

研究部會報告

(製鋼部會報告)

鹽基性平爐による管用優良低炭素鋼の製造に就て (II)

擔當委員 寺田二郎*

[前號(第37年第12號)40頁よりつづく]

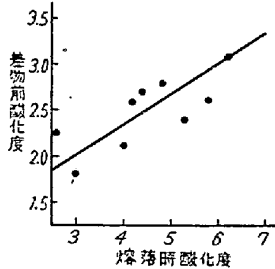
イ) 熔鋼の酸化と内面疵との關係

今調査對象の條件を一定にする爲、管種として冷率用素管を取り素鋼成分の影響も考慮に入れて9「チャージ」に就き内面不良率と熔鋼中の酸素量との關係を見た所、精鍊過程に於ける熔鋼中の酸素量の低い熔解程内面疵の發生が少く優秀であり此の傾向は精鍊の末期よりも初期に於て一層明瞭である事が分つた。

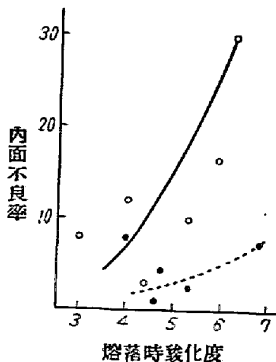
此の事實を一層明確に示す爲、

酸化度 $(= \frac{\text{實存する酸素量}}{\text{共存するOと平衡すべき酸素量}})^*$ なる値を定

義し熔落時と差物前の酸化度の關係を見た所第3圖の如くなつたが此の場合差物前の酸化度と内面疵發生割合との關係は餘り明瞭でなく熔落時の酸化度と内面疵發生割合との關係は第4圖に示す如くなつた。



第3圖 熔落時酸化度と差物前酸化度との關係



第4圖 熔落時酸化度と内面不良率との關係

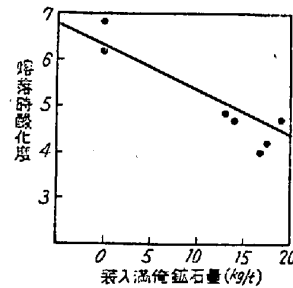
* 此の場合の平均値は Vacher & Hamilton の値を採用した。

ロ) 熔落時の酸化度に及ぼす因子

熔落時の酸化度が管の内面疵に比較的明瞭な影響を及ぼす事が判つたが、然らば如何なる操業を行えば熔落時の酸化度が低くなるかを知る必要がある。

今装入 Mn 鐵石量と熔落時の酸化度との關係を見ると第5圖の如くなる。

又直接装入 Mn 鐵石量と内面不良率との關係を見ると第6圖の如くなる。更に熔落時の酸化度に及ぼす因子として熔落時間が考えられるが今熔解時間と熔解時の酸化



第5圖 装入滿俺鐵石量と熔落時酸化度との關係

度との關係を示すと第7圖の如くなる。

ハ) 結 び

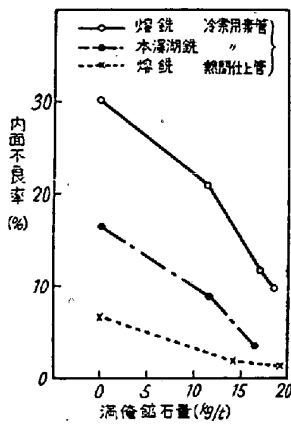
要するに管用「リムド鋼」は假令、炭素成分や造塊條件が適切であつても精鍊過程に於ける熔鋼中の酸素量が高いと管の内面疵の發生が増大する。従つて内面疵を減少するには熔解の酸化度を低める必要があり、之が爲には先づ熔落時の酸化度を低めることが肝要である。然るに熔落時の酸化度は熔解時間を早めに装入に滿俺鐵石を使用する事によつて或る程度低める事が出来る。

