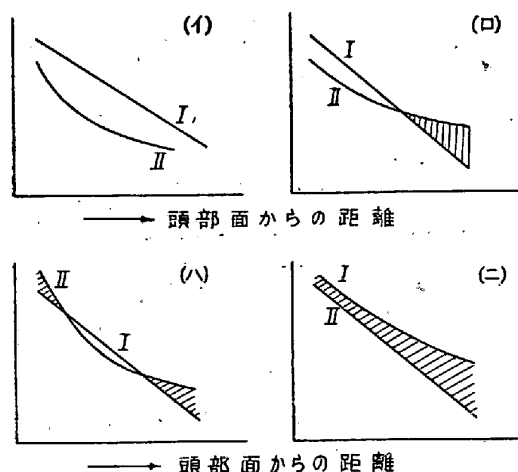


は偏析、氣泡等の見地から不利であると云えよう。

II. 外殼氣泡生成に關する考察

以上のべタリミングアクションの分布の大きさ及びガス發生の強さの相對的な關係から外殼氣泡の生成と分布を定性的に扱つてみたい。この一例を圖示すると第 1 圖の如くである。茲に I. はリミングアクションの分布、II. はガス發生の強さである。斜線部分は氣泡が生成さ



第 1 圖

れる範囲を示す。氣泡の生成及び分布は I と II の相對的關係によつてきまるわけで、(イ) はリミングアクションの強さが凡ゆる高さに於てガス發生の強さより大きく、鋼塊外殼の何れの部分にも氣泡は發生しない。(ロ) は代表的なリムド鋼塊の例で下半部に管狀氣泡を群生する。(ハ) は I と II が 2 點に於て交叉する場合で下半部に管狀氣泡を發生すると共に、頭部近くには極めて細い所謂殘留氣泡を生成する。實際の鋼塊についてもこの兩氣泡の生成範圍の間には氣泡のない部分の見られるのが通例で、このような考察を加えるとよく説明され、リミングアクションが氣泡の生成に重大なる影響を與えていることが了解される。(ニ) は普通に云われるリムド鋼塊ではない。

尙、これに關連し氣泡の太さについても簡単にふれる豫定である。

III. 外殼の厚さについて

凝固中の頭部湯面に電弧を與え、輻射による溫度降下を防止しながら凝固せしめた實驗鋼塊についてのべ、外殼厚さを決定する因子を論ずる豫定である。

以上リミングアクションの分布を基として幾つかの現象を検討すると共に、今迄の報告と綜合してリムド鋼塊の凝固現象を總括的に論じたい。

- 1) A. Hayes, J. Chipman: A. I. M. E. I. & S. Div., 135 (1939) p 85
- J. Chipman, C.R. Fondersmith: A. I. M. E. I. & S. Div., 125 (1937) p 370

(25) 電氣熔接用高張力鋼板の試作研究

日本鋼管、川崎製鐵所技術研究所

工堀川一男

I. 緒言

現在迄に造船關係で使用された高張力鋼板は、H.T. 或は D.S. 等 C 0.20~0.35%, Mn 0.7~1.5% の Mn 系低合金鋼である。

然るに最近造船界の發展に伴い船體構造に電氣熔接が盛に應用されるに至り、造船用の鋼板並に條鋼には熔接性の良好なことが必要條件となつた。熔製並に壓延が容易で熱處理を必要としない低合金高張力鋼に關しては我國に於ても既に二三の發表が行われているが¹⁾、これらは主として機械的強度を對象としたものであつて、熔接性を主要な目標とした研究は見當らないようである。

舊日本海軍に於ては昭和 15 年頃から吳工廠に於て造船實驗部と製鋼實驗部が協力して電氣熔接用高張力鋼板の試作研究を開始し、第二次大戰の末期には一應實用の域に達することが出來た。この内容については造船側の擔當者であつた寺尾氏が造船協會に於てその一部を發表しているが²⁾、鐵鋼關係でも最近問題となりつゝあるので、古い記録ではあるが紹介して参考に供する次第である。

