

附表 III. 種別 C の熔解成績

註：(分析試料採取時期欄にて〔1〕とあるは第一熔解，解落 10 mm 後〔2〕は第二熔解造滓剤投入後に採取)

熔解番號	第一熔解配合 (%)	分析試料採取時期	鋼浴化學分析値(%)					鋼滓化學分析値(%)					第二回熔解造滓剤	熔解所要時間					装入屯數	
			C	Si	Mn	P	S	SiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	CaO	CaO/SiO		解落	第一出鋼	第二注入	合計			
46	兼二浦鉄 40 ターター鉄 50 鞍山鉄 10 スケール 7 石灰石 7	原料	3.91	0.98	1.41	0.239	0.051	—	—	—	—	—	—	Sc-1	hmn 5-05	hmn 45	mn 20	hmn 2-00	h mn 8-10	t 26
		1	3.43	0.07	0.67	0.114	0.029	24.32	20.08	15.11	30.40	1.21								
		2	2.50	0.02	0.03	0.005	0.023	10.60	19.95	29.03	28.35	2.68								
47	兼二浦鉄 40 ターター鉄 60 スケール 12 石灰石 7	原料	3.95	1.00	1.38	0.271	0.042	—	—	—	—	—	—	Sc-1	4-50	25	20	2-45	8-20	26
		1	2.87	0.02	0.24	0.033	0.031	21.4	19.75	14.41	23.60	1.33								
		2	2.51	0.01	0.21	0.011	0.023	10.00	18.82	9.56	47.16	4.71								
48	兼二浦鉄 40 ターター鉄 60 スケール 12 石灰石 5	原料	3.95	1.00	1.38	0.271	0.042	—	—	—	—	—	—	Sc-2	4-00	1-15	20	1-35	7-10	26
		1	3.55	0.09	0.12	0.138	0.029	24.30	21.55	13.36	25.88	1.06								
		2	2.72	0.01	0.20	0.003	0.019	11.20	8.98	8.60	51.45	4.95								
49	兼二浦鉄 40 ターター鉄 60 スケール 12 石灰石 5	原料	3.95	1.00	1.38	0.271	0.042	—	—	—	—	—	—	Sc-2	4-25	35	22	1-08	6-30	26
		1	3.29	0.04	0.04	0.106	0.026	25.7	20.36	10.28	30.52	1.19								
		2	2.78	0.01	0.30	0.023	0.016	4.74	7.08	5.94	60.20	12.70								
50	兼二浦鉄 30 ターター鉄 70 スケール 10 石灰石 5	原料	3.91	1.51	0.92	0.250	0.047	—	—	—	—	—	—	Sc-2	4-10	30	29	53	6-21	26
		1	3.50	0.20	0.48	0.154	0.021	—	—	—	—	—								
		2	3.35	0.07	0.93	0.092	0.006	12.12	1.43	—	60.77	5.01								
52	バーン鉄 100 スケール 12 石灰石 12	原料	4.13	1.54	1.24	0.265	0.023	—	—	—	—	—	—	Sc-2	4-05	20	24	1-36	6-25	26
		1	3.45	—	0.04	0.092	0.021	28.98	21.91	10.28	26.0	0.90								
		2	3.06	—	0.28	0.003	0.010	2.24	6.68	6.68	57.5	25.0								
		製品	2.94	0.02	0.53	0.005	0.007	—	—	—	—	—	—							

## 鹽基性電氣製鋼法の基本的概念に就て

(日本鐵鋼協會第 26 回講演大會講演 昭 16. 10. 東京)

小 平 勇\*

### FUNDAMENTAL IDEAS OF THE BASIC ELECTRIC FURNACE FOR STEEL MAKING

Isamu Kohira, Kōgakuha-kusi

**SYNOPSIS:**— The characteristics of the method of the electric arc steel making were said to lie in that either the method oxidation or that of reduction might be selected as the chemical reaction within the furnace is processed in a closed vessel; and that there is little change in the gas atmosphere of the furnace so as to make the reaction between the metal and the slag active and as near as possible to the chemical equilibrium. In the present paper, the author dealt with the charge control for desulphurization and decarburization and oreing, advantage of the method to slag off twice; and carbide and white slag method. Then the author referred to elimination of slag-inclusions, some working diagrams of the high quality steel and examination of the special steel.