以上熔鋼の酸素量と内面疵とを直接比較したのであるが今後の課題として熔鋼の酸素量と鋳塊内部狀況との關係を調査する必要がある。

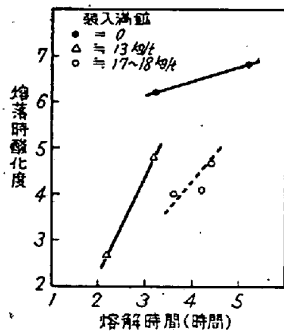
iii) 管用「リムド鋼」の内質改善に關する研究

イ) Al に依る「コーキルド」鋳塊の製造實驗

* 日本鋼管株式會社川崎製鐵所



第6圖 裝入滿俺鐵石と内面不良との關係



第7圖 熔解時間と熔落時酸化度との關係

先きに述べた如く管用鋼塊としての「リムド鋼」を使用した場合の缺陷は内質部が氣泡及び偏析に富む事である。

従つて「リム部」は其の儘で内質部を「キルド鋼」の様に均質とし内面疵の發生を減少すると云う方法が考えられる。

此の着想から「リムド鋼」を鑄込んだ後間もなく殘熔鋼を「キルド」するに充分な Al を添加し内質部を脱酸して「リムド鋼」の内質改善を計る研究が新扶桑鋼管製造所並に日本鋼管川崎製鐵所に於て研究されて居る。

新扶桑より製鋼部會へ提出された資料に就て見ると、其の精鍊方法は従來の「リムド鋼」と全く同一で造塊方法としては壓延後の「ピレット」に必要な「リム部」の厚みを假定し、之れより逆算して鋼塊の「リム部」の所要厚みを算出し其の厚さになる迄の凝固時間を鋼塊の凝固速度より算出して之れを Al の添加時間としている。一方 Al の添加量は殘熔鋼を概算して、之れに對する所要 Al 量を決定した。

Al 添加方法は熔鋼注入後、型の中に Al 粒を投入し木棒又は鐵棒を突込んで攪拌している。其の製品成分及造塊狀況は次表の通りである。斯様にして得られた鋼塊を Al を入れない鋼塊と同時に製管し、其の製管成績を

比較検討し、又 Al で鎮靜した鋼塊を縦斷し「サルファープリント」、「マクロ寫眞」偏析及び介在物等に関して

第17表 コアキルド鋼の組成々分%

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
例 1	0.17	0.03	0.28	0.009	0.018	0.16	tr
例 2	0.18	0.03	0.28	0.018	0.021	0.16	0.08

調査しているが、其の大體の結論としては内質部を脱酸した「リムド」鋼塊は通常「リムド」鋼塊に見られる様な濃厚な氣泡偏析がなく特に鋼塊の上半部は大體均質化している。此の點では概ね其の目的が達成されているが介在物や收縮高の影響に就ては尙今後の検討に俟たねばならない。

