

の地鉄中に graphite flake が散布されて居る状態にて  $Ac_1$  變態は試料全體積に亘つて同時に起り鋼の場合と殆んど差なく變態が進行するのであるから  $Ac_1$  點に於ける收縮も鋼と同程度に起る理である、 $Ac_1$  點以上の温度より冷却して  $Ar_1$  點に達すれば  $Ar_1$  變態が起り Austinite から Pearlite に變りそれに相應して膨脹すれども Pearlite は黒鉛化をなすこと能はず依然舊状を持続するのであるからその時の膨脹量は  $Ac_1$  に於ける收縮量に略同じとなる従つて  $H_2$  中には鑄鐵は生長をなさぬものであると云ふ事が首肯せらるゝのである。

又  $Cr$  とか  $Mn$  を含む鑄鐵は此等元素の黒鉛化防止作用のため  $Ar_1$  點にて發生した pearlite は黒鉛化することなくそのまま常温まで持ち來さるゝため、次の加熱に於て  $Ac_1$  にての收縮は鋼と同様に起り結局生長をなさぬものである。つまり  $Ar_1$  點に於て發生した pearlite の黒鉛化の可否が鑄鐵の生長を支配する結果となる。巻尾の顯微鏡寫眞と前掲温度對延びの曲線を對照考察すればその間の理由が判然することゝ思考せらるゝのである。

黒心可鍛鑄鐵を高温度まで加熱冷却をなすとき急速にそれをなせば  $Ar_1$  點以下にての pearlitic cementite の黒鉛化はなし難く生長の量も少ないが極く緩かに  $Ar_1$  點を冷却すれば pearlitic cementite は黒鉛化してしまふ故其の時は相當に生長をなすことも以上の理論より良く説明することが出来るものである。

又  $Si$  の如く黒鉛化を助くる元素を多く含むものは生長の量も多い傾向にある、一般に白鉄を黒鉛化する時はそれに應じて膨脹をなすものであるが同じ  $C$  量を黒鉛化する

ときにも黒鉛化の速かに起るもの程此の膨脹率が大である、これより考ふれば  $Si$  量の多いものは pearlitic cementite の黒鉛化も速かであるによる膨脹量も大となるものである、これが  $Si$  含有量大なる鑄鐵程生長量大であると云ふ主なる理由である。

以上の事項を要約すれば

- (1) Dilatometer にて試料を高温度まで加熱冷却をなした時の生長の量を測定した。
  - (2) 鑄鐵の生長に對する、 $C, Si, Mn, P, Sn$  及び  $Cr$  の諸元素の影響を見た。
  - (3)  $C$  及び  $Si$  は鑄鐵の生長を高め  $P$  及び  $Sn$  はその影響殆んどなく  $Mn$  及び  $Cr$  はその作用を妨ぐることが確められた。
  - (4)  $Mn$  及び  $Cr$  を適當量普通鑄鐵に含有せしめ生長の少ない鑄鐵を作り試験して見た。
  - (5) 黒心可鍛鑄鐵について  $C$  の擴散の状況及び生長の様様を検した。
  - (6) 鑄鐵の生長に對する従來の學說を一通り批判した後實驗の結果を例證して著者の舊說に對し補正を加へた。
  - (7) 種々の實驗結果より鑄鐵の生長は  $Ac_1$  及び  $Ar_1$  點に於ける變態の状況の差と  $Ar_1$  點に於ける pearlitic cementite の黒鉛化に關するもので、特に後者に關係するものであると結論した、即ち pearlitic cementite の黒鉛化せぬものは生長も極く少ない事が明瞭になつた。
- 終りに臨み本研究の發表を許せられた戸畑鑄物株式會社村上市長並びに矢野常務取締役に對し深謝す。

## 酸性平爐に依るニッケル合金鋼の精鍊<sup>1)</sup>

(日本鐵鋼協會第 12 回講演大會講演)

藤原 唯 義<sup>2)</sup>

### REFINING NICKEL ALLOY STEELS IN ACID OPEN HEARTH FURNACE.

T. Fujiwara D. Sc.

**SYNOPSIS:**—This paper deals mostly with an action of oxygen during the refining of steel. For determination of oxygen in steel, Herty's aluminium method was adopted. Complete analyses of both steel and slag were made in each stage from melt down to tap in studying the bath condition. A definite conclusion was made from the results obtained.

FeO content of the slag which may be indicated by the color charts tells fairly well the nature of the heat. Appearance of steel samples taken from the bath at the final stage of the refining indicates fairly well the kind of heat obtained.

The bath condition can be estimated by the type of carbon curve obtained by plotting the carbon content of the bath at each stage, especially at the time of the lime addition.

Silicates in steel are extremely harmful to steel and should therefore, be removed first at the boiling stage. The formation of silicates in the bath may be prevented by working the heat in such a manner that the silicon will not be reduced. This may be done by the use of lime stone during the working of the heat.

Silicates formed at the final stage of melting may be removed according to the well known Stokes' principle.

本實驗は著者が室蘭日本製鋼所在職中英人技師コスモ、ジョンス氏指導の下に行ひたるものである。

<sup>2)</sup> 日本ニッケル情報局技師。

緒論 従来製鋼に関する理論的研究は物理學者及化學者に依り爲されて來たが、近時鐵冶金學も其基礎的研究の必要に迫られ理論化學の發達と共に此方面が開拓せられ一方に於て實際作業も非常なる發達を遂げ理論と實際との間に餘程連絡がとれて來た。以下述べんとする所は高級鋼の實際作業に於て理論に立脚して行ひたる二三の有用なる試験結果に就てある。茲に高級鋼とは *Ni* を主とする種々なる合金元素を含有する合金鋼の事で精練は 50t 酸性平爐に於て行ひたるものである。我國製鋼界の有力なる研究者故大石源治氏の定義に従へば鋼の精練作用とは鋼中の鐵以外の不純物を除去し或不足の元素を加へ所要の成分の鋼を作ると同時に熔鋼から瓦斯其他の不溶物(固滓)を除去するか或は之等を有害ならざる分量及形状にて鋼に残す事である。

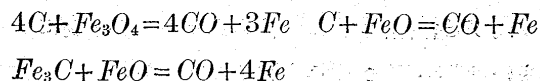
而して上記精練作業に於て最關係の深いものは  $O_2$  である。之を概説すれば解落時炭素其他の非金屬不純物を多量に含有する熔鋼に酸化鐵(鑛石)を投入し酸化作用を行はしむる時は次式に示す如く之等不純物は悉く酸化又は分解され各自結合して不溶物として鋼滓中に逃入する。

1.  $Si + 2Fe_3O_4 = SiO_2 + 6FeO$
2.  $Si + 2FeO = SiO_2 + 2Fe$
3.  $SiO_2 + FeO = FeO + SiO_2$
4.  $3SiO_2 + 2FeO = (FeO)_2(SiO_2)_3$
5.  $Mn + Fe_3O_4 = MnO + 3FeO$
6.  $Mn + FeO = MnO + Fe$
7.  $MnO + SiO_2 = MnO \cdot SiO_2$
8.  $3Si + Mn + 8FeO = MnO \cdot FeO(SiO_2)_3 + 7Fe$
9.  $2Fe_3P + 8FeO = (FeO)_3P_2O_5 + 11Fe$

註 第9式は *Si* 及 *Mn* が酸化せられて後爐熱が餘り高からず且鋼滓の鹽基度の高き場合のみ起る反應にて酸性平爐内に於ては寧ろ稀に見るものである。

此際行はるゝ脱炭作用は鋼浴に激烈なるボイリングを惹起し上記の作用を助長せしむる

と共に熔鋼中より瓦斯を除去する働きを爲す。其場合の化學反應は次式にて示さる。

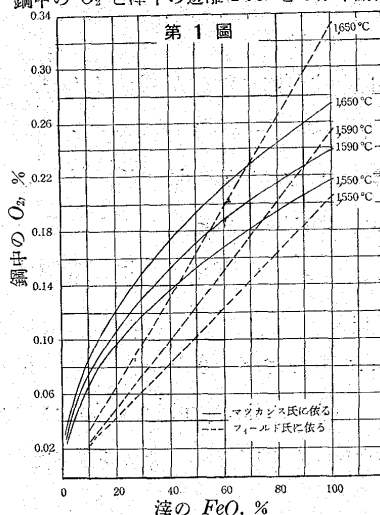


斯る重要な役割を演ずる  $O_2$  も若し之が仕上鋼中に *FeO* 其他の酸化物として存在する時は鋼質<sup>3)</sup>を著しく低下するものなる故此  $O_2$  の除去に就ては最慎重なる考慮を要する事は云ふ迄もない。

