

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 (I)

擔當委員 寺 田 二 郎*

STUDY ON MANUFACTURE OF THE LOW CARBON PIPE STEEL BY BASIC OPEN-HEARTH PROCESS

Jiro Terada, member in charge

Synopsis:

This report is the results of studies and discussions of the Committee on manufacture of steel ingots most suitable for making solid drawn tubes and consists part of the subject in research: "Study on the manufacture of high quality low-carbon steel"

Steel Ingots for solid drawn tubes were made by the Nippon Steel Tube Co. Ltd., the New Fuso Metal Industries, Co. Ltd., the Yawata Iron and Steel Co. Ltd. and Amagasaki Iron and Steel Co. Ltd. The Yawata Steel Works supplied the billet to the Nippon Tokushu Steel Tube Co. Ltd. As each of these tube manufacturers had depended on its own special means of processing, it was somewhat difficult to define ingots most suitable for making good tubes. Thus both rimmed and killed ingots were used for making tubes of adequate quality

In this report the steel-making processes of all the above mentioned works were reviewed and discussed.

I. 緒 論

(本稿は製鋼部會研究題目「優良低炭素鋼製造に関する研究」の中で管用鋼に関するものである。

現在我が國で繼目無鋼管用鋼塊を製造しているのは新扶桑鋼管製造所、日本鋼管川崎製鐵所、八幡製鐵所及尼崎製鋼所の4社であるが之等の各工場は夫々独自の立場で鋼管を製造している爲、之等に就て一概に論ずる事は出来ない現状である。即ち鋼種は「リムド鋼」と「キルド鋼」とに分けられ、其の穿孔、壓延方式も次の如く異なる爲に材質的に受ける加工度も異り而も其の材質の優劣を決定する目安となる製管歩留の基準等も各社に依り異っている。

疵は管の内面及び外面に發生するがその場合鋼塊そのものに缺點が有つたのか、或は分塊時又は鋼片壓延により發生したのか判定に困難を來す場合も多く従つて優良なる管用低炭素鋼の製造と云うことを深く突きつめれば鋼材部會の鋼管分科會とも結び付いて研究しなければ

ならぬ問題が起つて來るが、茲では、一應現在迄(25年4月)に製鋼部會に提出された製鋼側の資料に基き纏めた。

尙、穿孔方式としては殆んど「マンネスマン」を採用し而も「リムド鋼」に依るものが大部を占める故それ等に重點を置いた。

第1表 各社に於ける製管方式並に鋼種

製鋼工場	分塊工場	製管工場	穿孔壓延方式	鋼種
新扶桑	自社	自社	ステイーフエル、マンネスマン、プラグミル方式	リムド鋼
八幡	"	日本特殊鋼管	"	"
鋼管	"	自社	マンネスマン、プラグミル方式	リムド及キルド鋼
"	分塊せず	"	マンネスマン、ビルガーロール方式	キルド鋼
尼鋼	"	"	エルハルト、プッシュベンチ方式	"

* 日本鋼管株式會社川崎製鐵所

II. 管用「リムド鋼」の製造

現在米國は縱目無銅管材として「キルド鋼」又は「セミキルド鋼」を使用し「リムド鋼」を全然使用していないが、我が國では「リムド鋼」と「キルド鋼」の兩方を使用している。

此の理由に付いては米國では表面氣泡の出易い「キルド鋼」の表面削に特別の注意を拂い表面削の設備が完備していたのに対し、我が國では此の設備が殆んど無いため、又有つても極めて貧弱な非能率的なものであるため、管の表面疵發生を防止するため「リムド鋼」を使用し又「ボイラーチューブ」材等は其の機械的性質の點からも「リムド鋼」が比較的好んで使用されている現状である。

現在、管材用として「リムド鋼」を製造しているのは、新扶桑、日本鋼管及び八幡の3社であり、各社より提出された資料を纏めて見た。

1) 作業規準並に操業例

i) 使用 爐

第2表 各社に於ける使用爐

工場	爐の型式	實裝入量	使用燃料
新扶桑	テルニ式	45~50	發生爐瓦斯
日本鋼管	メルツ式	40~60	發生爐瓦斯又は重油
八幡	固定式フリードリッヒ及びベンチュリー	65~70	發生爐瓦斯
〃	傾注式フリードリッヒ	120	重油又は重油及び混和瓦斯混燒