製管成績に就ては良好なものもあるが未だ孰れとも斷定出来ない狀況にあるが、製品「パイプ」の機械試験は罐管用として試験した結果によると異常なく合格している。

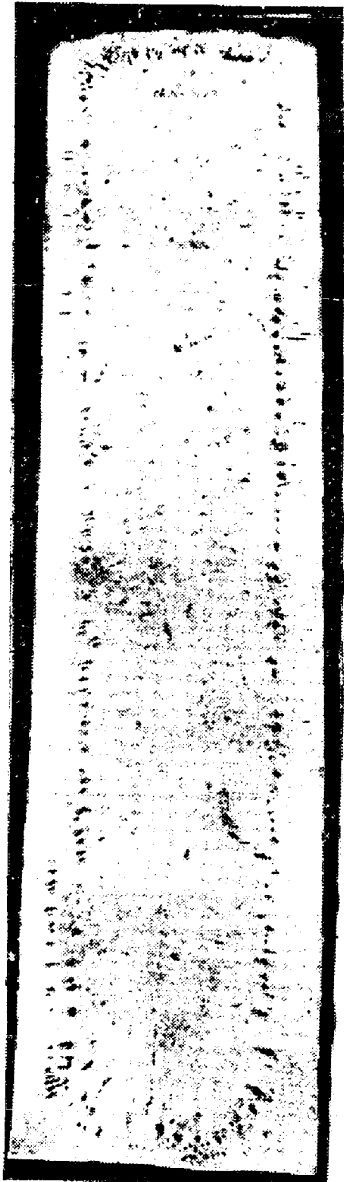
第18表 コアキルド鋼塊の造塊記録

	例 1		例 2			
	第一定盤	第二定盤	第一定盤	第二定盤	第一定盤	第二定盤
鑄込時間	6'—55"	6'—35"	8'—05"	7'—55"		
鑄込溫度°C	1441	1447	1435	1440		
Al 添加時期 (鑄込後)	(ロ) 1'—40"	(ハ) 1'—30"~ 1'—55"	(イ) 65"	(ロ) 65"	(ハ) 65"	(ニ) 65"
Al 添加量 (g)	表面(粒)※	432	432	250	250	250
	深部(塊)			220	220	200
合計	432	432	470	470	450	475
Al 添加方法	一回に投入	二回に投入	深部は Al は鋼製のパイプに突差して鋼塊中に突込む			
攪拌時間	10"	30"	55"	55"	70"	70"

尙同じ研究を八幡製鐵所に於ても行つているが未だ明瞭な結果が得られていない様である。

一方日本鋼管川崎製鐵所に於ける「コアキルド」鋼塊の實驗も昭和 22 年より 7 回實施し Al の投入方法として型の上から突込むのと注入管より投入するのとの兩者を試験して見たが型の上より投入する方法は實用的でなく注入管より投入する場合は同一定盤上の各鋼塊を均一にし鎮靜する事が困難で未だ結論を得ていない状態で製管成績の差も明らかでないが「コアキルド」鋼塊の頭部側は普通「リムド鋼」と異り、鋼塊底部に比べて内面疵の發生が少くなつているのが特徴である。孰れにしても「コアキルド」鋼塊は未だ實用化するに至つて居らず今後の研究に俟たねばならない。

寫眞 I.



No. 1

No. 1 普通リムド鋼塊縦断面



No. 2

No. 2 同上サルファープリント



No. 3

No. 3 同じ熔解のコアキルド鋼塊縦断面



No. 4

No. 4 同上サルファープリント

ロ) 「キャップドインゴット」の製造実験

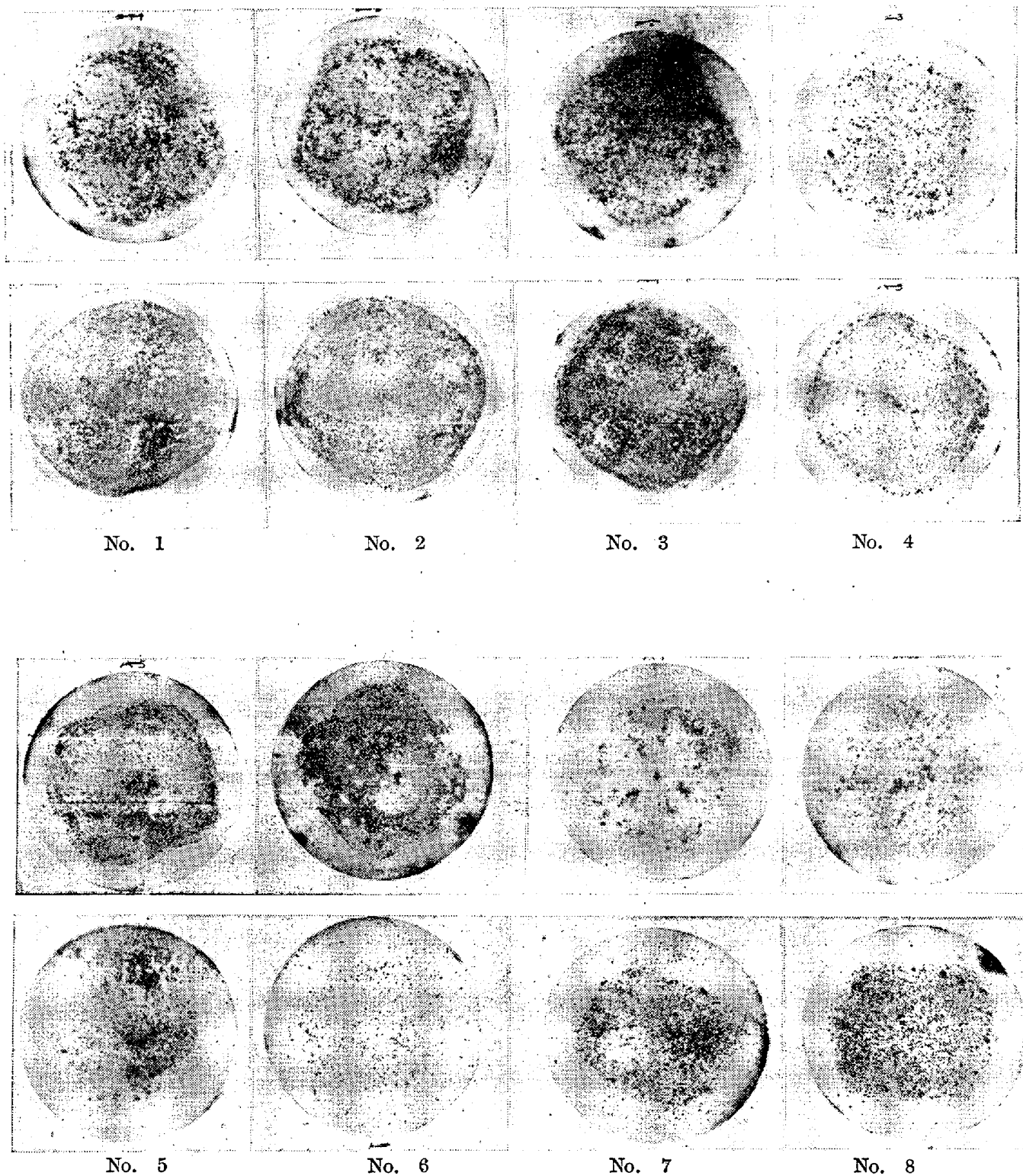
「コアキルド」鋼塊が“chemically capped steel”と呼ばれているのに対して普通の「キャップド鋼」は所謂「キャップモールド」を使用する事によつて「リムド鋼」鋼塊内質部の偏析及氣泡を軽減する目的で製造されるものである。