熔滓熔鋼間の分配の法則 平爐内に於て熔鋼と熔滓とが接觸して居る場合此兩者に *FeO* が熔解して居り且此兩者の間に分配の法則が成立すると假定すれば熔滓に溶解して居る遊離の *FeO* の濃度を  $(FeO)_s$  とし鋼に溶けて居る *FeO* の濃度を  $(FeO)_m$  とせる場合其比が一定温度に於て恆數となる。即

$$(FeO)_s / (FeO)_m = K$$

鋼中の  $O_2$  と滓中の遊離 *FeO* との分布關係



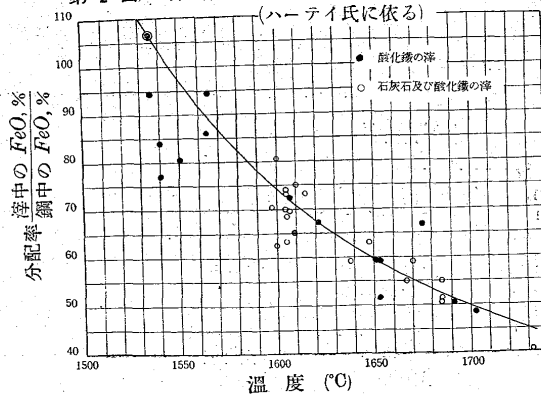
$K$  を分配恆數と言ひ之は温度の函数であつてフイールド氏は次の様な値を出して居る。

$$(FeO)_m / (FeO)_s = 0.0000576t - 0.08$$

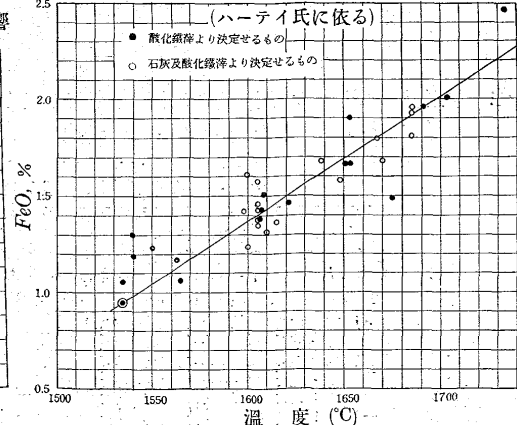
此式に依つて曲線を描けば第1圖の如くなる。

又ハーテイ<sup>4)</sup>氏は

第2圖 滓、鋼間の酸化鐵の分配に及ぼす温度の影響 (ハーテイ氏に依る)



第3圖 鐵中の *FeO* の溶解度に及ぼす温度の影響



<sup>3)</sup> Triton & Hanson, Iron & Oxygen, Journal of Iron and Steel Institute 1924, II, p. 110.

<sup>4)</sup> C. H. Hertý; Effect of Temperature on the Solubility of Iron Oxide, Journal of A. I. M. E. Iron and Steel Division 1928, p. 147.

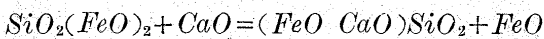
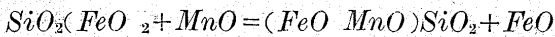
分配率  $(FeO)_s/(FeO)_m$  と温度に依る曲線を作りたるが、之は第2圖に示す通りである。又第2圖よりして  $FeO$  が熔鋼に對する溶解度即分配率%を求め之を温度に對し作圖せるものは第3圖に示す通りである。

之等の圖に依り  $FeO$  が熔鋼に對する溶解度は温度の上昇に比例して増加する事が解る。

**滓中の  $FeO$  總量が鋼質に及ぼす影響** 分配の法則に従へば熔鋼中の  $FeO$  は之と相接觸する熔滓中の遊離  $FeO$  の量に比例して増減する故に熔鋼中の  $FeO$  を減少せしめんとせば先づ熔滓中の  $FeO$  總量を低減せしむ可く之に依り滓中の遊離  $FeO$  も自ら低下せしめ得るから従て熔鋼中の  $FeO$  も低減し得ると考へる事が出来る。乍然熔滓中の  $FeO$  を低下せしむれば反對に  $SiO_2$  の割合が増し、爲めに熔滓は漸次硬化する。依て熔滓を硬化する事なしに滓中の  $FeO$  を如何にして低減せしむ可きかと云ふ事に就て従來種々の精鍊法が案出せられたが其代表的のものは次の通りである。

1. 精鍊中石灰の投入に依り滓中の  $FeO$  を  $CaO$  以て置換へる方法
2. 精鍊中マンガング石及マンガン添加に依り滓中の  $FeO$  を  $MnO$  にて置換へる方法

其場合の反應を方程式を以て示せば次の如くなる。



以上諸法に依り産出せられたる鋼滓と普通の精鍊法に依り得たる滓との化學分析結果を比較列擧すれば第1表に示す通りである。

**第1表** 相異なる製鋼法に依り産出せられたる鋼滓成分

No.	SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	FeO	摘 要
1	55.12	10.13	0.78	26.28	Mn 及石灰を使用せず
2	56.60	33.40	1.00	8.00	Mn を使用す
3	60.44	11.89	10.08	12.36	石灰を使用す

註 本鋼材は Ni・Cr 鋼にして鋼滓試料は差物直前に採取せるものである。

**第2表** 酸性平爐鋼滓破面及表面色澤類別

等級	破 面 色 澤				表 面 色 澤		
	FeO (%)	C	Ni 鋼	Ni・Cr 鋼	C	Ni 鋼	Ni・Cr 鋼
No. 1	11>	青	暗 青	暗 青	淡チヨコレート	チヨコレート	チヨコレート
No. 2	11-13	青綠	暗 綠	濃暗綠	チヨコレート	黒チヨコレート	黒鏡
No. 3	13-15	綠	暗黃綠	暗黃綠	黒チヨコレート	黒鏡	黒鏡スレート
No. 4	15-18	黃綠	暗褐綠	暗褐綠	黒鏡	黒鏡スレート	スレート
No. 5	18-23	暗褐	暗 褐	暗 褐	スレート	スレート	非光色
No. 6	23-30	暗黒	黒 褐	黒 褐	スレート	非光澤	非光澤

著者が數種の炭素鋼及合金鋼の熔解より得た多數の滓試料に就き其破面及表面の色澤並に  $FeO$  分析結果等を参照

し實地調査の結果  $FeO$  含有量に準應した滓の色澤を繪具を以て着色せるものは第2表に示す通りである。

斯る比色圖表に依り熔解當事者が精鍊中容易に熔滓の  $FeO$  含有量を推定し得る事は云ふ迄もない。

尙著者は精鍊最終期差物投入直前に於て採取せる熔滓試料の  $FeO$  含有量と之を採取せる熔解よりの産出鋼塊の鍛鍊試驗結果を對照調査せるが其結果は第3表に示す通りである。

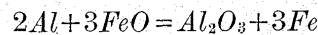
**第3表** 仕上期滓中  $FeO$  と鍛造成績

滓中 $FeO$ (%)	鍛鍊良好		鍛鍊中割疵發生		鍛鍊成績 (%)	
	(%)	(良)	(不良)	良	不良	
12 以下	6	9	40	60		
12-15	15	9	63	37		
15 以上	1	2	33	66		

本調査の結果よりして滓中  $FeO$  含有量が 12% 以下及び 15% 以上なる時得たる鋼塊の鍛造成績は思はしからざるも 12~15% の範圍のものは其の成績比較的良好なる事を知り得たり。斯る結果に對する理論的考察は後章に於て詳述する。

**熔鋼中酸素の檢定** 鋼内  $O_2$  測定は前述の如く材質檢定上最重要の事である。乍然其測定方法が容易ならざる爲今日迄此種の試験に於て見る可きものは無かつたが最近に至り米國鑛山局技師ハーテイ<sup>5)</sup>氏が熔鋼に過剰の  $Al$  を投入しメタルが凝固せる後鋼中の酸化アルミニウムを定量し其結果よりして熔鋼内の  $O_2$  含有量を算定する事に成功した同氏の實驗を略述すれば下の通りである。

熔鋼に  $Al$  を投すれば次の如き反應が起る。



此反應は非常に迅速に行はるゝもので出來た  $Al_2O_3$  は簡單なる化學分析に依つて測定する事が出来る。而して投入せられたる  $Al$  が果して熔鋼内の完全なる還元を行ひたるや否やを測定し熔鋼中の酸素に對し過剰の  $Al$  を加へた場合の影響を知る爲に鹽基性平爐鋼を使用して三通りの試験

を行つた。第1の試験は 0.50% 炭素鋼に第2及第3の試験は 0.10% 炭素鋼に行ふた。同時に6個の試料を取り之に種々の量の  $Al$  を加へた 茲に興味ある事は  $Al$  の添加量が或一定の域に達すると出

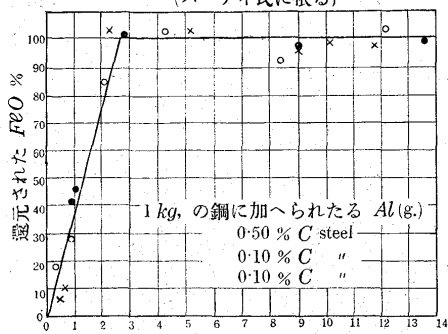
<sup>5)</sup> C. H. Hertý and co-workers, A New Method for Determining Iron Oxide in Liquid Steel, Journal A. I. M. E. Iron and Steel Division 1930, p. 28.