### I. 緒 言

弧光式電氣製鋼法の特徴を指摘すると

(i) 爐内の化學反應は密閉器中では行はれるので酸化或は還元の何れをも選擇し得ること、且爐内のガス雰囲気變化少く従つて地金と鋼滓との反應をして化學的平衡に餘

程接近して活潑に進行せしめ得る。

(ii) 強熱の弧光の下に於て強鹽基の還元鋼滓を人為的に熟成し一方温度の調整容易である。

斯く考へ來るとき、電氣製鋼法は一般平爐製鋼法と製鋼の基本的理論は同一でも凡ての作業調整が容易となり、又操業上簡單となるので専ら高級鋼製鋼に利用せられる。

現代の高級鋼は磷及び硫黄は勿論微滓の少きこと、其の

\*: 日鐵八幡製鐵所

他酸素、水素及び窒素等の少き所謂優良鋼を要求する。更に作業上より見れば品質上の問題のみならず製出鋼の凡てに不同のなきこと、安價にして多量生産を伴ふ如き製鋼方式を選定せねばならぬ。

外國技術の模倣時代には作業の熟練経験に重點を置かれたが彼等の水準より一步進めた今日に於ては技術的訓練に加へて飽くまで理論的根據を活用し所謂技術の合理化に邁進すべきである。

本文はこの意味に於て先づ普遍的理論より見たる應用方面と作業実績とを對應し鹽基性電爐操業上の基本的概念の一端を記述し併せて當八幡製鐵所で實施しつゝある若干の作業方式を例示せんとするものである。

## II. 酸 化

電爐法に於ける酸化反應を代表するものは脱磷であり、鑛石投入に伴ふ沸騰攪拌により装入原料中の不純成分、夾雜物の脱除、反應の促進及び温度の均等化にあること一般周知の通りである。従つて操業上脱磷、脱炭及び鑛石の三者の關係を知ることは先決問題である。

脱磷反應を圓滑に進行せしめるためには

$$(\Sigma P)/[\Sigma P] = K_P (FeO)^x (CaO)^y$$

の一般式に示される通り鋼滓成分の調整を重要とし従来の作業実績によれば

$$K_P = 40 \sim 80^*$$

である。然るに上式の關係は鋼滓と地金に分配せらるべき濃度比を表はすもので更に脱磷の量的問題に對しては鋼滓量を考慮に入れねばならぬ。それは實際作業に於て爐況不順のときは別として、少くも普通の爐熱であり石灰の豊富に供給されある條件では鋼滓の調整は比較的狭き範圍に限定せられるので寧ろ鋼滓量が重視せらるべきである。今装入地金中の平均磷%に對し鋼滓量と脱磷との關係を算出すると次の如くである。

- |          |                     |
|----------|---------------------|
| A 装入地金重量 | a 装入地金中の P%         |
| B 熔鋼重量   | b 熔鋼中の $[\Sigma P]$ |
| C 鋼滓重量   | c 鋼滓中の $(\Sigma P)$ |