日本鋼管川崎製鐵所に於ては他の「キャップドモールド」を管用「リムド鋼」に適用し普通の「リムド鋼」と比較する実験を行つた。即ち其の熔解方法は前述の管用「リムド鋼」熔解標準作業に従い、同一「チャージ」の熔鋼を普通の開放型鑄型と「キャップ鑄型」に夫々定盤別に注ぎ分けたが其の鋼塊の單重は普通型が 1.520 kg, 「キャップ鑄型」が 1.500kg である。

「キャップド鋼」の造塊法は下注ぎ法により鑄込み熔鋼が型の上端より約 100 mm 下迄上昇した時各「キャップ鑄型」の蓋を素早くかぶせ、更に鑄型の取手を利用して 3/8" φ 丸棒にて蓋を押へ尙少し押湯を行つた後直に注入管に湯道屑の長さ 500mm 程度のものを 3~4 本投入して注入管の熔鋼を早く凝固せしめ熔鋼が注入管へ逆流するのを阻止する。

以上の如くして得られた「キャップド鋼塊」及び普通の「リムド鋼」鋼塊を縦断して「サルファープリント」及氣泡狀況を比較して見たが「キャップド鋼塊」は普通の「リムド鋼」鋼塊より偏析部の面積が大で、「リム部」が薄くなつてゐるし又内部氣泡も頭以外は遙かに少なくなつてゐる。又鋼塊各部を分析する事によつても「キャッ

寫眞 2.