来る  $Al_2O_3$  の量は殆一定となる。尙測定値の平均が殆一定の結果を與へて居ると云ふ事は  $Al$  に依る還元が完全に行はれたる事を示す。

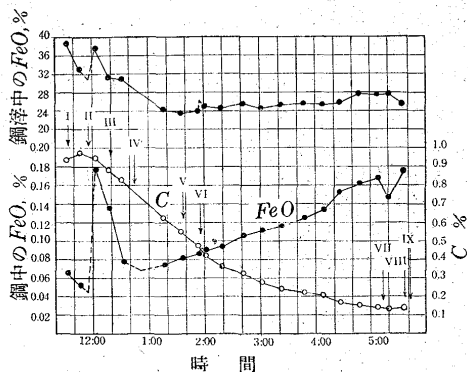
後打碎き得たる鋼は之を  $C, Si, Mn$  等の分析試料に宛て滓は  $FeO, SiO_2, MnO, CaO$  等の分析試料に宛てた

試験結果の考察 以上の試料を分析せる結果は第4表及

第4圖 鋼中  $FeO$  検定に於ける過剰アルミニウムの影響 (ハーテイ氏に依る)



第5圖 酸性平爐及び鋼滓中の  $FeO$  分布。 (ハーテイ氏に依る)



- I: 117 kg. FeMn
- II: 185 kg. 鑛石
- III: 46 kg. 鑛石
- IV: 68 kg. 石灰
- V: 68 kg. 石灰
- VI: 75 kg. 鑛石
- VII: 114 kg. フェロシリコン
- VIII: 298 kg. フェロマンガ
- IX: 湯出し

此方法を以て多くの鋼に行つた試験結果より見れば熔鋼中の酸化鐵の量は其炭素含有量と密接なる關係を有し炭素が低下するに従ひ逆に前者は上昇する傾向を示す。(第5圖参照)

精錬中各ステージに於ける滓試料中  $FeO$  の検定並に爐況の検定 2 チャージ  $Ni \cdot Cr$  鋼の熔解に就て試験した熔落時より各 30 分毎に(差物添加開始後は 10 分乃至 15 分毎) 熔鋼試料をスプーンに汲み取り上面の滓を良く掻き分け之に針金狀の  $Al$  を以て攪拌しつゝ約 1% 程溶かし込み後特製鑄型 (30mm<sup>2</sup> 深さ 60mm) に注ぎ込み冷却して之を鋼内  $FeO$  の測定に使用した。次に之と同時に他のスプーンに熔鋼と熔滓とを同時に汲み取り之を静止冷却して

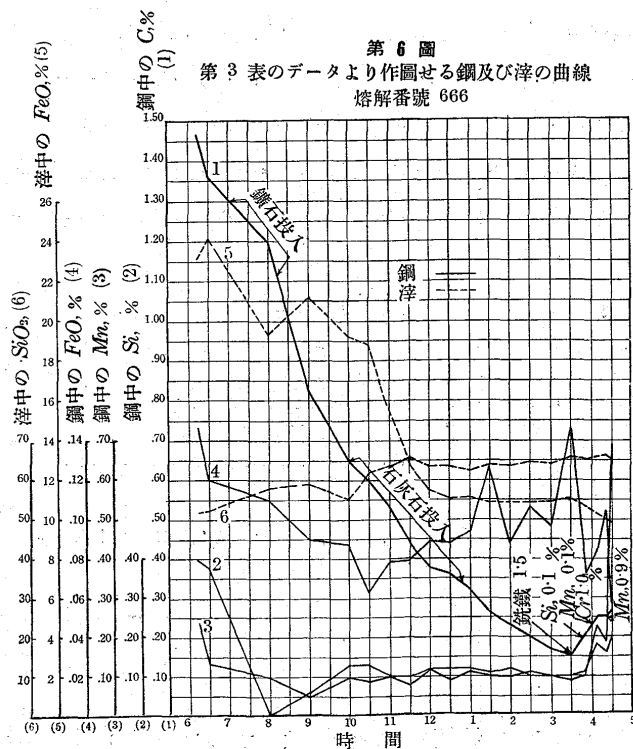
第4表 熔解作業中各ステージに於ける鋼浴成分變化

試料 番號	時間	鋼浴の成分				スラグの成分				記 事
		C	Si	Mn	FeO	FeO	SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	
1	6:15	1.47	0.40	0.24	0.147	23.19	52.10	10.68	4.16	解切
2	6:30	1.36	0.38	0.14	0.120	24.06	52.56	10.91	4.57	
3	8:00	1.20	Trace	0.10	0.110	19.35	57.73	12.29	3.69	鑛石投入
4	9:00	0.83	0.06	0.05	0.090	21.17	59.26	10.64	3.25	
5	10:00	0.65	0.13	0.10	0.088	19.21	55.25	17.42	4.12	石灰投入開始
6	10:30	0.60	0.13	0.09	0.064	18.85	61.13	9.27	4.43	
7	11:00	0.53	0.10	0.10	0.079	15.07	63.33	9.84	3.73	
8	11:30	0.44	0.10	0.08	0.079	12.83	65.52	7.94	3.97	
9	12:00	0.38	0.12	0.12	0.089	11.52	63.46	9.16	4.10	
10	12:30	0.36	0.12	0.09	0.083	11.02	63.40	9.14	4.20	石灰投入終了
11	1:00	0.32	0.12	0.11	0.094	11.09	62.70	7.06	11.54	
12	1:30	0.26	0.11	0.10	0.127	10.89	64.04	7.09	11.10	
13	2:00	0.23	0.12	0.10	0.089	10.87	63.96	7.26	12.40	
14	2:30	0.20	0.10	0.11	0.107	10.87	64.58	6.98	9.80	
15	3:00	0.17	0.10	0.10	0.097	10.95	64.34	7.10	13.44	
16	3:30	0.15	0.10	0.09	0.147	11.02	65.70	7.00	12.56	銹鐵 1.5% 投入
17	3:50	0.20	0.11	0.10	0.072	10.66	65.40	7.06	12.44	Mn 及 Si 添加
18	4:10	0.25	0.18	0.23	0.084					Cr 及 Mn 添加
19	4:25	0.25	0.16	0.19	0.105	10.01	66.12	7.00	12.51	
20	4:30	0.26	0.20	0.69	0.056	9.86	64.82	7.28	12.33	出鋼

熔解番號 666 ニッケル・クロム鋼

$Al$  添加に依り測定さる可き  $FeO$  の量は  $Al_2O_3$  の測定値を比例分配する事に依り算定し得た其の結果を作圖すれば第4圖に示す通りである。

び第5表に示す通りであるが之を作圖せるものは第6圖及び第7圖に示す通りである。之等の圖に於て第一に注意す



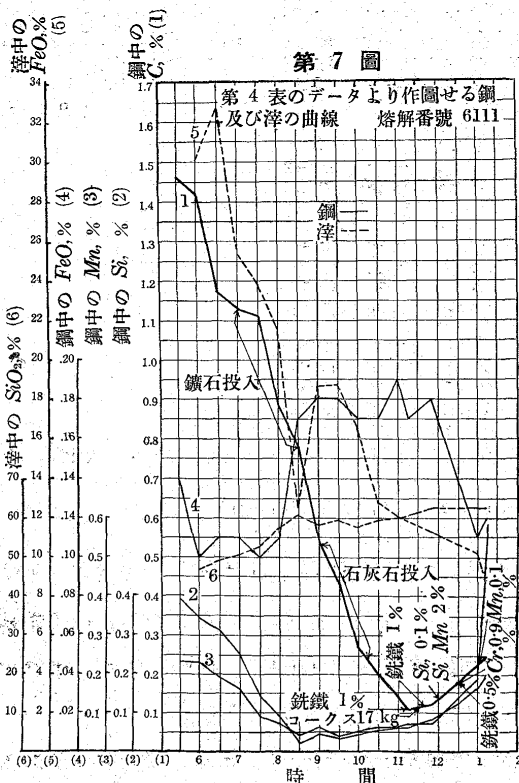
可き點は鋼内  $FeO$  と鋼滓中の  $FeO$  との關係である。鋼滓中の  $FeO$  は鋼浴中の炭素の低下即精錬の進むに従ひ漸次減少し石灰を加ふるに及び一層低下するを見る。然るに鋼