とすれば

$$aA = bB + cC$$

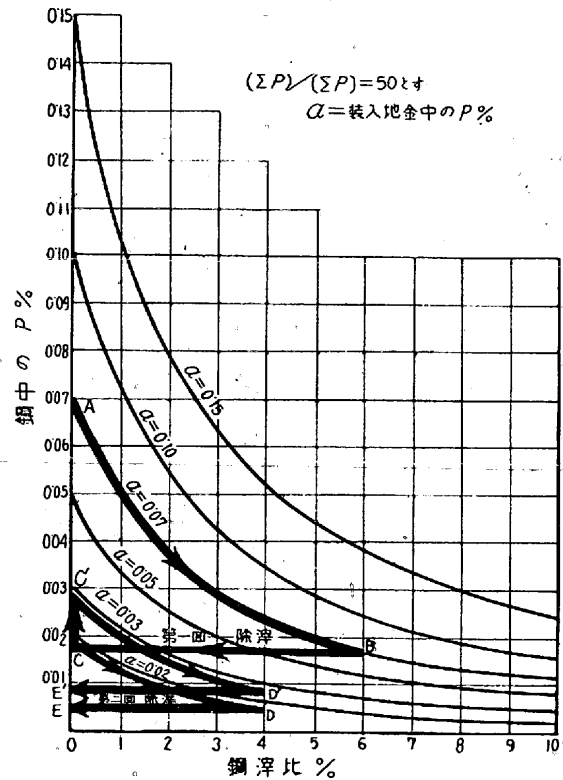
又  $(\Sigma P)/[\Sigma P] = c/b = K$  とすれば

$$b = aA / (B + CK) \%$$

上式に於て普通操業狀況の鋼滓成分 %  $SiO_2$  15~20,

\* 鹽基性平爐では 40~100 である。

$CaO$  40~45,  $\Sigma Fe$  8~18,  $K_P = 50$  とせる場合に付き脱磷と鋼滓比  $\{(\Sigma P)/[\Sigma P] \times 100\}$  との關係を示すと



第1圖 脱磷と鋼滓量との關係

第1圖の通りである。同圖の説明に就きては後述するが一應考へられることは

- (i) 脱磷に有利なる鋼滓量は略地金量に對し 4~8% 見當である。
- (ii) 装入地金中の P% の高い程同一標準の P% まで脱除するには鋼滓比を大にせねばならぬ。
- (iii) 従つて高磷のときには差支なき限り<sup>1)</sup> 熔劑を多く配合使用することが有效である。
- (iv) これに反し低磷のときには鋼滓成分の調整が有效である。

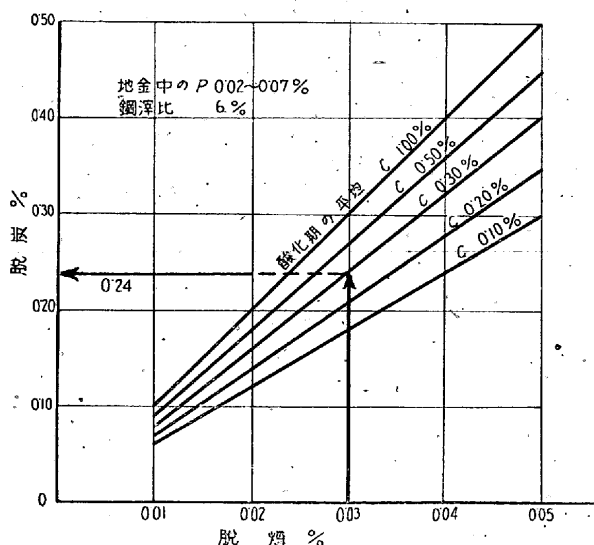
さて豫定脱磷が算定せられたとして次に考へらるべき問題は脱磷に伴ふて必然的に起る脱炭及び之に必要な鑛石量である。装入配合中に見込むべき炭素量及び熔劑の使用量を定むべき一つの重要な事項であり得る。今八幡製鐵所の実績に於て鋼滓比 6% とし地金中の P% 0.02~0.07 の範圍につき平均脱磷 0.01% に對應する平均脱炭%及び地金平均吨當り鑛石使用量 kg を求めると第1表の通りである。