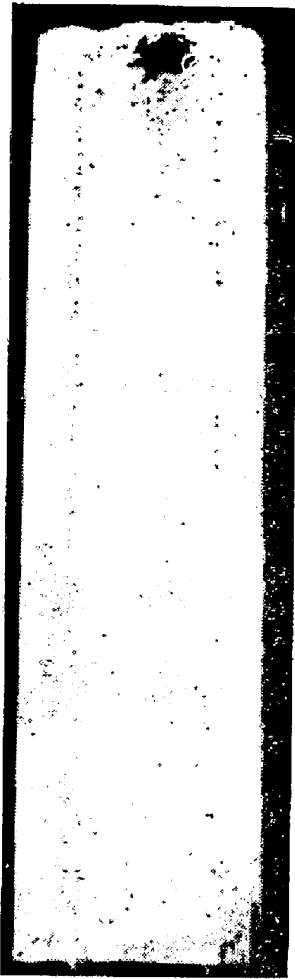
上段 コアキルド鋼ビレット断面サルファープリント

下段 普通リムド鋼ビレット断面サルファープリント

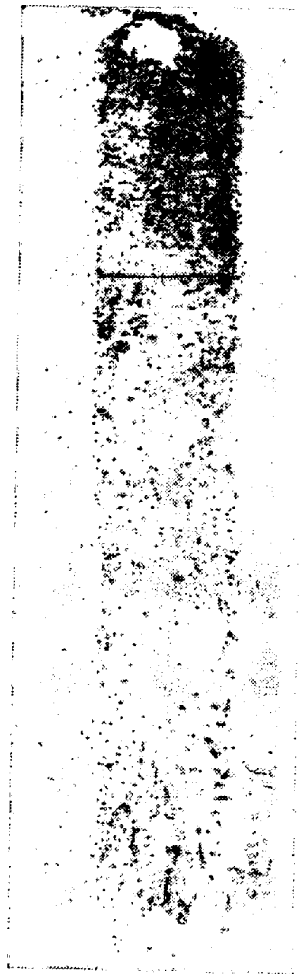
No. 1, No. 2, No. 3, No. 4, No. 5, No. 6, No. 7, No. 8

鋼塊頭部 → 鋼塊底部

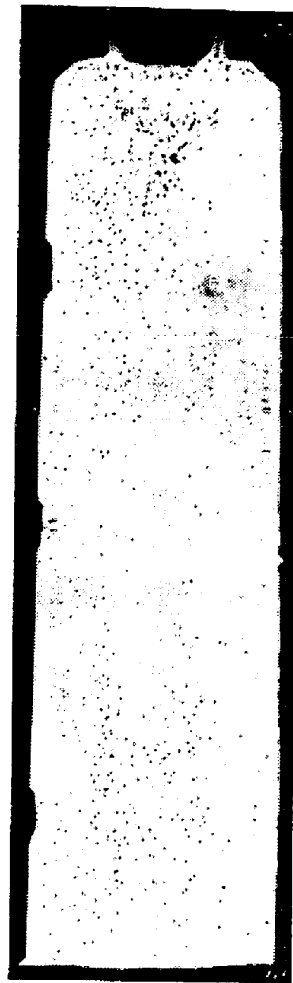
寫眞 3.



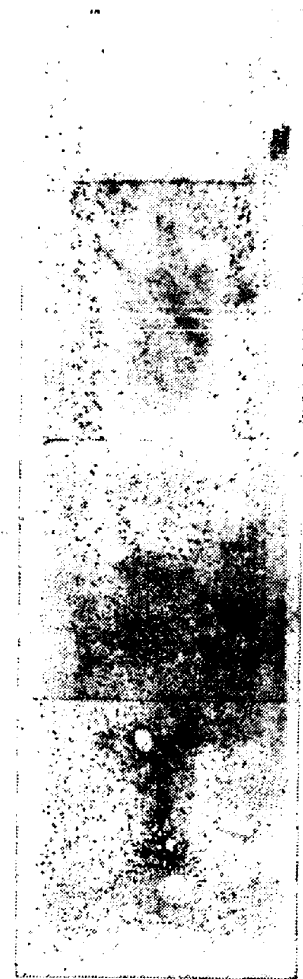
No. 1



No. 2



No. 3



No. 4

No. 1 普通リムド鋼塊縦断面
No. 2 同 サルファープリント

No. 3 キャップド鋼塊縦断面
No. 4 同 サルファープリント

「リムド鋼塊」の方が P. S の偏析が少く「リムド鋼」に比較して健全である事が判る。(寫眞3参照)