II. 試 験 方 法

從來内外の文獻に發表された低合金高張力鋼のうち熔接性の點から有望と思われる鋼種 13 を擇んで、小型爐にて 12mm 厚板を試作し、各種の試験を施行して成績の最も良好な鋼種を定め、これを大型爐によつて試作することとした。試作の目標を一應次の如くに決めた。

- (1) 電氣熔接しても材質的缺陷を生じないこと。
- (2) D.S. と同程度に板及び條材として多量生産の可能なこと。
- (3) 機械的強度は抗張力 55kg/mm² 以上、伸(標點距離 200mm) 20% 以上、衝擊値アイゾット 7kg-m 以上あること。

母材の試験としては先づ化學分析を行い、壓延方向の試験片について A1 號抗張試験、屈曲試験、アイゾット衝擊試験、及び硬度試験を行つた。次に熔接性の目安を

第1表 試製鋼の化學成分

試料 No.	鋼種	目標成分 (%)								成品成分 (%)							
		C	Si	Mn	Cu	Cr	Ni	Mo	V	C	Si	Mn	Cu	Cr	Ni	Mo	V
1	D. S.	0.25		1.5						0.26	0.07	1.46	0.22	0.10	0.21		
2	H. T	0.25		1.0						0.26	0.09	0.93	0.21	0.10	0.27		
3	Si-Mn 鋼	0.13	1.0	0.8						0.12	0.99	0.73	0.20	0.11	0.16		
4	Si-Cr 鋼	0.13	1.0			0.5				0.09	0.99	0.17	0.25	0.52	0.36		
5	Cr-Mo 鋼	0.15				0.5		0.15		0.15	0.12	0.17	0.19	0.46	0.35	0.15	
6	Cr-Cu 鋼	0.15			0.6	0.5				0.15	0.07	0.13	0.61	0.45	0.16		
7	Mn-Mo 鋼	0.15		0.8				0.15		0.14	0.06	0.61	0.21	0.09	0.29	0.18	
8	Mn-Cu 鋼	0.18		1.3	0.5					0.18	0.07	1.13	0.51	0.13	0.30		
9	Si-Cr-Cu 鋼	0.18	0.4		0.3	0.75				0.15	0.35	0.14	0.31	0.73	0.27		
10	Mn-Cu-Mo 鋼	0.18		1.1	0.4			0.2		0.18	0.10	1.06	0.41	0.13	0.31	0.21	
11	Cr-Mn-Si 鋼	0.20	0.7	1.2		0.5				0.21	0.72	1.13	0.24	0.52	0.21		
12	Mn-V 鋼	0.16		1.5				0.15		0.18	0.10	1.42	0.27	0.19	0.18		
13	Si-Mn-Ni-Cu 鋼	0.10	0.9	0.9	0.4		0.4			0.10	0.92	0.86	0.48	0.14	0.55		0.13

與えるものと期待される變態點 (Ac₁ と Ar₁ 及びその差), 急熱急冷後の硬度 (10mmφ×20mm 圓柱を 800°C 鉛浴中 25 秒間浸漬後水冷) 及びビード置屈曲試験による龜裂發生角度等を測定した。

最後に V 型の衝合熔接々手を作製して抗張, 衝撃, 硬度, 屈曲等の諸試験を施行した。尙當時は未だ低温脆性が問題になつていなかったたのでこの種の試験は行わなかつた。

II. 小型爐による試験

50kg 高周波電氣爐によつて 13 種類の鋼種を熔製した。成分目標並に成品の分析値は第 1 表の通りである。No. 4 の C が低目になつた外は大體目標に合つている。

この小型鋼塊を 12×1,000×500mm の鋼板に壓延した後母材について機械的試験を行つた結果は第 2 表の通りであつた。No. 3 の Si-Mn 鋼及び No. 8 の Mn-Cu 鋼はすべての目標に合格し, これに次ぐものとしては