<sup>1)</sup> 鋼滓量の問題は脱磷の有無に拘らず精鍊を進める上にもある適當量必要なること周知の通りであつて電爐では大體 4~8% 見當である。4~8% の鋼滓比は標準型の電爐では鋼滓の厚さ 40~80mm に相當する。鋼滓比 10% 以上は餘り好ましくない。

第 1 表

酸化期間の平均 C%	脱炭%/0.01%脱炭	鑛石 kg/t 地金・0.01%脱炭
0.10	0.045	9.5
0.15	0.060	9.0
0.20	0.070	7.7
0.30	0.080	7.2
0.50	0.090	7.2
1.00	0.100	7.0
2.00	0.100	7.0

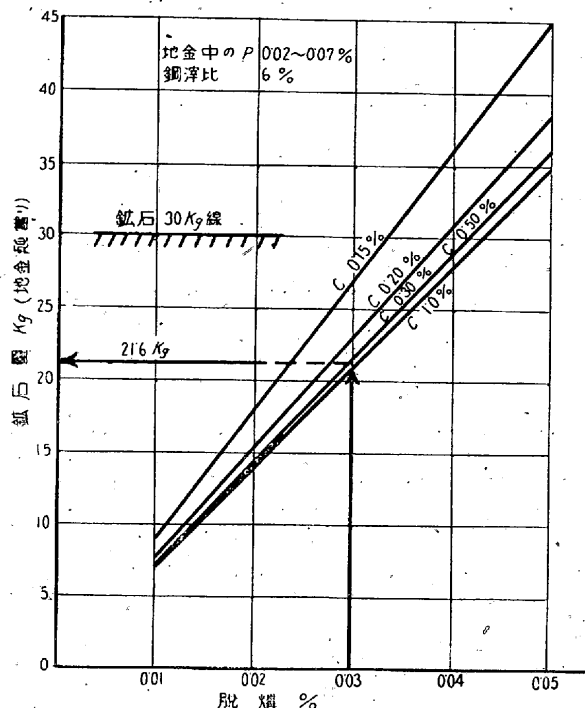
これで見ると脱炭に必要な脱炭は酸化期間に於ける地金中の C% で差異あり。低炭素程少くてすみ、例へば C 0.10% 程度の低炭素鋼では C 0.50% 以上の高炭素鋼に比較し 1/2 以下となつてゐる。この関係を更に圖示すると第 2 圖の通りであつて今假に脱炭を 0.03% 低下とし酸化期間の C% を 0.30 臺の軟鋼質とすればこれに相應する脱炭 % は圖上より略 0.24% となることを知るべし。第 3 圖) は鑛石所要量を示したものでこの場合は同一脱炭% の所要鑛石量は低炭素鋼程増加し又前例に該當する鑛石量を圖上より求めると地金 1 匁當り 21.6 kg となることを知るべし。



第 2 圖 脱炭%と脱炭%との關係

次に脱炭の有無に拘らず酸化沸騰に必要な鑛石量を見積らねばならぬ。この問題に就ては今日尙議論の餘地あるが日本學術振興會第 19 小委員會にて調査研究の結果に依れば略 25~30kg/t 地金と云はれ、これには脱窒素、脱水素の問題も包含され、一方過量の鑛石加入は熔鋼の過酸化及び爐床の損傷を引き起すので自ら其處に限度あるべく作

2) 爐中に投入せらるゝ鑛石はその一部は鋼滓に滓化せられ残りの一部は脱炭及び脱炭に消費せられる。而して鋼滓に滓化せられる鑛石量は酸化期間を通じて多少の變化あるも末期まで残るが故に酸化期間の脱炭量により單位脱炭%當りの鑛石使用量は相違があるべく従つて第 1 表及び第 3 圖は當然修整さるべきものであるがこゝではその概算平均値を示したものである。