八幡に於て一部傾注式平爐を使用している以外は全て固定式平爐であるが燃料は各種のものを使用している、只新扶桑では銅浴は硫黄の多くなる點を考慮し又酸化雰囲気若干強いと云ふ重油を使用せず發生爐焚きを行っている。孰れにしても充分良く熔鋼の温度が上昇し、高温沸騰精鍊が可能である事が優良な鋼を製造する場合の先決問題である。

ii) 規格成分並は目標成分

規格成分並に目標成分は次表の通りで大體各社とも大差ない。

第3表 各社に於ける規格成分

工場	C	Si	Mn	P	S	Cu
新扶桑	0.10~0.18	<0.03	0.25~0.50	<0.030	<0.030	<0.20
日本鋼管	0.11~0.14	<0.03	0.35~0.50	<0.030	<0.030	<0.25
八幡	0.10~0.18	<0.04	<0.60	<0.035	<0.035	<0.20

第4表 各社に於ける目標成分

工場	C	Si	Mn	P	S	Cu
新扶桑	0.12~0.15		0.32~0.35		<0.020	<0.20
日本鋼管	0.11~0.14	<0.03	0.35~0.40	<0.030	<0.025	<0.25
八幡	0.14~0.16	<0.03	0.40~0.50	<0.030	<0.030	<0.20

iii) 装入材料

第5表 各社に於ける装入材料

工場	銑	鐵	屑鐵	燒石灰	石灰石	滿俺鑛石
新扶桑	配合割合	28~32%	68~72%	48~52 kg/t		8~12 kg/t
	銘柄	冷銑	オーストリア八幡低銅大特	發生屑美濃赤坂 40% 購入屑自家産 60%		石山
日本鋼管	配合割合	27~32%	68~73%	60 kg/t		13~14 kg/t
	銘柄	熔銑	銅管銑	發生屑 50% 購入屑 50%	葛生	鹿沼、能郷、藤岡島々等
八幡	配合割合	60%	40%	約 70 kg/t	12~14 kg/t	14~15 kg/t
	銘柄	熔銑	低銅熔銑	發生屑 50% 購入屑 50%		印度

銑鐵に關して新扶桑のみ冷銑を使用しているが、冷銑使用と熔銑使用の場合の鋼塊の材質への影響の差異は其の成分が同一ならば殆んど問題ではないと思われる。八幡は第6表に示す如く Cu<0.10% の低銅銑のみ使用し又新扶桑も銑鐵の一部を八幡低銅銑他を「オーストリー」大特の如き低銅低橋銑を使用しているが、日本鋼管は普通の銑鐵を使用している。

屑鐵中に Cu, Cr 等の混入したものは、各社共撰別に力めていることは共通であるが特に八幡は Cu の低い成品屑を撰定している。

装入石灰使用量に就て比較的新扶桑が少いが精鍊中に追加する石灰量を考慮に入れれば各社共大差はない。滿俺鑛石は各工場共使用して居り、熔落時の Mn% を後記の如く高めにしているが、其の使用量は各社共大體同一であり、又滿俺鑛石の成分は Mn=35~45%, SiO₂=10~20% の範囲内に含まれている。

第6表 各社に於ける使用鉄鐵の組成成分の一例

工場	銘柄	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%	Cr%
新扶桑	オー スト リ ー	4.08	1.02	1.58	0.091	0.018	0.030	tr
	八 幡 低 銅	3.72	1.10	1.37	0.327	0.038	0.059	0.20
	大 特	4.15	1.00	1.08	0.121	0.010	0.015	0.03
日本 鋼管	鋼管鉄	3.85	1.10	1.15	0.480	0.065	0.230	0.15
八幡	低銅鉄	3.75	0.98	1.12	0.298	0.054	0.000	—

iv) 精錬作業

(イ) 標準作業要領

各社に於ける優良鋼塊製造の爲の標準的精錬方法は一致した点が多く其の概要を括めると次の通りである。

① 精錬初期

(イ) 熔落 C>0.60, Mn>0.23 を狙う。八幡は配合鉄鐵が前記の様に高いため、装入に鐵鐵石を使用しているが、熔落 C=0.80~0.90% を目標としているし、又熔落 [Mn]<0.15 の時は滿俺鐵石を若干追加している。