第 2 表 試製鋼の機械的性質

試料 No.	降伏點 (kg/mm ²)	抗張力 (kg/mm ²)	伸 (%)	衝撃値 (kg-m)	硬度 (ビッカース)
1	47.1	65.8	16.5	7.7	216
2	52.9	66.1	14.7	6.3	215
3	42.8	55.4	22.2	8.3	182
4	36.6	49.1	18.8	14.1	170
5	30.7	45.0	24.3	11.6	157
6	37.7	48.8	15.8	7.1	164
7	40.2	50.8	17.5	8.3	161
8	41.8	56.2	22.7	9.0	183
9	38.0	50.3	20.7	13.3	171
10	41.4	57.3	18.2	8.3	196
11	47.9	67.3	18.0	9.3	201
12	55.3	70.8	15.8	4.5	214
13	43.0	57.3	27.8	6.3	166
目標	55	20	7		

第 3 表 試製鋼の熔接性試験成績

試料 No.	變態點 (°C)			急熱急冷 (ビッカース)	ビード置屈曲 (角度)	急熱急冷硬度と母材硬度の差
	Ac ₁	Ar ₁	Ac ₁ -Ar ₁			
1	723	608	115	405	64	187
2	728	647	81	438	60	223
3	838	790	48	251	62	69
4	853	820	33	230	79	60
5	747	745	2	267	104	110
6	743	745	-2	272	138	108
7	733	730	3	243	91	82
8	723	668	55	363	67	180
9	760	728	32	292	106	121
10	730	678	52	331	74	135
11	750	665	85	342	51	141
12	730	615	115	328	71	114
13	830	778	52	223	180	57

第 4 表 試製鋼の衝合熔接々手試験成績

試料 No.	抗張力 (kg/mm ²)	伸 (%)	衝撃値 (kg-m)	熱影響部最高硬度 (ビッカース)	屈曲 (角度)
1	63.8	9.7	7.2	441	58
2	56.5	11.1	6.6	272	65
3	56.9	16.7	8.3	200	106
4	56.4	24.3	13.5	192	99
5	53.8	20.8	12.1	202	98
6	53.1	17.4	9.2	202	155
7	54.6	14.6	8.9	191	175
8	60.3	13.9	6.6	339	66
9	52.6	13.9	13.1	212	91
10	60.2	13.9	7.6	257	68
11	61.8	12.3	8.4	401	60
12	62.6	11.1	6.3	315	52
13	56.6	14.6	5.8	180	92
目標	55	15	7	No. 13のSi-mn-Cu	

No.13のSi-Mn-Ni-Cu 鋼が擧げられる。

次にこれらの試製鋼について熔接性の諸試験を行つた結果は第 3 表の通りであつた。本表から全般的に考察して No. 3 と No. 4 が最も好ましく, No. 7 と No.13 がこれに次ぐが, C 量が相當影響しているようである。

最後に銜合熔接々手による試験を行つたが、その成績は第4表の通りであつて、目標を抗張力 55kg/mm² 以上、伸 15% 以上、衝撃値 7kg-m 以上とすると、これに合格するのは No. 3 と No. 4 であつて、これに次ぐものが No. 7 と No. 13 であり、前述の熔接性の試験結果とよく一致している。

以上の結果を総合すると No.3 の Si-Mn 鋼がすべての點から最も成績が良好で次が No. 13 の Si-Mn-Ni-Cu 鋼であり、No.8 (Mn-Cr 鋼), No. 4 (Cr-Mo鋼) No. 7 (Mn-Mo 鋼) 等の鋼種も有望であると云う結論になる。

IV. 大型爐による試験

小型爐による試験結果と國內資源及び量産等の見地から、大型爐によつて試製する鋼種を Si-Mn 鋼として C 0.18%, Si 0.5%, Mn 1.0% に決定し、製造時に於ける目標成分を C 0.15~0.20%, Si 0.3~0.7%, Mn 0.9~1.2%, P, S 0.035% 以下, Ni 0.3% 以下, Cr 0.2% 以下, Cu 0.2% 以下とした。製鋼爐別、壓延法別の影響を確めるために吳工廠製鋼部と八幡製鐵所に協力を求めて第5表に示す如く平爐にて數熔解行い、これを 12~22 mm 厚の鋼板に壓延した。熔製時 Al を多量に使用したのは、當時ドイツから來朝中の H. Schmidt の勸告によるものである。第5表により試作した各鋼板について小型爐による試作板に施行したと同様の各種の試験を行つた外、特に Schmidt 博士の勸告によつて小型試験片 (Schmidt型と稱した) による抗張試験、シャルピー