第 3 圖 脱炭%と所要鑛石量との關係

業上の經驗によれば先づ前記の鑛石量は大体適當なりと考へられる。従つてこの數字を基礎とすれば装入地金中の P の含量にも制限が與へらるべく之を第 3 圖の例につき鑛石使用量を 30kg とすれば高炭素鋼で脱炭 0.045%、低炭素鋼で脱炭 0.035% 見當となり假に酸化末期の P% を 0.015% とすれば夫々 0.060%、0.050% にして高級鋼ではこの制限以下に P% を選定することが理想である。装入配合に於て若し P, Si, Mn 等特に高きとき或は特殊鋼の戻り屑を多量に使用せんとするときは當然前記計算より更に多くの C% を見積り酸化沸騰を十分行ふ必要があるが高級鋼を製造の目標とする限り多くの場合不利益である。

この問題は一つの對策として又酸化精鍊に於て大なり小なり生ずる熔鋼の過酸化に對する緩和、高度の脱炭、脱炭の確保及び還元精鍊期への圓滑なる轉換を目的として二回除滓法を推奨する。

二回除滓法とは全酸化期間を 2 段に區分し即ち酸化期の中間に於て大部分の初期鋼滓を排除して新熔剤を加へ第 2 次酸化を行ひ完全除滓する方法で精鍊の特徴及び技術的要領に就き補足説明する。即ち

i) 中間除滓によりて初めの比較的 P% の高き鋼滓が除去されるので脱炭の効果大にして且脱炭の目的に對し確實性あることである。

2 回除滓法による數字的關係は第 1 圖を参照せられたし。例へば装入地金中の P を 0.07% とし又此の場合の地

金量に対する鋼滓量の比を6%と假定すれば第1次酸化期の終りに於て地金中のP%は0.018%となり次で完全除滓し、更めて第2次酸化期の鋼滓比を4%とすればその末期にPが0.005%まで低下すること圖中ABCDEと順次線上を追ふことによりて求め得べし。然し實際問題として完全除滓は時間と労力とを要し且湯熱の急激なる低下を來すこと、第2次酸化期の鋼滓の熟成を迅速にする理由から8分通り出滓する方が作業上有利でこの関係は同様にABC'D'E'の線上を追ふことによりて知る通り最終末期のPは0.009%となる。之を在來の一回除滓法に比すれば遙かに脱磷に對し有利なることを知るべく、従つて既述の高級炭素鋼に對する装入地金中の制限P%0.05~0.06%が二回除滓法により更に引き上げられ0.08%まで實際作業上困難ではない。

ii) 酸化期を2段に區分して作業し、第1次酸化期に装入鑛石の大部分を使用すれば十分なる沸騰攪拌を実施し得べく、又後半の第2次酸化期に於ては鑛石の投入量を控へ日とすれば鋼中に過飽和されたる[FeO]が緩和され専ら湯熱の上昇と石灰の滓化に十分なる手當を行ひ得るので結局必要程度の酸化沸騰と還元期への準備の何れの操作も圓滑に且容易に實施し得る利點が指摘される。

iii) 第1次酸化期に相當多量の鑛石を使用し得る。それは酸化の初期は地金中のCも高く且装入地金中のP, Si, Mnの酸化與熱により脱炭による吸熱を補ふので温度の變化少く過度の酸化によつても地金が爐内塗材に熔着する懼がない。

iv) 第2次酸化期に於て低炭素鋼の場合、過酸化防止のためフェロマンガンを或は鐵鑛石の代りにマンガン鑛を使用すれば一回除滓法による普通法に比し有効に使用し得る。

v) 二回除滓法では第1次酸化期は低温度、第2次酸化期は高温度が有利であり、又一方鋼滓量も限定し得るが故に爐床及び内塗材の損傷も亦少くし得る筈である。

vi) 酸化期に於て脱硫がある程度行はれるが殊に二回除滓法に於て硫黄の高いとき有効にして、還元期の脱硫負擔を軽くすることが出来る。

### III. 還 元 期

還元反應の主體は脱硫及び脱酸を目標とすることは勿論其他出来る限りH<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>の溶解増量を防止すると共に地金中の夾雜微滓の鎮靜手當をなすべく、その間鋼質成分、湯熱の調整を迅速に完了せしめることが實際作業への理想