中の  $FeO$  は必ずしも上述の鋼滓中の  $FeO$  の量に準應して増減せず最初は多少低下する傾向を示すも中頃より漸次上昇の傾向を示し差物投入前に於ては著しく上昇を見る但差物の添加に依り熔鋼中の  $FeO$  は極度に減少せしめらるゝ事は圖に依て明かである。

第5表 熔解作業中各ステージに於ける鋼浴成分變化

試料 番號	時間	鋼浴の成分				スラッグの成分				記 事
		C	Si	Mn	FeO	FeO	SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	
1	5:30 A.M.	1.46	0.39	0.23	0.14					解切
2	6:00	1.42	0.34	0.23	0.10	34.11	46.78	10.17	1.87	
3	6:30	1.17	0.31	0.19	0.11	36.38	49.32	9.94	1.75	
4	7:00	1.13	0.25	0.16	0.11	29.38	51.82	10.99	2.08	
5	7:30	1.11	0.14	0.09	0.10	27.99	52.16	10.71	2.89	鑛石投入開始
6	8:00	0.89	0.09	0.07	0.11	25.52	57.12	11.98	2.63	
7	8:30	0.78	0.02	0.04	0.17	16.53	60.76	10.97	2.36	鑛石投入終了
8	9:00	0.54	0.04	0.06	0.18	22.62	58.92	10.74	2.47	石灰投入開始
9	9:30	0.43	0.03	0.04	0.18	22.74	59.76	10.97	3.58	
10	10:00	0.27	0.04	0.05	0.17	20.73	57.84	10.27	3.50	
11	10:30	0.20	0.05	0.06	0.17	16.98	57.82	9.50	6.94	石灰投入終了
12	11:00	0.14	0.06	0.06	0.19	16.10	59.54	9.75	7.50	第一回銑鐵投入
13	11:15	0.11	0.06	0.07	0.17	15.98	60.00	9.30	7.00	
14	11:50 P.M.	0.12	0.08	0.07	0.18	15.37	60.82	9.38	6.66	第二回銑鐵及 Cr 投入
15	1:00	0.22	0.16	0.18	0.11	14.21	62.74	9.10	6.16	Mn 投入
16	1:15	0.25	0.20	0.58	0.12	13.34	62.88	9.38	4.96	出鋼前

熔解番號 611 ニツケル・クロム鋼



第7圖

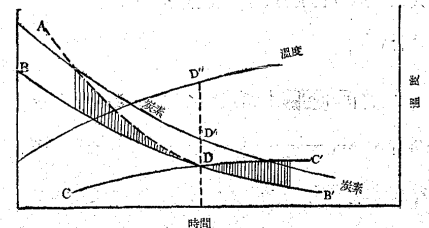
第4表のデータより作圖せる鋼及び滓の曲線 熔解番號 6111

況の如何に影響せられて起る化學反應に依り左右せらるゝものと思考せらる。

圖に於て熔鋼中の  $Si$  及び  $Mn$  は熔落ち後鑛石投入に依り漸次減少するを見るが之は前述の方程式にも示す通り  $Si$  及  $Mn$  は酸化鐵の投入に依り直に變化して滓化するも

第8圖

理想的爐況“デッドメルチング”を示す。(ロージャー氏に依る)



曲線  $BB'$  は反應式  $FeO+C=Fe+CO$  に干渉する酸素を示す。曲線の方程式は  $\theta = -16dC/12t$  にて表はさる。

曲線  $CC'$  は大氣より滓に入る酸素を示す  $CC'$  と  $BB'$  とは  $D$  にて交る。

曲線  $AD$  は  $D$  點迄の鋼浴中に存在する全酸素量にして曲線  $AD$  は屢々  $BB'$  線と  $D$  點以外の所で交る事がある。

曲線  $BB'$  と  $ADC'$  との交叉に依り出來た縦線の部分は鋼浴内に於て  $FeO+C=Fe+CO$  の反應に依り費さるゝものより餘分の酸素を示す。理想的爐況即デッドメルチングは次の點にて構成される。

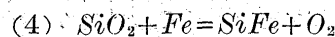
- $FeO+C$  の反應に依り費されつゝある。
- 酸素曲線中の  $D$  點 炭素曲線中の  $D'$  點
- 温度曲線中の  $D'$  點

のと認めらる。然るに精煉が進み或ステージに達すれば一度滓化した  $SiO_2$   $MnO$  が鋼浴中の  $C$  又は  $Fe$  自身に依り還元せられ再び鋼浴に戻る。此場合の反應は次式を以て示す事が出来る。

- $SiO_2+2C=Si+2CO$
- $SiO_2+2Fe \rightleftharpoons 2FeO+Si$
- $MnO+Fe \rightleftharpoons FeO+Mn$

上記の式は吸熱可逆反應なる故爐熱の上昇するに従つて右方に進行するが温度が降れば逆行する。圖に於て差物前の鋼浴中の  $FeO$  が高き原因は温度の上昇に依り  $FeO$  の溶解度の増大した事(第8圖参照)及上記の反應に依り出來た  $FeO$  が滓に歸らず其儘鋼浴中に止りたるものと見る事が出来る。

ヤネスケ<sup>6)</sup>氏は(1)及(2)の反應式を否定して次の如き反應式を示して居る。



<sup>6)</sup> Yaneske and Wood; Reduction of Silicon from the Slag in the Acid Open Heath Process, Journal of Iron and Steel Institute. (1920) Vol. LI, p. 198.

之を要するに熔鋼内の  $FeO$  は必ずしも分配の法則に従ひ滓中の  $FeO$  に依て左右されるものに非ず、又ハーティ氏の言ふが如く鋼浴内の炭素の減少すると共に増加するものにも非ず、寧ろ第8圖に示す如く時々刻々に變化する爐

同氏は此反應式を立證する爲に精練中珪素の還元を起した前後の滓の重量計算よりして1分子量の  $SiO_2$  の損失に伴ひ2分子量の  $FeO$  の得がなかつたと稱して居るが(此場合滓は  $2FeO, SiO_2$  の形で存在す)之は(2)の反應式に依つて出來た  $FeO$  が全部滓中に入るものと假定した所に誤謬がある。現に斯る場合爐熱の上昇に伴ひ多量の  $FeO$  が熔鋼中に解け込む事は見逃す事の出來ぬ事實である。尙著者等の實驗の結果珪素還元時滓中  $FeO$  は明かに増加して居る。

又實際經驗者の言に徴するも多量の  $Si$  が鋼浴に還元されたる場合意外に材質は不良であるといふ事がある。之は熔鋼中に多量の  $FeO$  が存在する故温度の降下と共に(2)の反應式は逆行して  $SiO_2$  を形成し所謂シリケート不純物として多量に鋼材中に殘存するものと見る事が出来る。以上の外爐内反應に關聯して特筆す可き事は石灰添加の影響である。

上述の如く滓中の  $SiO_2$  が過剰になれば  $Si$  の還元を起し爲に鋼及滓間の平衡は破壊される。此場合此の  $Si$  還元を妨げ得るものは  $CaO$  である。 $CaO$  は過剰の  $SiO_2$  と結合して  $(CaO \cdot SiO_2)$  なる化合物を作り  $SiO_2$  が還元されて鋼浴中に戻る事を妨ぐ、又之に依り投入された鑛石は  $Si$  を酸化する爲に費さるゝ事なく鋼中の炭素を酸化する事が出来る。結局石灰の投入に依り鋼及滓間

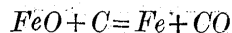
の平衡を容易に樹立する事が出来るのである。之は後述する鋼サンプルの形狀に依り察知する事が出来る。

然し此石灰も必要以上に加へると幾多の害を及ぼす。殊に精練の最後期に於て添加する事は特に有害である。

一般に鋼滓は種々の  $RO-SiO_2$  ( $FeO \cdot MnO \cdot CaO \cdot MgO$ ) 熔液よりなるものと信ぜられて居る。従て  $SiO_2$  は幾つかの鹽基と適當の割合に結合し安定の滓を作るのであるが、若し  $CaO$  を過剰に加ふる時は其鹽基度は  $FeO$  よ