第5表 大型爐による試製要領

回次	製鋼	壓延	爐別, チャ ー No. 鋼塊單重	Al 使用量 (kg/t)	板厚 (mm)	鋼塊 位置
1	吳	八 幡	A.O.H 59091 18t	0	22	T
					12	M
					22	B
				22	T	
				12	M	
				22	B	
2	吳	吳 幡	A.O.H 59856 18t, 16t	1	22	T
					12	M
					22	B
				22	T	
				12	M	
				22	B	
3	八 幡	八 幡	B.O.H S 99228	1	14, 16	
					18, 22	
				0	14, 16	
					18, 22	

〔註〕 A.O.H: 酸性平爐, B.O.H: 鹽基性平爐
T: 頭部, M: 中央部, B: 底部

式衝撃試験, 焼入屈曲試験, ビード置抗張試験, 非金屬介在物試験, オーステナイト粒度試験等を追加した。

これらの試験は製造法と板厚を異にする各鋼板について施行したが紙面の都合上ここでは 22mm 厚板を代表

第6表 大型爐による試製鋼の試験成績 (Bottom 22mm 厚板, ロール方向)

回次	製鋼	壓延	爐別	鋼番	鋼塊單重	Al 使用量 (kg/t)	機 械 的 試 験						
							化 學 成 分				A 1 號驗抗張試		
							C	Si	Mn	Al	降伏點	抗張力	伸
1	吳	八幡	A.O.H	59091	18t	0	0.19	0.64	0.95	0.022	31.9	51.0	33.8
			B.O.H	18025	15t	0	0.15	0.35	0.99	0.030	34.6	52.4	30.1
			B.O.H	18047	15t	1	0.19	0.58	1.10	0.062	40.0	56.6	28.0
2	吳	吳 (燒準)	A.O.H	59856	18t	1	0.19	0.50	0.98	0.050	32.4	50.9	26.4
			B.O.H	18446	18t	1	0.17	0.49	0.89	0.048	33.1	49.9	31.2
			B.O.H	18454	18t	0.8	0.17	0.45	1.15	0.046	35.7	52.9	28.3
	吳	八幡	A.O.H	59856	18t	1	0.19	0.50	0.98	0.050	37.8	54.2	26.5
			B.O.H	18446	18t	1	0.17	0.49	0.89	0.048	36.3	52.5	31.6
			B.O.H	18454	18t	0.8	0.17	0.45	1.15	0.046	35.3	55.3	27.5
3	八幡	八幡	B.O.H	S 99228		0	0.16	0.37	1.01	0.014	34.8	54.0	27.8
			B.O.H	S 99714		1	0.15	0.60	1.14	0.055	42.7	59.6	23.3
目 標							0.15~0.20	0.30~0.70	~0.90 1.20		55	20	

