

第 2 表

	單獨の場合			共存する場合		
	As%	Cu%	Sn%	As%	Cu%	Sn%
高温加工	+1.0	+0.35	+0.10	+0.45	+0.35	+0.10
常温加工	<0.3	+0.35	+0.10	<0.25	<0.35	>0.10

但し+は許容限度が上記の数値以上であることを示す

第 3 表

		單獨の場合			共存する場合		
		As%	Cu%	Sn%	As%	Cu%	Sn%
キルド鋼	高温加工	+0.71	+0.32	+0.067	+0.32	+0.32	+0.067
	常温加工	<0.21	+0.32	+0.067	<0.18	+0.32	<0.067
リムド鋼	高温加工	+0.59	+0.27	+0.056	+0.26	+0.27	+0.056
	常温加工	<0.18	+0.27	+0.056	<0.15	<0.27	<0.056

第 4 表

	單獨の場合						共存する場合					
	(a) 偏析を考慮した場合			(b) 偏析を考慮しない場合			(a) 偏析を考慮した場合			(b) 偏析を考慮しない場合		
	As%	Cu%	Sn%	As%	Cu%	Sn%	As%	Cu%	Sn%	As%	Cu%	Sn%
キルド鋼	<0.14	+0.29	+0.039	<0.20	+0.32	+0.059	<0.09	<0.29	<0.039	<0.17	<0.32	<0.059
リムド鋼	<0.12	+0.25	+0.033	"	"	"	<0.08	<0.25	<0.033	"	"	"

脆化破面はフェライト粒界の破断面を示している。顕微鏡組織を調べた結果は前報<sup>1)</sup>のA系列と全く同様で脆化試料のみ粒界セメントイトが長大であった。As, Cu, Sn の含有量が大きくなっても特別の相は表われない。焼鈍硬度は As, Cu, Sn, Mo の増加と共に次第に増大する。

加工性について：以上の結果及び前報<sup>1)</sup>の結果を纏め又種々の文献より鋼塊中におけるこれ等元素の偏析%並びに酸化性雰囲気中で鋼材を加熱した場合の鋼材表面に於けるこれ等元素の濃化%を考慮して高温及び常温加工性に及ぼす As, Cu, Sn の許容含有量を推定した。

偏析及び濃化を考慮しない場合は第2表の通りである。

偏析を考慮した場合は第3表の通りである。

1200°C に 3~4hr 加熱した後常温加工する場合は第4表の通りである

但し鋼塊中における As, Cu, Sn の偏析は主として鋼塊内部が大であるから鋼材表面の濃化に対して偏析を考慮する必要がないとすれば上記 (b) 欄の許容限度で充分である。

文 献

1) 澤村, 盛: 鐵鋼協會秋季講演大會 (1952) に発表  
鐵と鋼に投稿中

(35) 酸素富化吹錬を行つたトーマス鋼の低温切欠脆性に就て

(On the Notched-Bar Impact Properties at Low Temperatures) of Thomas-Steel Blown by Oxygen-Enriched Air)

日本鋼管川崎製鐵所 技術研究所 工 耳 野 亨

最近、特に造船技術の分野では溶接構造が広く採用され、切欠感度の優れた構造用鋼が要求されている。この要求に応じてトーマス鋼の材質を改良することに努力した結果、送風に酸素を富化して精錬を行い、或は又非常に低温度で吹錬し良好な造塊性を得る為に最後にカルシウムシリサイドを投入し昇熱する方法によつて、良好な成績を得ることが出来た。これ等の製鋼法によつて製造したトーマス鋼の低温切欠脆性を従来のトーマス鋼及び平炉鋼と比較試験した結果を次に報告する。

