from 1350°C

Table 3 Mechanical properties of weld joint

	0.2% PS (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	El (%)	RA (%)	Position of fracture	vE (J)			
						Notch position	+20°C	+0°C	-10°C
Weld joint	733	845	20	62	Base metal	Base metal	157	148	
							159	126	
						HAZ	194	169	173
							182	167	165
							177	161	161
							(184)	(166)	(166)
	709	838	21	66	Base metal	Weld metal	117	88	96
108							84	86	
							92	80	80
							(106)	(84)	(87)

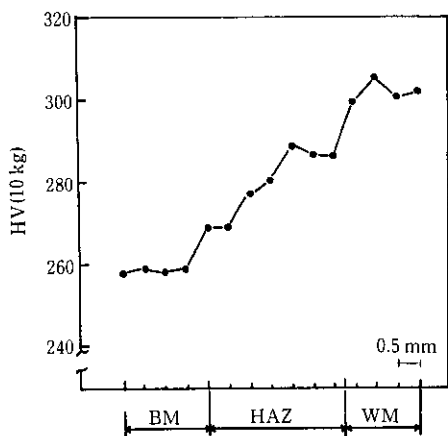


Fig. 8 Distribution of hardness measured on the cross-section of weld joint

作製した。溶接継手の引張強度，吸収エネルギー値を Table 3 に，継手部の硬さ分布を Fig. 8 に示す。-10°C におけるシャルピー

吸収エネルギーは，溶接金属 87 J，熱影響部 166 J と良好な値を有している。

6 結 言

R410NI5 厚鋼板は，強度，靱性に優れた母材特性に加えて，一般熱延鋼板と同等の加工性，溶接性を備えた溶接構造用鋼板であり，現在まで最大板厚 220 mm で約 700 トンの製造実績を得ている。

最後に，本鋼材の開発と溶接継手特性の調査で御指導をいただきました株式会社日立製作所日立工場生産技術部に厚くお礼申し上げます。

<問い合わせ先>

川崎製鉄(株) 鉄鋼技術本部 鋼材技術部
TEL 03 (3597) 3531