一方製管成績の比較として仕分検査に於ける内面不良率を見ると。

リムド鋼 5.0%

キャップド鋼 4.4%

であり、豫想通りの結果を得た。以上は數「チャージ」の試験熔解に於ける一例であるが他の「チャージ」に於ても大體同一の傾向を示している。

尙、「キャップド鋼」の製造に關し之に適合した熔鋼の製造、鑄型の形狀及び造塊條件に就て引き続き検討中である。

ハ) 「パイロットインゴット」

管用「リムド」鋼塊の内質改善並に鋼質判定の目的で「パイロットインゴット」(試験鋼塊)なるものが古くから新扶桑鋼管製造所に於て使用されて來た。即ち管用「リムド」鋼塊の内質狀況を知り且つ鋼質の判定をする

には其の鋼塊を切斷して其の破面を見ればよいが之れは實施上困難であるので比較的小型の試験鋼塊を本鋼塊と同一盤上にて1本取り、之れを三切する事によつて其の「チャージ」全體の鋼塊破面を推定する方法である。此の方法は比較的最近に於て日本鋼管に於ても試験的に行われているが、其の鋼塊の大きさを比較すると次の(第19表)通りである。

其の判定方法は要するに破面の緻密であり「スキン」

第19表 パイロットインゴットの大きい

工 場	新 扶 桑		日 本 鋼 管	
	A	H	B ₂	P ₅
鑄 型 の 種 類	普通鋼塊	パイロットインゴット	普通鋼塊	パイロットインゴット
鋼 塊 の 區 別	普通鋼塊	パイロットインゴット	普通鋼塊	パイロットインゴット
鋼 塊 單 重 kg	1.200	450	1.900	330
底 部 寸 法 mm	390角	235角	485角	192角
鋼 塊 形 狀 長 寸 mm	1.400	1.400	1.450	1.450

の厚さが厚く、氣狀氣泡の長さが短い方が比較的製管成績は良好であると言う程度で確定的な結論は得られていない様である。勿論此の場合素鋼成分中の P, S 及 Mn をも同時に考慮に入れて鋼質を判定しなければならない。

III. 管用「キルド鋼」の製造

鹽基性平爐に於て、管材用鋼塊として「キルド鋼」を製造しているのは、日本鋼管川崎製鐵所及び尼崎製鐵所の兩者である。

尼崎製鐵所に於ては其の製管工程が 100kg, 150kg の小型鋼塊を分塊せずに直接「エルハルト式」鋼管製造機にかけて一工程にて製管を行い、日本鋼管川崎製鐵所に於ては、大管材（パイプの徑 6"φ 以上）は鋼塊を直接「マンネスマンピルガー方式」にて穿孔壓延し共に鎮靜鋼を使用している。

又日本鋼管の中管材（1¹/₄"~6"φ）は 2t 鋼塊を 130~180kg の鋼片に分塊壓延後「マンネスマンブラッグ方式」にて穿孔しているが主として、製鋼原料の質の低下の原因により其の大部分は鎮靜鋼塊を使用している。

併し乍ら同じ「キルド鋼」であつても其の製管工程に於て「マンネスマン方式」と「エルハルト方式」とでは材質に対する影響に格段の差があり、之等を一概に論ずる事は出来ないが便宜上茲では「キルド鋼」として同時

第 20 表 兩者の使用爐

工場	爐の型式	實裝入量	使用燃料
日本鋼管 尼 鋼	メルツ式	60 t	發生爐瓦斯 重油又は重油 C ガス混燒 重油單味
	メルツ式	40 t	
	メルツ式	50 t	

第 21 表 規 格 成 分

工場	鋼 種	C	Si	Mn	P	S	Cu
日本鋼管	イ 一般管	0.11~0.18	0.18~0.35	0.35~0.60	<0.040	<0.040	<0.30
	ロ スモーク及び ラインパイプ	0.10~0.13	0.15~0.25	0.30~0.50	<0.035	<0.035	<0.30
尼 鋼	イ Fe-Si 脱酸	0.10~0.13	0.20~0.25	0.40~0.50	<0.020	<0.025	<0.20
	ロ Al 脱酸	0.10~0.15	0.17~0.20	0.40~0.50	<0.020	<0.025	<0.20