第1表 化學成分

種 別	試料 番 號	化 學 組 成 (%)								
		C	Si	Mn	P	S	Cu	N <sup>1)</sup>	O <sup>2)</sup>	
トーマスリムド 普通製鋼	1	0.08	tr	0.37	0.074	0.028	0.19	0.009 <sub>3</sub>	0.009 <sub>6</sub>	
	2	0.10	tr	0.35	0.047	0.022	0.17	0.011 <sub>2</sub>	0.008 <sub>0</sub>	
	3	0.09	tr	0.51	0.075	0.033	0.17	0.010 <sub>4</sub>	0.007 <sub>7</sub>	
	4	0.08	tr	0.38	0.069	0.031	0.18	0.010 <sub>7</sub>	0.006 <sub>3</sub>	
トーマスリムド 酸素富化	5	0.05	tr	0.35	0.066	0.026	0.14	0.007 <sub>7</sub>	0.011 <sub>4</sub>	
	6	0.08	tr	0.42	0.058	0.028	0.15	0.006 <sub>6</sub>	0.009 <sub>2</sub>	
平爐リムド	7	0.09	tr	0.31	0.014	0.024	0.29	0.003 <sub>7</sub>	0.005 <sub>4</sub>	
	8	0.15	tr	0.43	0.015	0.021	0.25	0.004 <sub>6</sub>	0.004 <sub>4</sub>	
トーマスキルド	普通製鋼	11	0.09	0.12	0.37	0.076	0.020	0.09	0.017 <sub>0</sub>	0.003 <sub>0</sub>
		12	0.07	0.09	0.31	0.056	0.021	0.22	0.009 <sub>3</sub>	tr
		13	0.12	0.24	0.49	0.066	0.025	0.14	0.013 <sub>1</sub>	0.002 <sub>6</sub>
		14	0.12	0.21	0.49	0.075	0.025	0.23	0.013 <sub>7</sub>	0.001 <sub>8</sub>
	酸素富化	15	0.06	0.16	0.41	0.059	0.030	0.16	0.007 <sub>0</sub>	0.001 <sub>0</sub>
		16	0.09	0.18	0.34	0.069	0.037	0.12	0.005 <sub>6</sub>	0.001 <sub>3</sub>
		17	0.09	0.14	0.41	0.074	0.016	0.15	0.009 <sub>4</sub>	—
		18	0.06	0.14	0.27	0.076	0.026	0.18	0.009 <sub>4</sub>	—
		19	0.07	0.13	0.42	0.072	0.019	0.21	0.010 <sub>1</sub>	—
	Ca-Si 昇熱	20	0.06	0.13	0.28	0.045	0.024	0.19	0.009 <sub>1</sub>	0.003 <sub>5</sub>
		21	0.08	0.14	0.45	0.048	0.018	0.20	0.009 <sub>5</sub>	tr
		22	0.06	0.13	0.39	0.073	0.016	0.21	0.010 <sub>2</sub>	—
	平爐キルド	23	0.14	0.28	0.43	0.019	0.021	0.19	0.005 <sub>5</sub>	tr
		24	0.15	0.20	0.46	0.018	0.028	0.31	0.005 <sub>9</sub>	—
25		0.14	0.18	0.39	0.020	0.037	0.32	0.005 <sub>5</sub>	tr	

1) 比色法, 2) 水素還元法

第2表 引張試験結果及びフェライト粒度

種 別	試料 番 號	引 張 試 験 <sup>1)</sup>				フェライト 粒 度 番 號	
		降 伏 點 kg/mm <sup>2</sup>	引張強さ kg/mm <sup>2</sup>	伸 %	降 伏 比 %		
トーマスリムド	普通製鋼	1	31.0	40.0	30.5	77.5	7.8
		2	31.8	40.5	30.0	78.5	8.0
		3	28.5	40.8	28.5	69.9	8.8
		4	29.4	39.4	29.0	74.7	8.1
	酸素富化	5	26.8	37.4	31.8	71.7	7.8
		6	25.3	35.6	34.9	71.1	7.6
平爐リムド	7	27.4	38.0	34.3	72.2	8.4	
	8	27.8	40.2	33.5	69.2	9.0	
トーマスキルド	普通製鋼	11	33.7	45.9	29.8	73.5	7.8
		12	28.8	40.2	30.8	71.6	8.0
		13	35.8	46.6	28.3	76.8	8.7
		14	36.3	47.6	28.3	76.3	8.2
	酸素富化	15	29.3	41.6	26.5	70.4	7.3
		16	30.0	41.2	28.5	72.8	7.6
		17	30.0	43.0	27.0	69.8	8.0
		18	29.8	41.0	30.6	72.7	7.9
		19	30.3	42.2	31.4	71.8	8.5

Ca-Si 昇熱	20	29.2	39.1	28.6	74.7	7.8
	21	29.5	41.9	29.5	70.4	8.2
	22	29.0	41.0	30.8	70.8	8.5
平爐キルド	23	31.4	44.8	31.0	70.1	8.4
	24	30.2	44.2	28.9	68.4	9.0
	25	29.7	42.4	30.3	70.0	8.7