(ロ) 第1回目除滓は新扶桑、日本鋼管共に熔落前に實施している。

(ハ) 熔落時の湯熱を充分高目とし鋼滓の流動性悪き時は螢石又は「スケール」を投入する。但し新扶桑では「スケール」を使用していない。

(ニ) 燒石灰追加：新扶桑のみ熔落時前後に石灰を 400~600kg (45~50t 装入) 追加している。

(ホ) 鐵石投入：初期充分着熱後鐵石を投入し急激なる沸騰を起さしめ脱炭を促進し着熱を図る。

(ヘ) 鋼滓鹽基度：八幡、日本鋼管は熔落時の鹽基度を 2.0~2.3 程度とし初期には燒石灰を追加投入しないが、新扶桑は装入石灰量が少い點から熔落鹽基度 1.5~1.8 程度とし熔落前後に石灰を上記の如く追加して V=2.0~2.3 程度としている。

② 精錬中期

初期に投入した鐵鐵石に依り [C]≒30 前後と成し中期に入るのであるが、新扶桑及び日本鋼管は第2回目の除滓を鐵鐵石投入後の沸騰によつて行つている。但し八幡は熔落 [S]0.050% 以下の場合は除滓は行っていない。除滓後は燒石灰 10~15kg/t 追加して V を 2.5 以上とする。夫れ以後は「シーバー」瓦斯、空氣等を適宜加減して靜かな沸騰を起させる。尙ほ此の期の [Mn] は 0.20% 以上に保つ様にする。(但し新扶桑は 0.22% 以上保つている)。

③ 精錬末期

更に瓦斯及び空氣を加減して湯の過酸化の防止、湯熱

の調節に注意し差物前より特に湯熱を調節する。

最終鐵滓は V>3.0 に保ち、差物後 15~20 分にて出鋼する。

差物期には Fe-Mn のみを使用し其の使用量は大體次の通りで取鋼中には全然投入しない。

第7表 各社に於ける差物期の滿俺鐵鐵使用量

工場	Fe-Mn 使用量 kg/t	装入量
新 日 本 鋼 管 八 幡	5.0~7.0	
	6.0~7.0	
	約 10.0	

此の場合 Fe-Mn 中の Si% は 3.0 以下なる事が必要である。尙精錬中に於ける石灰使用量及び(装入+追加)使用量を示すと次表の如くで合計としては八幡が最も多い。

第8表 各社に於ける燒石灰使用量

工場	精錬期 kg/t	合計 kg/t
新 日 本 鋼 管 八 幡	25~30	75~85
	約 10	約 79
	約 20	約 90

④ 出鋼時

出鋼時に於ける熔鋼の流出状況は比較的穩かである事が好ましい。出鋼時の熔鋼温度の各社の目標は次の通りで大體一致している。

第9表 各社に於ける出鋼温度の目標

工場	新扶桑	日本鋼管	八幡
出鋼温度	1650°C 前後	1650°C 前後	1640°C 以上

取鋼中に投入する Al の使用量は「リムド鋼」に於ける「リミング作用」を調節する重要な因子であり、其の時の湯の酸化状況並に熔鋼中の C 及 Mn% 等に依つて決定されるべきであるが各社の使用量を見ると

第10表 各社に於ける Al 使用量 (取鋼中)