第6表つき

熔接性試験							銜合熔接々手試験					
Schmidt 式抗張試験*			銜學試験		焼 入 角 度	ビ ー ド 置 曲 度	ビ ー ド 盛 抗 張 試 験		DIN 型抗張試験		硬 度 ビ ツ カ ー ス	屈 曲 角 度
降伏點	抗張力	伸	シャル ピー	伸			抗張力	伸	抗張力	伸		
33.8	54.0	26	19.2	180	54	52.1	9.9	56.7	12.4	263	73	
36.7	55.5	23.5	24.2	180	61	49.9	18.1	54.0	24.1	252	62	
42.4	60.0	22.5	18.8	180	38	61.5	12.9	58.9	10.8	300	36	
30.4	50.1	23.8	19.9	104	90	51.7	10.7	57.3	13.0	252	82	
32.1	49.8	27.3	27.4	180	109	47.4	16.0	53.4	18.2	246	76	
32.1	51.6	25.7	17.8	124	91	54.2	11.1	58.0	15.9	278	100	
37.2	56.4	25.1	26.5	180	80	56.2	15.2	60.4	10.5	367	80	
35.7	52.5	28.3	25.0	180	95	52.5	11.7	58.1	17.0	238	71	
36.7	57.2	21.0	22.4	180	81	53.5	7.6	59.0	17.5	264	79	
33.1	56.0	24.1	12.0	180	97	58.2	10.8	59.5	18.4	312	48	
42.4	63.3	22.8	15.6	90	62	56.4	6.5	60.1	18.1	348	44	
34.0	52.0	18.0	12.0	90	60			52	15	300	70	

* 22mm 厚板に對しては G. L-100mm

として採り、ロール方向から採取した試験片の成績のうち主要なものを一括して第6表に示した。第1回目の試験では強度が稍不足し或は熔接々手の試験成績に思わしくないものがあつた。第2回目の試験では吳で壓延した鉄が仕上温度の低下から焼準する必要が起つたが、吳の鹽基性平爐で熔製し八幡で壓延したものにはすべての試験に於て良好な成績を示すもの (ch No. 18454) が得られた。

第3回目の試験は量産を考慮して八幡で熔製並に壓延したものであるが、熔接々手試験で硬度及び屈曲角度に稍難色はあつたが其他は大體良好であつた。

これらの試製鉄は實際は潜水艦の内殻に電氣熔接を施して試用したが概ね満足すべき成績を示した。

文 献

- 1) 小平, 森寺, 前田: 鐵と鋼, 26 (1940) 777
- 2) 藤原: 鐵と鋼, 30 (1944) 69
- 3) 寺尾: 造船協會々報, 79 (1948) 65

(26) 鋼塊偏析研究への高硫黃鋼の利用

八幡製鐵株式会社八幡製鐵所 工 加 藤 健
 $C=0.11\%$, $Mn=0.83\%$, $S=0.286\%$ の快削鋼3.9t 鋼塊, (セミキルド型) を縦斷してマクロ的及びミクロ的に觀察した所, 本鋼塊は當然の事乍ら介在物が多量に出現して居るので, その形状, 種類, 分布が極めて明瞭に觀察され, 又鋼塊各部位の諸成分の分析値にも極めて明瞭な傾向が見出された。しかもこれ等の現象は一般の鋼塊 (キルド及びセミキルド鋼塊) の凝固機構の解明の

ための極めて有力な資料となり得るものと考えられ, この點で鋼塊偏析の研究に, この様な鋼を使用する事の可能性へ考えられた。

I. 鋼塊の履歴

本鋼塊は鹽基性平爐によつて熔製され取鍋で加硫されたものを下廣角型鑄型に上注されたもので, 脱酸劑としては極めて僅かの Fe-Si が取鍋で加へられたもので Al は全然使用されて居ない。

取鍋分析値は下記の如くであり, 單重は 3t930, 出鋼温度 1660°C (熱電對), 注入所要時間 52 秒, 注入温度 1638°C (光高温計) である。

C%	Si%	Mn%	P%	S%	O%
0.11	0.05	0.83	0.024	0.286	0.021

II. 鋼塊の縦斷面のマクロ的觀察

鋼塊を中央にて縦斷し, サルファープリントを撮り, マクロ腐蝕を実施した。サルファープリントには A 偏析及び僅かの V 偏析が認められ, 特に異常はなく, マクロ腐蝕では柱狀晶の發達が比較的, 顯著であつた。キルド鋼に近いセミキルド鋼塊の状態であり C% が低く, Al は全然使用せず, Fe-Si も僅か使用したのみでこの様な状態を示した事は高 S, Mn のため之等が脱酸に利いて居るものと考えられた。後述の如く, 硫化物と珪酸鹽の混合介在物が可成り認められる事からもこれが推察される。

III. 偏 析