1) 一號試験片

第3表 衝撃・試験結果

種別	試料番號	U- ノッチ (縦方向) kgm/cm <sup>2</sup>				V- ノッチ (縦方向) kgm/cm <sup>2</sup>			U- ノッチ (横方向) kgm/cm <sup>2</sup>			
		20°C	0°C	-20°C	-40°C	20°C	0°C	-20°C	20°C	0°C	-20°C	
トーマスリムド	普通製鋼	1	15.8	11.2	6.0	0.3						
		2	15.0	9.7	1.2	0.3	6.1	1.8	—	7.7	6.0	1.3
		3	14.5	14.6	9.8	0.5	11.2	8.0	0.8			
		4	21.0	12.7	2.5	0.4				8.3	5.2	1.2
	酸素富化	5	13.3	12.5	11.8	1.0	10.9	3.5	1.2	7.4	5.3	2.4
		6	26.0	17.7	4.4	0.4	12.2	9.3	2.1	7.3	6.0	4.6
		7	22.0	14.8	10.0	6.6	21.3	9.0	2.2	15.0	11.5	9.3
		8	20.0	15.0	8.5	0.4	13.6	4.2	1.6	12.2	7.0	4.6
トーマスキルド	普通製鋼	11	18.2	13.3	9.4	2.1	10.1	7.9	2.6			
		12	28.7	24.5	18.6	5.0				14.4	13.9	10.8
		13	20.6	20.0	17.0	13.5						
		14	17.4	14.5	10.0	6.0	13.2	10.6	5.2	6.6	5.6	4.6
	酸素富化	15	25.2	25.0	21.2	14.4	21.0	16.0	2.3	9.6	7.7	6.3
		16	22.0	21.5	15.9	9.5	22.5	15.0	6.5			
		17	28.7	20.3	17.0	2.4						
		18	27.9	23.6	18.1	11.5						
		19	28.2	26.1	17.8	6.6						
	Ca-Si 昇熱	20	31.3	32.6	22.3	10.0	28.1	19.1	10.2	18.5	15.2	12.1
		21	29.8	21.7	18.0	8.7	22.0	19.0	12.7			
		22	29.6	26.0	19.4	2.4						
平爐キルド	23	20.6	16.5	13.8	9.7	20.2	12.9	8.0	9.4	7.4	5.8	
	24	20.6	16.2	14.0	10.2							
	25	21.3	16.2	12.7	6.6	15.6	12.3	8.0	8.2	6.4	5.0	

I. 試験チャージ

試験は次の総計 23 チャージについて行つた。

リムド鋼

従来のトーマス鋼..... 4  
 送風に酸素を富化して吹錬したトーマス鋼..... 2  
 平炉鋼..... 2

計 8

キルド鋼

従来のトーマス鋼..... 4  
 送風に酸素を富化して吹錬したトーマス鋼..... 5  
 Ca-Si で昇熱したトーマス鋼..... 3  
 平炉鋼..... 3

計 15

酸素富化吹錬は送風に 25~39% の酸素を添加して製鋼した。酸素の添加により吹錬時間は従来の 11~16min

から 6~8min に短縮され、窒素を吸収する時間が短くなり、又窒素ガスの分圧も低下するので従来のトーマス鋼に比して低窒素含量の鋼が得られた。

Ca-Si で昇熱したチャージは、低燐低窒素の鋼を得る為に著しく低温で精錬を行つた後除滓し、鋼 t 当り 3.5~4.7kg の Ca-Si を投入、30sec 程度追吹を行つた。Ca-Si の燃焼によつて熔鋼温度は上昇し、鍋付を生ぜずに下注ぎすることが出来た。