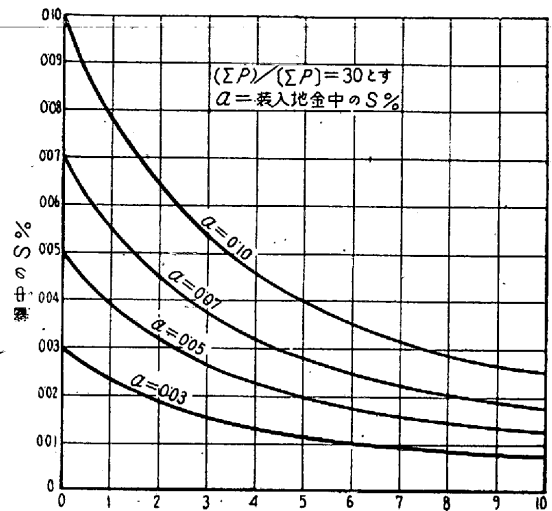
である。

還元精鍊法を代表するものがカーバイト法にしてカーバイト鋼滓の熟成によりて脱硫は極めて容易に行はれ實際作業では極度に(FeO)を低下し得るので0.01% S以下にすることは困難でない。即ち

$$(S)/(S) = K_s(CaO)/(FeO)$$

$$K_s^* = 30 \sim 50$$

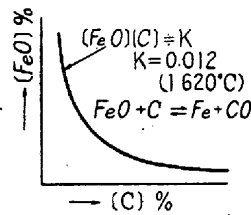
にして又鋼滓量との関係は第1圖の關係と同様の方式により求めると第4圖に示す通りである。但し鋼滓成分% SiO<sub>2</sub> 15~20, CaO 60~65,  $\sum Fe$  0.5~1.0,  $(\sum S)/(S) = 30$ の普通作業を基準とせるものである。



第4圖 脱硫と鋼滓量との關係

然るに脱酸の問題につきては同法が炭素による一つのガ

第5圖



ス擴散法にして脱酸成生物を熔鋼に生ぜしめざる有利の點があるが、第5圖[C]及び[FeO]平衡圖により明かなる如く、熔鋼中のC%に對應して脱酸し得る限度のあることを記憶せねばならぬ。即ちある

一定の温度では如何に條件がよくてもCに對する平衡値以上に還元が行はれ得ないのである。高炭素鋼ではCに平衡すべき[FeO]は極めて小なること、換言すれば熔鋼中のCそれ自體が脱酸力を發揮するので脱酸が十分行はれ易いが、低炭素鋼となるに従つて脱酸限界の[FeO]が大となりC0.20%以下に至れば著しく脱酸を困難ならしむ。

この缺點を補ふものとして、脱酸成生物は残るが強力な脱酸機能を有する珪素の如き(時にアルミニウム、チタン、カルシウム・シリサイド)強制脱酸剤を還元初期に適用する

\* 鹽基性平爐法では K<sub>s</sub> = 8~15

白色鋼滓法が利用せられる。同法は迅速脱酸にあるのみならず爐熱の低下せざることであり發熱反應<sup>3)</sup>なるが故に還元初期の鋼滓置換による爐熱の低下を補ひ、湯熱の調整及び作業操作を容易ならしめ殊に弱カーバイト鋼滓で作業する關係上地金中の C% の變化少く出鋼成分の的確を期待し得る等の利點を指摘せねばならぬ。然し一方にはこの方法の不利點の點として熔鋼の動搖少きため夾雜微滓の鎮靜に技術的注意を要すること、過度の SiO<sub>2</sub> 成生による鋼滓の崩れ易き缺點が擧げられる。