り大なる故  $FeO$  に依て保有せられる  $SiO_2$  と結合し其結果  $FeO$  は鋼浴中に迫り出さる。

$2FeO \cdot SiO_2 + CaO = CaO \cdot SiO_2 + 2FeO$  故に此迫り出された  $FeO$  が熔鋼中の  $C$  に依り全部還元せらるゝ迄は平衡状態に到達する事は出來ぬのである。



此故に精練最後期に於て石灰を加ふる事は鋼浴に多量の  $FeO$  を誘致する事となり不良鋼塊産出の因を爲す事は云ふ迄もない。

第6表 製鋼作業中各ステージに於ける鋼及滓の成分變化表

試料 番號	時間 A.M.	鋼浴の成分					鋼滓の成分					
		C	Si	Mn	$SiO_2$	MnO	FeO	CaO	MgO	$Al_2O_3$	$Cr_2O_3$	
1	12:30	0.99	0.012	0.08	48.80	12.77	33.76	2.02	0.44	1.52	0.30	
2	1:00	0.96	0.006	0.10	50.82	13.10	29.32					
3	1:30	0.91	0.010	0.12	52.02	17.45	23.86					
4	2:00	0.79	None	0.07	54.02	17.30	20.98					
5	2:30	0.70	0.018	0.07	56.30	17.66	20.70	1.79	0.42	1.39	0.28	
6	3:00	0.67	0.010	0.11	57.70	17.66	18.00					
7	3:30	0.53	0.016	0.11	57.96	17.55	18.40					
8	4:00	0.51	0.026	0.11	57.60	17.00	20.70	1.79	0.46	1.54	0.23	
9	4:30	0.47	0.014	0.11	58.74	17.00	20.84					
10	5:00	0.45	0.078	0.13	58.10	15.95	20.68					
11	5:30	0.39	0.096	0.14	58.50	15.75	19.40					
12	6:00	0.34	0.114	0.13	58.20	15.00	19.40					
13	6:30	0.29	0.112	0.16	58.00	15.32	20.83	1.91	0.40	1.67	0.25	
14	7:00	0.27	0.118	0.15	59.10	14.60	22.12					
15	7:30	0.24	0.138	0.13	59.50	14.60	22.84					
16	8:00	0.22	0.140	0.14	59.00	14.05	21.27	2.02	0.38	1.89	0.20	
17	8:15	0.20	0.134	0.16	59.90	13.50	22.12					
18	8:30	0.19	0.130	0.14	59.52	13.50	23.42					
19	8:45	0.19	0.138	0.14	59.36	13.20	23.28					
20	9:20	0.19	0.144	0.38	59.80	14.58	21.41	2.02	0.44	1.57	0.20	
21	9:45	0.21	0.120	0.35	60.00	14.15	21.40					
22	10:00	0.20	0.108	0.33	60.24	14.15	21.26					
23	10:15	0.20	0.080	0.32	59.10	14.70	22.70					
24	10:30	0.20	0.108	0.32	60.86	14.45	20.40					
25	10:45	0.20	0.096	0.30	60.60	15.00	19.45					
26	11:00	0.18	0.050	0.31	60.90	15.30	19.82					
27	11:15	0.19	0.108	0.32	60.80	15.75	19.54					
28	11:30	0.21	0.080	0.59	60.76	16.15	18.36					
29	11:45	0.21	0.096	0.40	61.6	15.00	19.82					
30	12:00	0.22	0.098	0.43	59.20	16.17	18.54	1.91	0.44	2.03	0.25	

Mn を使用せる Ni·Cr 鋼熔解 (MnO の高き滓を作る爲)

第3表に於て精練最終期(差物前)に多量の  $CaO$  添加に依り滓中  $FeO$  を12%以下に低下せしめたる熔解より産出せし鋼塊が鍛煉中比較的多く割疵を生ぜし事實は蓋し上記の理由に基くものと思せらる。

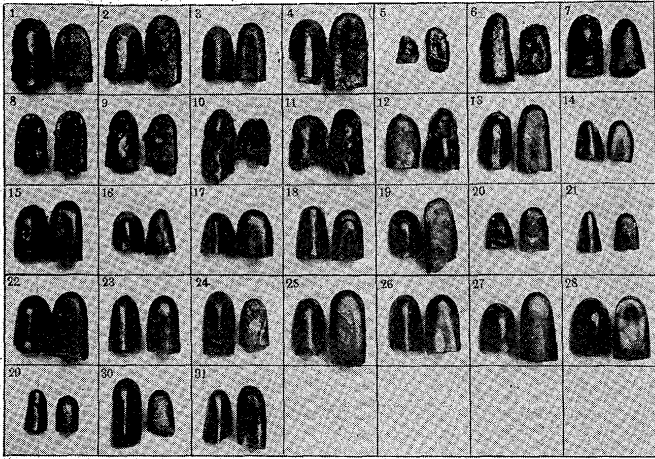
**鋼浴試料の外見と平衡状態の推定** 精練中鋼浴狀況を推定する事は優秀なる熔解を得る上に重要な事柄である。茲に鋼浴狀況とは鋼浴熱度熔鋼内  $C$  及び  $O_2$  の含有量及熔滓中の酸化鐵の含有量等の如何を云ふのである。

鋼浴狀況を推定する方法に種々あるが最普通に行はるゝ方法は各ステージに於て鋼及滓の試料を採取して考察する

7) C. Johns, Contribution to the Discussion on Roger's Paper, Journal of Iron and Steel Institute, 1917 Vol. XLVI, No. 2, p. 193.

事である。熔滓中の $FeO$ の鑑別は前述の如く單に其破面及び表面の色及び緻密度に依て行ふのであるが、鋼試料の鑑別は以下述ぶる如くして行ふ。第9圖に示すものは所定の鑄型(20×23×75mm)に熔鋼と熔滓とを同時に吸み取り約

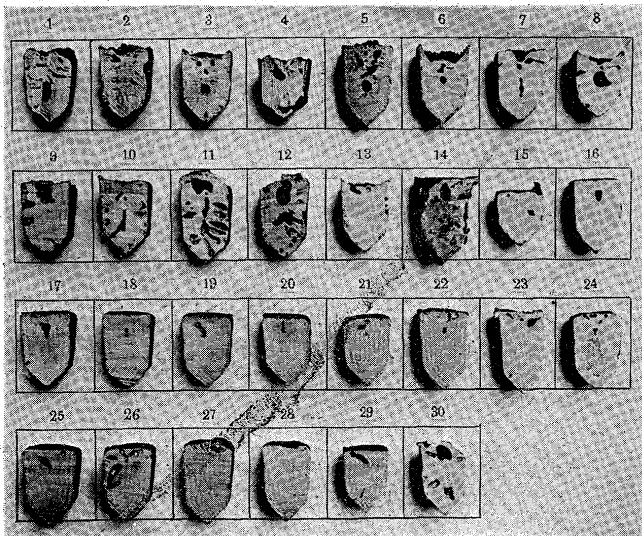
第9圖 熔解中各ステージに於ける鋼試料



3~5分間靜止せる後水冷し滓を打碎き鋼試料を取出し之を真中にて打折り上面と底部とを現はす様並べて撮影したものである。試料採取時の鋼及滓の分析は第6表に示す。

斯る試料の底部(左)の外観に依り鋼浴熱度を推定し得可く其上面(右)の形狀に依り熔鋼及熔滓間の平衡状態を察知し得る。即試料の底部の面に光澤あるものは鋼浴熱度の高き事を示し、試料の上面が不規則の形狀を有し粗鬆なる表面を示すものは鋼浴内に多量の $FeO$ が存在し熔鋼及び熔滓間に盛に反應の行はれ居る事を示す。試料が丸味

第10圖 熔解中各ステージに於ける鑄試料



を帯び平滑乃至緻皮を有する時の鋼浴は $FeO$ の少きデッド・メルチング<sup>8)</sup>の状態に達した事を表示するものである

<sup>8)</sup> Rogers; The Acid Open Hearth Process, Journal of Iron and Steel Institute, 1917, Vol. XLVI, No. 2, p. 182.