第 22 表 米國に於ける繼目無鋼管材の規格成分の一例

工場	Grade	C	Si	Mn	P	S	Cu	Al
Babcock and Wilcox Co. U. S. Gary	Boiler tube	0.10~0.20	0.10~0.15	0.30~0.60	<0.035	<0.035	0.10實績	—
	Line Pipe Grade B	0.13~0.16	0.10~0.20	0.30~0.90	0.040	0.040	≒0.10	0.875 lb/t

に取扱う事とする。

i) 使用爐（第 20 表兩者の使用爐）

ii) 規格成分（第 21 表兩者の規格成分）

尼崎製鐵所に於ては Fe-Si を主たる脱酸劑として使用するものと、Al を主として使用するものがあり、前者は 100kg 後者は 150kg の鋼塊にしている。

今参考迄に最近の米國に於ける繼目無鋼管用規格成分を見ると* 次の第 22 表の通りで大體我が國の規格成分と一致している。

iii) 裝入材料

日本鋼管に於ける「キルド鋼」の裝入材料は大體前述の「リムド鋼」の場合と同様であるが尼鋼に於ては冷銑 8~34% 使用し屑鐵中の 90% は自家屑である。又裝入に滿庵鐵石を使用していないが、燒石灰の裝入量は 55~58kg/t 程度で大體他社と同一量である。

iv) 精鍊作業

優良な管材用「キルド鋼」を製造する場合の標準作業要領は大體「リムド鋼」の場合に準ずるものと見做して良いが「キルド鋼」の場合は「リムド鋼」と異り鋼塊に於ける偏析度が少ないから P, S 等の有害成分は比較的「リムド鋼」より緩和される。又「キルド鋼」の精鍊中に於ける鋼滓中の (FeO)% は「リムド鋼」の場合より相當低くあるべきだと考えられるのが常識であるが管用リムド鋼製造の實際に於ては特に靜かな湯が望ましい爲管用「リムド鋼」の精鍊中の (FeO)% は「キルド鋼」の (FeO)% に近い値迄下げているので管材の精鍊に於ては精鍊中の (FeO)% の差はあまり見られない状態である。

* 鐵と鋼：昭和 25 年 9 月 小田助男

第 23 表 兩者の取鋼脱酸劑使用量 kg/t

工場	鋼種	Fe-Mn	Fe-Si-Mn	Fe-Si	Ca-Si	Al
日本鋼管	大管 一般管	—	3.0	2.4	1.6	0.2
	50t 爐 ラインパイプ	—	3.0	2.2	1.6	0.2
	中管 一般管	—	3.0	4.0	—	0.5
	60t 爐 スモーク	—	3.0	3.5	—	0.5
尼鋼	Fe-Si 脱酸	3.6~3.8	—	3.6	—	0.34~0.38
	Al 脱酸	3.6~3.8	—	2.5	—	0.85~0.89

第 24 表 兩者に於ける各種脱酸劑の成分

工場	脱酸劑	C%	Si%	Mn%	Al%	Ca%	P%	Si%	銘柄
日本鋼管	Fe-Mn	5.60	23.0	73.60	—	—	0.34	—	鋼管新湊燒島
	Fe-Si	0.08	77.75	0.35	—	—	0.05	0.005	
	Fe-Si-Mn	2.70	13.15	66.10	0.16	0.003	—	—	
	Ca-Si	0.30	60.0	0.10	—	—	0.040	0.020	扶桑
	Al	—	0.90	—	95.70	—	—	—	—
尼鋼	Fe-Mn	6.97	0.56	78.84	—	—	0.06	0.310	—
	Fe-Si	0.33	78.82	0.22	—	—	0.081	0.057	—
	Al	—	0.58	0.53	91.17	—	—	—	—

第 25 表 兩者の造塊狀況

	日本鋼管		尼鋼	
	中管材	大管材	Fe-Si 脱酸	Al 脱酸
上注ぎ下注ぎの別 定鑄型の種類 鋼塊本数/定盤	下注 3 B ₂ 12本	下注 3~5	下注 6 C-100kg 96本	下注 5 O-150kg 64本
鋼塊形状	單重 kg 頭部長さ mm 底部長さ mm 長さ mm	2,000 435 485 1,500	約 100 102 110 1,180	約 155 130 139 1,160
ノズル材質 ノズル徑 mm	シヤモット 40	シヤモット 40	シヤモット 45	シヤモット 45
實績例	鑄込速度 mm/min 鑄込溫度 °C	135 1570	— 約 1510	372 1565
型拔時間 (注入後) 鑄型塗料 鑄型掃除	40' 前後 社製塗料 ワイヤーブラッシュ	30' 前後 社製塗料 ワイヤーブラッシュ	8'-30' 前後 有	8'-00''~28'-00'' 有