低炭素鋼の實例として T 級珪素鋼 (0.08% C, 4.0% Si) 精鍊法に於て、(A) 還元初期に相當多量の珪素粉を使用せるもの、(B) 少量の炭素粉のみを使用し爐内のガス還元による 2 通りの方法について各々 10 熔解以上の比較統計を

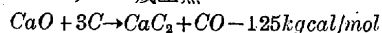
第 2 表 珪素鋼製鋼法別による比較表  
(八幡入江技師調査)

A...珪素強制脱酸法		B...擴散法		合計	
製鋼時間			1h當り製鋼重量 kg	電力消費量 kWh/t	
熔解時間 h mn	還元時間 h mn	合計 h mn			
A	3'36	1'00	212	766	
B	3'45	2'05	195	797	
還元初期造滓材料 kg/t 熔鋼			合計		
石灰	フェロシリコン	螢石	フェロシリコン	アルミニウム	フェロシリコン歩留り%
A	17.5	5.7	2.3	61	0.89
B	27.0	0	1.7	61	0.94
成品分析%					
C	Si	Mn	P	S	分塊歩留り%
A	0.07	4.21	0.15	0.020	0.010
B	0.07	4.18	0.15	0.017	0.012
鐵損 W/kg					
W10/30	分布 %				平均値
A	1.29以下	1.30-1.35	1.36-1.40	1.41-1.45	1.358
B	2	47	36	15	1.368

示すと第 2 表の通りである。(A) 法は (B) 法より優り即ち還元期 1h を短縮し毎當りの電力 31 kWh 少く、又成品

<sup>3)</sup> 八幡 雀部技師の計算

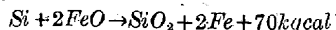
i) 炭化カルシウムの成生熱



カーバイト鋼滓は鋼 1t に對し 60kg 作る。鋼滓には CaC<sub>2</sub> が 5% 生じたるものとすれば 3kg の CaC<sub>2</sub> の成生に相當する。即ち CaC<sub>2</sub> 3kg では 5,850 kcal

1t 鋼を 1°C 上昇に要する熱量を 167 kcal とすれば、  
5,850 + 167 = 35°C 降下

ii) 珪素の酸化熱



3kg Si に對し +7,500 kcal

鋼 1t 當りに 3kg Si を加へるとすれば  
7,500 + 167 = 45°C 上昇

の電気試験に於て不同少く凡ての點に於て良成績を示せり。

斯く考へ來るとき電爐製鋼の還元法として

高炭素鋼——カーバイト法

低 " ——白色鋼滓法

を絶體有利とすること何人も論議の餘地を認めざる所であるが、こゝに問題となるのが 0.15~0.30% C 範圍の所謂軟鋼質級の場合であらう。從來普通カーバイト法が専ら採用されてゐるが、これにある程度の白色鋼滓法を併用しこれを弱カーバイト法と假稱すれば兩法の缺點を救済し得べく

第 3 表 クロムモリブデン鋼の普通カーバイト

法と弱カーバイト法との比較成績

A...カーバイト法 B...弱カーバイト法 (8t 爐)

酸化期 C%		還元初期				
熔落	末期	脱硫劑	強制脱酸劑 kg			
A	0.39	0.11	CaO 250 CaF <sub>2</sub> 40	コークス	25	
B	0.32	0.11	CaO 180 CaF <sub>2</sub> 26	コークス フェロシリコン アルミニウム少量	15 10	
製鋼時間		出鋼温度 °C	鑄入温度 °C	電力消費 kWh/t		
酸化 mn	還元 h mn	合計 h mn				
A	54	2 03	2 57	1635	1530	
B	57	1 59	2 55	1638	1530	
化學成分 %						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
A	0.30	0.24	0.48	0.013	0.013	0.95
B	0.29	0.25	0.51	0.015	0.011	1.03
機械試験 kg, %						
成品断面		降伏點	力 伸	絞	ブリネル	シャルピー
A	mm mm	77.7	88.7 23.8	69.4	263	20.7
B	150~200φ	79.9	88.3 25.1	65.4	265	22.0