以上のチャージは 90×90×10 或は 125×75×10mm の等辺或は不等辺アングルに圧延し、鋼塊中央部に相当した位置から試料を採取した。

第 1 表に化学成分、第 2 表に引張試験結果並びにフェライト粒度を示す。

## II. 衝 撃 試 験

衝撃試験片は圧延方向及び直角方向から両面圧延肌のまま巾 10mm, 長さ 55mm の試料を削出し, U- 或は V- ノッチを圧延面に直角に附した。

試験結果を第 3 表に示す。

## III. 總 括

以上の試験結果から各鋼種の低温切欠脆性についての結論が得られた。

1. トーマス鋼, 平炉鋼ともにキルドは明かにリムドよりも優れている。
2. リムド鋼については平炉鋼が最も優位にある。送風に酸素を富化して吹錬したトーマス鋼は従来のトーマス鋼よりも優れて居り, 殆んど平炉鋼に近い結果を示している。
3. キルド鋼について比較すると, 酸素富化吹錬したトーマス鋼及びカルシウムシリサイドで昇熱したトーマス鋼は完全に平炉鋼に匹敵し, 特に後者は室温  $\sim -20^{\circ}\text{C}$  の温度範囲では平炉鋼よりも寧ろ良好である。
4. U- ノッチ衝撃値と V- ノッチ衝撃値との間には明確な関係が認められない。然し一般にリムド鋼はキルド鋼に比して U- 及び V- ノッチ衝撃値の差が著しく, 切欠の尖鋭度に対する敏感性はリムド鋼の方が大である。
5. 圧延方向と直角方向との衝撃値の差については, 各鋼種間に本質的な差異は認められない。

### (36) 強靱鋼の低温焼戻状態に於ける切欠靱性に及ぼす試験温度の影響

(Effect of Testing Temperature on the Notched Impact Toughness of High-Strength Steel as Tempered at Low Temperature)

住友金属工業 K. K. 製鋼所 ○工 河 井 泰 治  
西 田 源 泉

強靱鋼の低温焼戻に於ける切欠強度並に切欠靱性は高抗張力状態で使用される用途に対しては重要な課題であり,  $300\sim 350^{\circ}\text{C}$  附近の焼戻温度で生ずる低温焼戻脆性がこの種の鋼の各種の負荷条件に於ける耐久性に對し大きな影響を与えることは既に報告した<sup>1)</sup>。この脆性に関しては残留オーステナイト, P, S,  $\text{N}_2$  等の不純物, Al, Ti, Mo 等の添加, オーステナイト粒度等の影響が従来の研究者により指摘されており又マルテンサイトの焼戻

機構とも関連あるものと考えられているが, いずれも未だ本質的な解明を与えるに至っていない。又既に報告した含硼素鋼の実験結果より適当な Al+Ti+B 処理を行ったものは Al 添加のみのものに比し著しくこの性質が改善されることが知られ<sup>2)</sup> 前記の文献で知られることゝあわせ考えられれば鋼質の良否を左右する脱炭, 脱酸, 脱窒, 粒度調整, 焼入性等の問題が低温焼戻性能に對し支配的な影響を及ぼすことが推察される。

一方鋼の低温に於ける切欠強度及び靱性に関しては造船用鋼板の試験に對し大きな役割を演じ, 低合金鋼に於いても米国では多くの研究がなされ, 製鋼条件特に脱酸及び粒度調整, 熱処理特に焼入の完全不完全及び高温焼戻脆性並に各種合金成分, 不純物等の諸因子が切欠の性質, 歪速度と共に材料の遷移温度に對し大きな影響を及ぼすことが知られている。

以上述べた如く低温焼戻脆性と一般の遷移温度の問題は共に鋼質の良否が大きな影響を及ぼしていると思われるので, 本報では低温焼戻状態の強靱鋼の切欠脆性が試験温度により如何に変化するかについて実験を行い, 従来明かにされていなかつた低温焼戻温度の遷移温度に及ぼす影響を調査した。

## I. 供 試 材

前報<sup>1)</sup>に於いて低温焼戻脆性が顯著に現われた 2 種の低 Ni~Cr 鋼を用いた。成分, 変態点, 焼入温度及び粒度は第 1 表の通りである。

第 1 表 供試材の成分, 變態點, 焼入温度及粒度

記號	化 學 成 分								
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
LN1	0.32	0.25	0.79	0.014	0.024	0.07	1.89	0.99	0.05
LN2	0.38	0.30	0.96	0.011	0.023	0.05	1.88	1.00	0.04

  

記號	變 態 點 ( $^{\circ}\text{C}$ )		焼入温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	焼入温度に於ける粒度 Gg
	Ac 1	Ac 3		
LN1	720	770	850	7.5
LN2	715	765	850	7.0

## II. 實 験 方 法

14mm 角の圧延材を  $870^{\circ}\text{C}\times 1\text{hr}$ →空冷後片側 0.25mm の仕上代を残し粗仕上したシャルピー試験片を多数作製し脱炭を防止しつゝ下記の熱処理を行い正規寸法に仕上げた。シャルピー試験片は JES 標準寸法によつた。