工場	Al 投入量 kg/t	装入量
新 日 本 鋼 管 八 幡	180~220	
	約 170	
	約 70	

なる如くで八幡が極めて少いのは熔鋼中の C 及び Mn が他社より高いためであろう。

(ロ) 操業例並に其の検討

各社の精錬中に於ける鋼浴及び鋼滓成分變化の一例を示すと第11表の通りであるが大體之等の値は標準作業に示した範囲内に入つている。

第 11 表 精練過程に於ける鋼浴及

工場	状 態		時 刻	成 分 % 及 び 温 度 °C							温度 °C
				C	Si	Mn	P	S	Cu	O ₂	
新 扶 桑	熔 精	落 鍊	0'	0.63	0.03	0.26	0.061	0.031	N ₂ (0.0037)	0.019	△1635 (1512) △1565 (1450)
			25'	0.56	0.03	0.24	0.022	0.027		0.031	
	"	"	48'	0.36	0.06	0.26	0.012	0.021	0.055		
			68'	0.26		0.26					
	差 物 前	前	75'	0.24	0.03	0.30	0.014	0.017	N ₂ (0.0025)	0.038	
			85'	0.19	0.04	0.31	0.012	0.016		0.047	
出 鋼 前	前	100'	0.16	0.03	0.39	0.010	0.016	N ₂ (0.0028)	0.039		
		140'	0.17	0.03	0.32	0.011	0.017		0.017		
八 幡	熔 精	落 鍊	0'	0.92		0.17	0.015	0.038	0.18	0.013	1550
			55'	0.42		0.15	0.010	0.029		0.022	1610
			85'	0.24		0.18	0.010	0.024		0.028	1640
	差 出 造	前 前 鋼 塊	110'	0.15		0.19	0.008	0.020	0.17	0.038	1651
			120'	0.16		0.53	0.009	0.020		0.024	1638
			125'		0.15	0.01	0.44	0.011	0.021	0.18	0.028
日 本 鋼 管	熔 精	落 鍊	0'	0.53	tr	0.32	0.036	0.029	0.25	0.019	1970
			25'	0.38		0.33	0.026	0.019			
			45'	0.20		0.24	0.019	0.018			
	差 出 造	前 前 鋼 塊	60'	0.20		0.25	0.026	0.019		0.029	
			80'	0.12		0.35	0.024	0.015			
			90'	0.14		0.32	0.030	0.018		0.038	
120'	0.12		0.46	0.015	0.020		0.040				
155'	0.12		0.38	0.014	0.023	0.28	0.037				

今此の表に就て検討して見る。

① 脱炭速度

各社の平均脱炭速度 (熔落より差物前迄) を見ると次の如くなる。

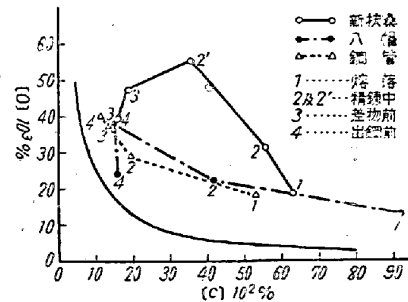
第 12 表 各社に於ける平均脱炭速度

工 場		新扶桑	日本鋼管	八 幡
C%	熔 差	0.63	0.53	0.92
	落 物	0.19	0.19	0.15
熔落より差物迄の時間		85'	90'	110'
平均脱炭速度 C/min		0.0052	0.0043	0.0070

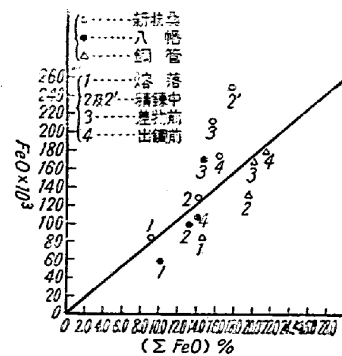
八幡が他社より早くなっているのは熔落C%が高い事と精練中のMn%が低い事に歸因すると考えられるが一概に平均脱炭速度が早い事が好ましくないとは云えない。即、C≒0.3%位迄は脱炭速度が相当早くても夫れ以下のCの範囲で緩かにCを下げれば湯が過酸化の状態になる事はなく従つて仕上精練が容易になり、失敗する機会も少くなる。