(第8圖参照)。第10圖に示すものは長方錐形の鑄型60×30×50mm)に熔鋼を靜かに汲み取り其凝固に到る迄の時間及其模様を注視する爲に作られた試験試料で圖に示すものは之を中央にて二つに截斷し其斷面を第9圖同様試料採取時刻に順應して排列したものである。

此試料に依て鑑別し得る事は鋼浴の沈靜状態と熱度とに就てある。即鑄型に注ぎ込まれた熔鋼が凝固に際して火花を多量に吹き且凝固後其上部にスカムの堆積物を多量に生ずるものは脱酸充分ならざる事を示し又凝固時間の長きもの及凝固後の試料の上面が凹んで居るものは熱度の高き證據である圖に於て精鍊初期の試料にはブローホールが無數に存在するも最終期に近づくに従ひソリッドとなる事が解る。之に依て見ても精鍊各ステージに於ける鋼浴狀況が如何に變化して行くかを略推定し得るのである。

第9圖及び第10圖に示す如き試料に依りても鋼浴狀況は略推定し得るが精鍊の最終期、即差物投入直前に於て鋼浴は完全に平衡状態に達する事を要する故之を推定する爲に特に次の如き試料を採取する。

即圓形スプーン(徑100mm)に熔鋼及び熔滓を同時に汲み取り約10~20分間靜止空冷せる後滓を破碎して第11圖~第15圖に示す如き鋼試料を摘出するのである。(此試料は第9圖に示す試料と同様の意味を有するも實際試験の結果此試料に依り一層正確に鋼浴狀況を知る事が出来る。)

斯る試料の表面状態は大體第11圖、乃至第14圖の如く4種に區別する事が出来る。

以上の内多孔状又はアバタ状試料は第11圖に示す如く其表面恰かも爪にて搔きたるが如く粗鬆状を呈す。斯る試料は熔鋼内に多量 $FeO$ の存在し脱酸反應に依り熔鋼中より盛に瓦斯の發成する狀況を示し未だデッド・メルチングに到達せざる事を證するものである。

第12圖に示す中心樹枝状の試料は其中心部に鋼滓の附着するを常とし之を取り除く時は其部分に肉眼的樹枝状結晶を現出する。斯る試料に依て推斷さるゝ鋼浴狀況は可なりデッドメルチングに近いに居るが熔鋼熔滓間の平衡未完全ならず且其熱度稍低き事を示す。

第13圖に示す平滑皮試料は熔鋼熔滓間の平衡が完全に成立せる事を示し之に依り精鍊が順調に完了せる事が推定し得る。

第14圖に示す緻皮試料は以上の内最理想的のもので平衡状態の完き事は勿論鋼浴熱度も相當高き事を示す。ジョ

第 11 圖

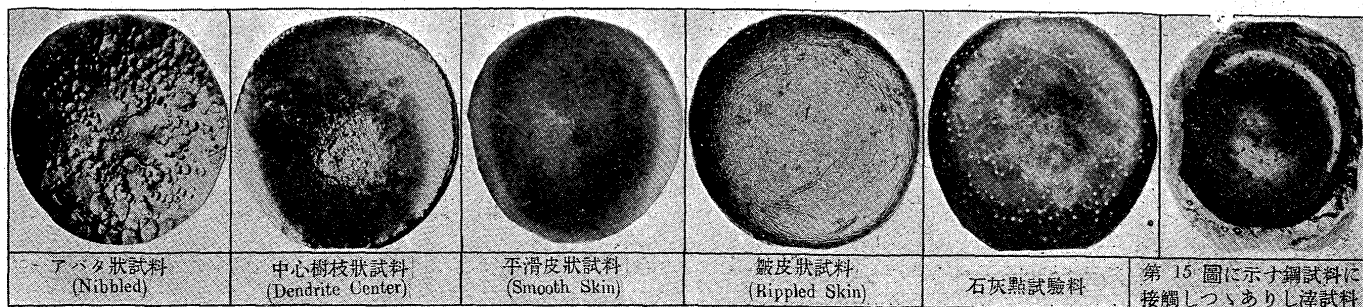
第 12 圖

第 13 圖

第 14 圖

第 15 圖

第 16 圖



ンス<sup>9)</sup>氏は斯る試料は溶液の表面張力に起因するもので斯る熔鋼の純度は高きものであると説明して居る。何となれば他の溶液に於ける如く其表面張力は不純物の混入に依り著しく減退する故に此表面張力の皺は  $FeO$  が熔鋼中に何れ丈でも溶けて居る間は決して起らぬのである。

以上の外に第 15 圖に示す如く平滑皮乃至皺皮試料上に白點を印するものがある。之は石灰を多量に使用する熔解に於て多く現はるゝ故石灰點と稱して居る。其原因を探究する爲斯る試料が凝固時接觸しつゝありし滓を靜かに離脱して其の接觸面を仔細に檢するとき第 16 圖に示す如く白點に相當する部分に無數の氣泡が存在するを見る。之明かに凝固前其部分に瓦斯を保有せし事を證するもので又斯る試料は大概爐床浮きたる場合の如く滓中に多量の  $SiO_2$  を含有して流動性の悪化せる場合に生ずるを常とし且白點の部分は酸化の形跡なき純白なる金屬光澤を有する等の事實より推して其原因は石灰石の分解に依て出來た  $CO_2$  が熔鋼中の炭素と作用して  $CO$  瓦斯を生じ之が凝固に際してメタルと滓との中間に閉じ込められたものと見る事が出来る。従つて此種の試料を生ずる場合の鋼浴状況は相當デツド・メルチングの状態に達して居る事を示し且熔滓中の  $SiO_2$  は過剰となれる結果鋼滓は著しく硬化し之に依て珪素の還元も行はれんとする状態にあるものと推定し得る。

**熔鋼試料と熔解成績との關係** 前述の熔鋼試料に現れた鋼浴状況と實際産出鋼塊の材力試験と如何なる關係にあるかを探究する目的を以て 37 熔解の  $Ni, Cr$  鋼に就き規定の鍛鍊及熱處理を施したる後採取した試験片に行ふた材力試験成績と熔鋼試料の形状とを比較對照して調査せる結果は第 7 表に示す通りである。

本調査の結果より見て皺皮状試料を生じたる熔解の材試成績は斷然優秀て平滑皮試料の熔解之に次ぐ。然るに中

第 7 表 鋼浴試料の外見と機械試験成績との關係

試料の表面状態	調査せる熔解數	機械試験		材試結果より見たる熔解成績	
		良(1)	不良(2)	良	不良
皺皮状	11	9	2	83%	18%
平滑皮状	16	11	5	70%	30%
中心樹枝状	3	1	2	33%	66%
アバタ状	7	2	5	29%	71%

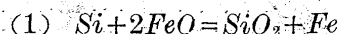
註 (1) 試験規格に合格せるもの及 1 回の再熱鍊を以て該規格に合格せるもの。

(2) 試験規格に不合格となれるもの及 3 回以上の再熱鍊を以て辛じて合格せるもの。

心樹枝状及アバタ状試料を生じたる熔解は其成績思はしからず、之を要するに精鍊最終期即差物添加直前に於て採取せる鋼試料が平滑乃至皺皮を有するものにあらざればデツド・メルチングに達したる状態と稱する能はず、若し試料がアバタ状を呈する間は鋼浴内には多量の  $FeO$  が存在する事を示すもので斯る鋼浴に  $Si, Mn$  等の差物を加ふるときは酸化鐵と作用して鑛滓不純物を形成し之が材力試験を悪化せしむる因を爲すのである。

**炭素曲線に依て推定さる可き爐況** 熔解作業中各ステージに於て採取せる鋼試料を分析して得た炭素曲線は爐況を示す好指針となり得る。今之が理論的考察を廻らす爲めに第 17 圖に示す如き代表的爐内反應曲線を作圖した。(之は多數の曲線を参考として作圖したものである。)

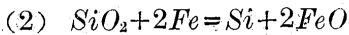
1. 鑛石投入の結果鋼浴内の珪素は殆燃焼し盡くして M 點に於て最小となる。此反應の結果出來た  $SiO_2$  は滓に入り U 點に於て最大となる。反對に  $FeO$  の百分比は減少して I 點に於て極小に達す。



2. (1) の反應の結果熔滓中の  $SiO_2$  が増加した事及鑛石投入中止の結果爐温の上昇せる等の理由に因り (2) 式に示す如く鋼浴内に  $Si$  の還元行はれ其反應の結果出來た  $FeO$  と爐内酸化焔の影響に依て出來た  $FeO$  と相俟て滓中  $FeO$  は頗る増大す。(此場合の脱炭曲線は急激なるを認む)

<sup>9)</sup> Journal of the Iron and Steel Institute, 1917, Vol. XLVI, No. 2, p. 194.