「キルド鋼」と「リムド鋼」の一番大きな相違点は云う迄もなく脱酸劑の量及び使用方法であり、之がキルド鋼の良否を決定する大きな因子である事に注意すべきである。

脱酸劑の使用法としては大體次に示す量を出鋼時に全部取鋼中に投入している。(第 23 表)

此の場合の各種脱酸劑の成分の一例を示すと第 24 表の通りである。

日本鋼管に於ては鋼塊より直接穿孔する大管材のみ Ca-Si を使用しているのは Ca-Si の使用により製管歩留の向上を見たので、之れを使用しているのであるが、中管材に於ては其の影響が判然としないので使用を中止した。

孰れにせよ脱酸劑として Al の使用量が増加する事は Al₂O₃、介在物を増加せしめ物理的に悪影響を與えるので Al の使用量は極力少くすべきである。

尼鋼に於ても現在、管材の脱酸材は Fe-Si を主とした脱酸を行つている。

尙ほ第 22 表に示した様に米國に於ける「ラインパイプ」材の Al 量は 0.875 lb/t(≒0.4 kg/t)にして其の場合の Si は 0.10~0.20% であり我が國の「キルド鋼」の場合と大體一致している。

V) 造塊作業

管用「キルド鋼」を鑄込む場合に最も注意すべき點は鑄肌を綺麗にする事と押湯を充分行う事である。然らざれば製管に於て管の内外面に疵を發生し易くなる事は周知の通りである。今兩者の造塊状況を第 25 表に示す。

VI) 鋼塊又は「ピレット」の手入

日本鋼管に於ては「スモーク」材又は他の特殊な管種に對しては鋼塊の「スカーフィング」に依る全面皮剥き及び「ピレット」の旋盤皮剥き等を実施し、又一般管でも鋼塊及び「ピレット」の部分的な「チップング」を行い外面疵の發生を防止している。

No. 1

鋼番 { 1846
1881
1884

材質「スモークチューブ」

寸法 89×42 ABS

壓延月日 昭和 24 年 12 月

第 26 表 素鋼成分

h. No.	C	Si	Mn	P	S	Cu
1846	0.13	0.19	0.43	0.019	0.020	0.33
1881	0.11	0.23	0.42	0.017	0.022	0.22
1884	0.13	0.23	0.44	0.021	0.024	0.25

No. 2

鋼番 4773

材質「ボトル」材

寸法 20.4×8.5 BTL

壓延月日昭和 24 年 12 月

第 27 表 素鋼成分

C	Si	Mn	P	S	Cu
0.30	0.27	0.61	0.025	0.018	0.27

第 28 表 切斷仕分成績

	種類	不良率	
		内面不良	外面不良
No. 1	皮剥材(スカーフィング)	1.4%	5.7%
	非皮剥材(普通砂疵取)	3.4	25.4
No. 2	皮剥材(スカーフィング)	0	0
	非皮剥材(普通砂疵取)	1.3	11.8

IV. 結 び

今回製鋼部會に於て優良低炭素鋼(管材)の製造に就ての研究が取上げられ各社より二、三の資料が提出されたので夫等に就て茲に一應括めた次第であるが各社共に夫々違つた條件下に作業し、而も永年の經驗上夫々独自の方式を採つてゐるとは申せ共通な點がかなり有つた。

又「リムド鋼」に関する資料が多かつた爲に「リムド鋼」に関する研究が主體となつたが今後は「キルド鋼」の生産が多くなる事が豫想され其の重要性が増すと思われるので今後は「キルド鋼」に就ての研究を進めなければならぬであらう。

終りに本報告を纏めるに當つての各社の御盡力を謝す次第である。(昭和 26 年 10 月寄稿)