② 鋼浴及鋼滓中の酸化鐵量

先づ熔鋼中の[C]と[O]との關係を第1圖に示す。出鋼前には各社共に大體同程度に平衡曲線に近附いて



第 1 圖 精練過程に於ける熔鋼中の酸素量の變化



第 2 圖 熔鋼中の酸化鐵と鋼滓中の酸化鐵との關係

るが新扶桑は精練中の酸素量が他社に比較して多い。此

鋼滓成分の變化の一例

鋼 滓 成 分 %										
CaO	SiO ₂	CaO/SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	(Σ FeO)	MnO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	S
43.18	23.90	1.81	6.09	2.38	9.31	9.17	2.90	3.80	4.14	0.078
43.48	20.55	2.12	10.81	2.38	14.03	8.12	2.97	3.74	5.06	0.122
45.25	16.05	2.82	13.86	3.05	17.98	6.61	2.69	4.29	4.46	0.166
47.78	13.90	3.44	9.75	4.07	15.25	6.01	2.51	8.68	2.93	0.197
46.74	13.80	3.39	10.81	3.90	16.08	7.36	2.69	8.46	2.85	0.184
45.2	21.5	2.10	8.78	0.96	10.08	10.1	2.94	6.88	2.82	0.26
47.0	19.5	2.41	10.5	2.00	13.20	9.18	2.84	6.41	2.50	0.28
48.3	17.3	2.79	11.1	2.61	14.63	9.03	2.88	6.65	2.42	0.31
47.6	17.6	2.70	11.0	2.27	14.07	9.29	2.78	7.05	2.12	0.26
38.70	19.49	2.20	9.25	3.84	14.43	15.29		4.79	4.023	0.10
44.28	12.94	3.30	14.14	4.06	19.61	10.91		5.52	3.113	0.23
44.89	10.86	4.10	12.93	5.26	20.03	11.36		6.82	2.554	0.17
43.44	10.32	4.20	14.46	5.11	21.36	12.10		8.	2.331	0.12

の事は第2圖に示した〔FeO〕と〔 Σ FeO〕との關係を見ても分る。即ち新扶桑は他社に比較して(Σ FeO)量に對する〔FeO〕量が多くなつてゐる特に日本鋼管が〔 Σ FeO〕〔FeO〕の値が大きいのは鋼滓の鹽基度の高いためである。

③ 脱 磷

第13表 各社に於ける脱磷狀況

工 場		新扶桑	日本鋼管	八 幡
〔P〕 %	熔 造 時	0.061	0.036	0.015
	落 塊 時	0.011	0.014	0.011
磷 率		82.0%	61.1%	26.7%
(P ₂ O ₅) %	熔 出 時	4.14	4.02	2.82
	落 鋼 時	2.85	2.33	2.12
差物前鹽基度		3.44	4.10	2.79
(P ₂ O ₅)/〔P〕	熔 出 前	56	114	186
	落 鋼 前	285	155	236

表に見られる如く、新扶桑は熔解時の〔P〕%が最も高く而も(P₂O₅)/〔P〕の値が56で最も低くなつてゐるのは装入石灰量が少い爲である。又八幡は熔落の〔P〕が最も低く而も(P₂O₅)/〔P〕の値が186で最も高くな

つてゐるのは、第6表に示した様に装入銑鐵のP%が低い爲である。

脱磷率は新扶桑が最も大となつてゐると共に出鋼前の(P₂O₅)/〔P〕の値も最高を示している。

④ 脱 硫

第14表 各社に於ける脱硫狀況

工 場		新扶桑	日本鋼管	八 幡
〔S〕 %	熔 解 時	0.030	0.029	0.038
	造 塊 時	0.017	0.023	0.02.
脱 硫 率		43.3	20.7	44.7
差物前(S)/〔S〕		12.3	9.5	15.5

日本鋼管は差物前鹽基度が最も高いにも拘らず脱硫率及び(S)/〔S〕は共に最低値を示している。

⑤ 造塊成分

第15表 各社の造塊成分

工 場	C	Si	Mn	P	S	Cu
新 扶 桑	0.17	0.03	0.32	0.011	0.017	0.17
日 本 鋼 管	0.12	tr	0.38	0.014	0.023	0.28
八 幡	0.15	0.01	0.44	0.011	0.021	0.18

上表に示した造塊成分は第4表に示した目標成分に大

體收まつている。之等の成分中 C 及び Mn% は「リムド鋼」に於ては單に機械的性質に影響を與ふる許りで無く造塊時の「リング作用」に影響し夫れが鋼塊内質狀況を決定する事は周知の通りである。各社共に C 及び Mn% が夫々多少異つて居るが「リング」作用の狀況を比較して居るので明らかではないが、八幡は他社に比べて Al の使用量の少い點からして、各社共に大體「リング」の程度は大差なきものと思われる。