斯る反應は爐況の變化を來さざる限り繼續せられ丁度以上の反應式が平衡状態に達した時中止するものである。

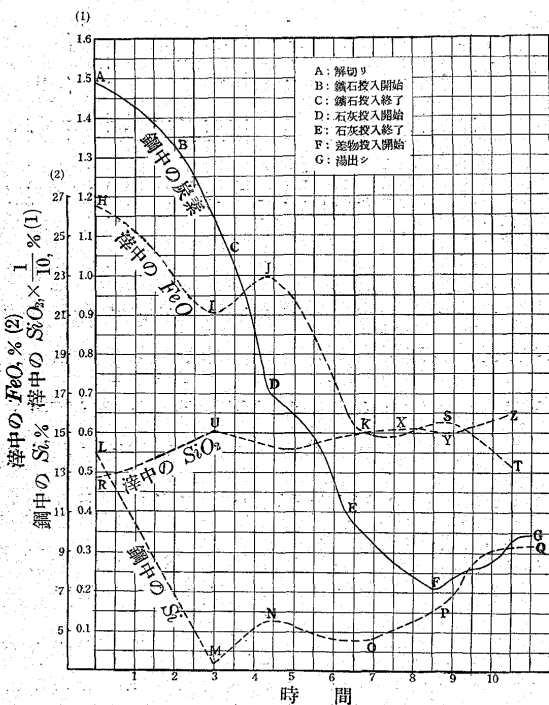
第8表 石灰投入時炭素曲線の彎曲度と鋼質との關係

曲線	彎曲度	試材良(1)	試材不良(2)
A型	$\tan A / \tan B < 1.5$	2(33%)	4(67%)
B型	$1.5 < \tan A / \tan B < 3.0$	13(65%)	7(35%)
C型	$\tan A / \tan B > 3.0$	3(27%)	8(73%)

註 (1) 試験規格に再熱練1回以内にて合格せるもの。  
 (2) 試験規格に不合格となれるもの及再熱練2回以上を以て合格せるもの。

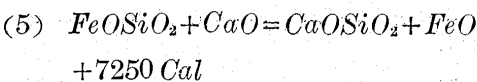
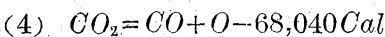
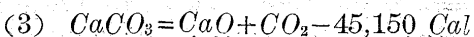
第17圖

鋼浴中の C, Si 及び鋼滓中の FeO, SiO<sub>2</sub> の平衡を示す代表曲線



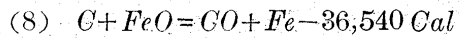
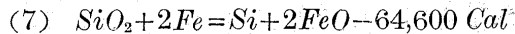
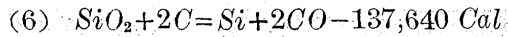
3. D 點は石灰投入開始を意味する點である。此點に於ける爐況の變化は最興味あるものを云ひ得る。即炭素曲線は D 點に於て彎曲して脱炭狀況緩漫となる事を示す。又同時に Si 曲線及び滓中 FeO 曲線は各 N, J, 等の點に於て急轉下向の傾向を示す。之上述の珪素還元作用が石灰投入に依り全く中止し新に別個の爐内反應の行はれしに起因するもので、之が理論的の説明は次の通りである。

石灰が爐内に於て働く反應は主として吸熱反應である。



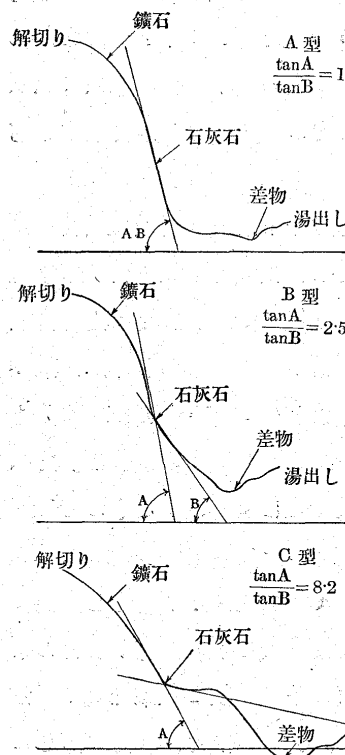
故に石灰投入の結果爐熱は著しく降下し爲に此時迄進行して來た他の吸熱反應、例へば Si の還元作用及脱炭作用等

は何れも中止する。



斯る意味に於て石灰投入時の炭素曲線の彎曲度は爐況推測上重要である。石灰投入時彎曲度具合を示す多數の實際曲線より代表的炭素曲線を示せば次の3種に區別出来る。

第18圖



A 型曲線(第18圖):一最初の石灰投入に依り曲線傾斜角度殆變化せず  $\tan A / \tan B = 1$  此曲線は鑛石の投入過剰なりし結果 Si の還元を起さざりし事を示す。滓は淡くして爐床の熔損を起し易い。斯る熔解に於ては仕上時鋼浴中の FeO 過剰に残留するを常とし鋼質惡化の因を爲すものと思考

せらる。

B 型曲線(第18圖):一石灰投入の結果曲線の傾斜角度を僅かに變化す  $\tan A / \tan B = 2.5$  鑛石投入適度に行はれ爐熱良好なる故 Si の還元も多少行はるゝ事を示し爐況の理想的なる事を示し。

C 型曲線(第18圖):一石灰投入の結果其傾斜角度は著しく緩漫となる。  $\tan A / \tan B = 8.2$  鑛石の投入不足なりし結果熔滓中の SiO<sub>2</sub> は早くより飽和の状態に達し爲に珪素の還元は甚しく行はれ石灰投入に依る爐熱の低下は Si の燃焼を惹起し爲に炭素曲線は著しく彎曲する。

此の場合出來た SiO<sub>2</sub> は鋼滓中に逃ぐるも一部はシリケートとして鋼浴中に混入し鋼質を惡化する(熔鋼中のシリケート参照)

以上3種の曲線に依て代表せらるゝ熔解の鋼質を實地調

査す可く 37 熔解の Ni, Cr に就き其の機械試験と曲線形状とを對照して統計的研究を行ひたる結果は第 8 表に示す通りである。

良乃至不良欄下の數字は調査せる熔解の數である。

本調査の結果前記代表的曲線中 A 型及び C 型に屬する熔解の機械試験成績は思はしからず A 型熔解の 67% 及び C 型熔解の 73% は不良であつた。然るに B 型に屬する熔解の試験成績は甚宜しく其 72% は良好であつた。之を要するに良質の鋼を得んとせば第 1 回石灰投入時炭素曲線の彎曲度を一定の限度に保つを要す。之が爲には鑛石投入に際しては爐熱を考慮して之を行ふを可とし石灰投入時に於て丁度珪素還元を僅かに開始する程度の状態を得る様仕事すれば良いのである。

**熔鋼中のシリケート不純物と其除去法** 第 19 圖に於て石灰投入の結果爐況に一大變動を來し還元せられた Si は先燃焼して SiO<sub>2</sub> を作り熔鋼中に多量に存在する FeO (及多少の MnO) と結合してシリケートを形成する。但此場合一定量の SiO<sub>2</sub> に對し結合する FeO の割合多量なる時は其凝集力弱き爲シリケートはコロイド状を爲して鋼浴中に浮遊するのである。然るに精鍊進み鋼浴中の FeO が漸次減少するに従ひシリケートは SiO<sub>2</sub> の含有度を高め凝集力を増大する故其粒子は漸次増大する。

差物を投入すれば爐況は變化してシリケート粒子は一層擴大せられて鋼浴面に浮き出さるゝも同時に差物中の Si が鋼浴中の FeO と作用して SiO<sub>2</sub> を形成する故其瞬間は寧ろ浴内シリケートは増大する傾向を示す。然し差物投入と同時に發生する MnO は斯るシリケート粒を一層良く凝集せしむる作用を爲す故シリケート粒は極度に擴大し爐熱の上昇と相俟て熔鋼の流動性高まり且其浮力増大し容易に鋼浴面に浮び結局出鋼直前に於ける浴内シリケートは極少に達するのである。

第 9 表 沸騰期に於ける SiO<sub>2</sub>/FeO と鍛鋼品不合格率との關係

SiO <sub>2</sub> /FeO	爐内温度		
	高熱	中位	低熱
1.4-1.8	1.60	2.21	3.89
1.8 以上	2.25	3.75	4.80
比	2.25	1.70	1.23

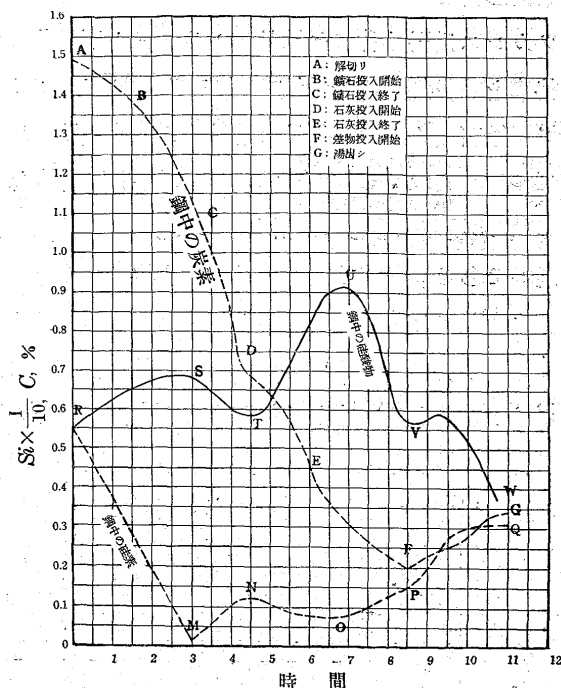
第 20 圖は石灰投入直前採取せる試料を溫硝酸にて處理

10) SiO<sub>2</sub> の高き球狀シリケートのみを摘出し之が檢鏡試

10) S. Kobayashi; Extraction of Silicate in Steel Japan Iron and Steel Institute 1932, Vol. XVIII, No. 12, p. 1375. Also, Dickenson, A Note on the Distribution of Silicate in Steel Ingots, Journal of Iron and Steel Institute, Institute 1926, Vol. LXIII, No. 1, p. 179.

第 19 圖

鋼浴中の C, Si 及び珪酸物を示す代表曲線



驗を行ひたるもので第 21 圖及第 22 圖は何れも差物前及差物後に於て採前せる試料を前同様處理して球狀シリケートを現出したものである。此 3 種の試料に依り精鍊中各ステージに於てシリケート粒子が如何に變化するかを窺はる鋼浴内のシリケート除去に就てはストークス氏に依り次の如き關係式が與へられて居る。

$$v = \frac{2}{9} \eta \cdot r^2 g (d' - d) \quad v = \text{浮き上る速度}$$

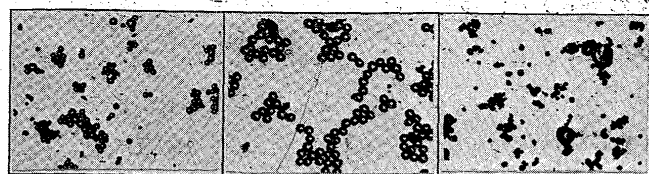
r = シリケート粒子の半徑    g = 重力に依る加速度  
d', d = 熔鋼及シリケート粒子の比重  
η = 熔鋼の粘性

上式にて v を大きくするには d を小さくして r を大きくすれば良い。η を小さくするには温度を揚げれば目的を達する事が出来る。

第 20 圖

第 21 圖

第 22 圖



第 20 圖 石灰投入前採取せる鋼試料より化學的方法にて摘出せるシリケート粒

第 21 圖 差物投入前採取せる鋼試料より摘出せるシリケート粒

第 22 圖 湯出前採取せる鋼試料より摘出せるシリケート粒  
(×100 のもの縦横 3/5 に縮寫)

精鍊の初期に發生する多量のシリケート不純物は大量の

鑛石投入に依る激烈なるボイリングを行はしむれば其大部分は除去し得る。

マツカンス氏<sup>11)</sup>は曾て鍛鋼品のシリケート不純物に依る不合格率を或製鋼所の酸性爐で調査する爲ボイリング、ステージ(鑛石投入期)に於ける熔滓中の  $SiO_2/FeO$  の比が 1.4~1.8 と 1.8 以上との 2 種類に別け且爐熱を高熱中位低熱の 3 種類に分ちて統計を取つた。其結果は第 9 表に示す通りである。數字は固滓に依る不合格品比率を示す

此表より見れば沸騰期に於て熔滓中の  $FeO$  が比較的多い時の方が不合格品が少い。即鑛石を多量に使用して急激なるボイリングを行ふ方が成績が良いといふ事になる。然し此場合餘り鑛石を入れ過ぎて熱度を下げると  $SiO_2/FeO$  比率の如何に係らず成績不良なる事も明かである。

然し鑛石投入終了後爐温が高く然かも滓中  $SiO_2$  に對する  $FeO$  の比が大なる時  $Si$  はの還元を起し之が爐況の變化に伴ひシリケート不純物を構成する事は否む可らざる事實であるから石灰投入其他適當の方法を以て斯る反應を起さざる様に力める事が必要である。然し又餘りに  $Si$  の還元を恐れて多量の  $FeO$  を鋼浴中に生ぜしむる事は鋼質を悪化する恐れある。故銑鐵其他の差物に依て之を按配する事が必要である。

銑鐵其他差物に依る爐熱の低下は反てシリケート粒の増大を助け又差物中の  $Si$  及び  $Mn$  はシリケート粒を増大する上に相當効果あるものと認めらる。

## 結 論

1. 精鍊作業に於て最重要の役割を演ずるものは  $O_2$  である。然し仕上鋼中に存在する  $O_2$  は有害であるから有らゆる方法を以て其除去に力めなければならぬ。
2. 分配の法則に依れば鋼滓中の  $FeO$  を減少せしむれば、鋼浴中の  $FeO$  をも減退する事が出来る、依て鋼滓中の  $FeO$  を減少せしむる一方法として石灰を使用して滓中の  $FeO$  と置替へしむる如き精鍊法を採用した。
3. 鋼滓中の  $FeO$  の鑑別は滓の色で容易に判別し得る。 $FeO$  10% 内外では青綠色を呈するが 15% 附近に於て黄褐色となり 20% 以上に於ては黒褐色となる。
4. 滓中の  $FeO$  の量と生産鋼との材質關係を調査せる結果滓中の  $FeO$  量は少方が鋼の材質は良好であつた。然し  $FeO$  が極度に低い時(10%以下)材質は思はしくな

かつた。

5. 鋼中  $O_2$  の檢定は從來困難の事と考へられて居たが、最近米人ハーテイ氏に依て簡便なるアルミニウム法が案出せられた。著者は此方法を以て鑄解中各ステージに於ける鋼浴の  $O_2$  の檢定を行ふた。

6.  $O_2$  檢定用試料と同時に別に鋼及滓試料を採取した。前者より  $C, Mn, Si$  を又後より  $FeO, MnO, SiO_2, CaO$  等の分析を行ひ前記鋼中  $FeO$  の分析結果を参照して精細なる爐況の推定を行ふた。

7. 鋼浴中の  $O_2$  は必ずしも滓中の  $FeO$  量及鋼浴中炭素量に準應して増減せず(大體には其傾向を有するが)寧ろ之に對しては鋼浴中の  $Si$  の還元作用が重大關係を有するものゝ様である。

8. 鋼試料の外見は平衡状態の推定に重要な役割を演ずる試料の表面狀況は(1)多孔狀又はアバタ狀(2)中心樹枝狀(3)平滑皮狀(4)皺皮狀の 4 種に區別する事が出来る。理想鑄解より得たる試料は皺皮狀試料である。

9. 差物投入前の鋼試料の外見と生産鋼の機械試驗結果とを照合調査せる結果皺皮狀試料の鑄解は其機械試驗成績が優良であつた。

10. 鑄解中各ステージに於て採取せる鋼試料を分析して得た炭素曲線は爐況を示す好指針となり得る。特に石灰投入直前直後の曲線形狀に依り生産鋼塊の材質を或程度判定し得る事が確め得た。

11. 鋼中の不純物の大部分はシリケートとして存在する。之が材力に及ぼす影響は甚大であるから沸騰期に於て充分取除く事必要とする。又鋼浴中に珪素の還元が甚しく行はれ、然も其處に鑄解する  $FeO$  が多量にある時はシリケート不純物の生成は夥しい。故に精鍊中石灰投入の方法等に依り  $Si$  の還元を適當に調整すると同時に鋼浴中の  $FeO$  は能ふ限り低く保つ事が必要である。鋼浴中に浮游すシリケートの除去はストークス氏式に準據して行へばよい。

終りに臨み本實驗の遂行に多大の助力を與へられたる日本製鋼所前取締役會長水谷叔彦氏を始め改良課並に熔鋼工場關係者に謝意を表す。又本論文の發表を容認せられたる現日本製鋼所當局者に多大の謝意を表するものである。

<sup>11)</sup> McCance: Balance Reaction in Steel Making, Journal of Faraday Society, 1925, Vol. XXI, No. 62, Part II, p. 199