次に有害成分たる P, S に就て P は氣泡の壓着性を阻害し、S は鋼中に FeS の形にて存在すれば赤熱脆性を呈する事は周知の通りであるが「リムド鋼」は「キルド鋼」より偏析のため此の傾向が強いので、P 及び S% は出来る丈少くすると共に Mn と S との比を節約して赤熱脆性を防がねばならぬ。具體的には S 及び P が 0.030 以上、P+S が 0.050 以上、Mn/S 15 以下となれば穿孔不良の發生を來たし、内面疵も著しく増加する事が認められている。

v) 造塊作業

造塊作業は精鍊作業と異なり鋼塊の大きいさ従つて鑄型、又はその配列等異り一概に論ずる事は出来ないが其の時の湯熱に應じて鑄込速度を加減し、鋼塊頭部の伸びを或る程度以内に押へ健全な内質狀況を有する鋼塊を作る様にすべきである。

今各工場の造塊狀況と其の實績の一例を示すと次の如くである。

第 16 表 各社の造塊條件

工場	新扶桑	日本鋼管	八幡
上注ぎ下注ぎの區別	下注	下注	下注
定盤數	5	3	3
鑄型符號	A	B ₂	C ₆₁
鑄型形狀	角型	角型 (ひだ有り)	下廣四角 (ひだなし)
鋼塊本數/定盤	8 ⁵ 定盤目 は2本	12 ³ 定盤目 は2本	5
鋼塊寸法			
單重 kg	1.200	1.900	4.200
頭部邊長 m/m	345	435	520
底部邊長 m/m	390	485	610
長さ m/m	1.420	1.450	1.900
ノズル材質	シャモット (コールター ル煮)	シャモット	シャモット
ノズル徑 m/m	28	40	30
實績			
鑄込速度 mm/min	197	224	240
鑄込溫度 °C	1565	1570	1568

注入後型抜開始迄の時間		40'	55'
鑄型塗料	黒鉛	使用せず	タール
鑄型掃除	ワイヤーブラッシュ	ワイヤーブラッシュ	シカラップ

鋼塊形狀を見ると八幡は斷面積に對して高さが短かく新扶桑は其の逆であるが鑄込速度の點から見ると新扶桑が最も遅く八幡が其の逆である點から鑄込中の瓦斯の脱出狀況は兩者大差なきものと思われる。又鑄込溫度は各社共大體同一溫度となつて居る。又出鋼より注入開始迄の時間は清淨な鋼を得るための重要な因子であるが新扶桑及び日本鋼管共に 30~40 分程度であり、適當であると思はれる。

其の他造塊時に於ける注入後の蓋の時期であるがこれは鑄込んだ湯の狀況に依り一概には云われぬが、新扶桑日本鋼管共に注入終了約 5 分後に行つて形の良い鋼塊を得ている。

2) 優良管用「リムド鋼」に關する二、三の研究

i 緒言

「リムド鋼」鋼塊は周知の如く「リム部」が頗る良質であるに反し中心部は非常に偏析が大であると共に内質氣泡が存在する。従つて「マンネスマン穿孔機」にかけて穿孔すると外面疵は非常に少いが逆に内面疵を發生し易いので、管用「リムド鋼」としては内質部の健全な鋼塊を製造する事が必須條件である。之が爲には製鋼に當つては細心の注意を要するのであつて精鍊に對ては P, S 等の有害成分を極力除去する事に努め、Mn と S の比を調節し赤熱脆性を防ぐと共に鋼塊の内質狀況を決定する大きな要素と見做されて居る熔鋼中の瓦斯含有量特に酸素含有量を調節しなければならない。

併し假え之等の條件が満足された熔鋼でも其の造塊法に依つて鋼の性状が色々變つて來るから鑄込溫度、鑄込速度を調節し適切なる造塊法を実施しなければならない。製鋼部會に提出された資料に基き熔鋼中の酸素の問題及び「リムド鋼」の内質改善に關する問題等に就き簡単に述べる。

ii) 熔鋼の酸化が管の内面疵發生に及ぼす影響並に對策に就て

日本鋼管川崎製鐵所に於て第 2 表に示した如き發生爐瓦斯吹き 60t「メルツ式」鹽基性平爐に於て大體標準に準じて管用「リムド鋼塊」を製造し、夫れを製管壓延して其の製管成績を各試験熔解毎に取つた詳細な製鋼記録と比較する事によつて、内面疵の發生割合と精鍊中の熔鋼の酸素量との關係を見出し管用「リムド鋼」として最も適切なる製鋼法に就て考察を行つた。(以下次號)