今後の研究課題であらうと考へる。0.30% C, Cr-Mo 強靱鋼について最近比較研究せる各 10 熔解宛の平均成績を示すと第 3 表の通りである。壓延歩留り、合格率共に殆ど兩者差無きも弱カーバイト法が電力消費量少く、操業幾分容易である。

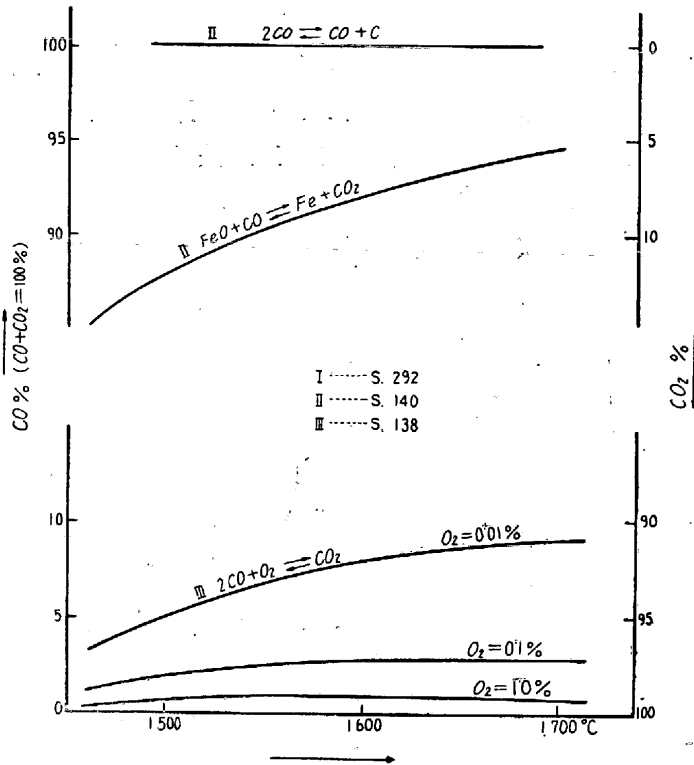
弱カーバイト法の製鋼要領を附記すれば

i) この方法の重點は還元初期の脱硫熔劑に混入すべき強制脱酸劑の配合にして熔鋼が 8 分通り鎮靜される程度を可とす。

ii) 精鍊期間中は爐内ガス圈をして充分還元保持しながら途中のフェロシリコン粉の撒布を行ふべきことである。

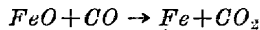
次に爐内ガス雰圍氣の狀態が還元の進行に對し重要密接なる關係がある。爐體に間隙あれば單に熱の損失となるのみならず還元反應を著しく阻止する。それは鋼滓中に無數

に浮遊する鐵粒が少量の  $O_2$  或は  $CO_2$  の存在によりても容易に酸化鐵となり、又還元補助劑として珪素鐵粉を使用するも無益に消耗せられ反つて鹽基度を低下し鋼滓の調整を不良ならしむ。従つて還元期に於ては還元法の如何を問はずガス雰囲気力をめて還元性にすることが絶對必要である。第6圖はこの關係を示す平衡圖にして H. Schenck の



第 6 圖 CO ガスによる反應平衡圖  
H. Schenck; Physikalische Chemie der  
Eisenhüttenprozesse Band I

文獻により一部計算して求めたものである。I 式より明かなる如く



の反應を進めるためには少くとも 93% 以上の CO ( $CO + CO_2 = 100\%$  1630°C) を必要とすべく、これ以下では還元不能なることを知るべく、又 II 式は鋼滓中に少量の遊離炭素があれば殆ど全部の  $CO_2$  は CO となるべく、又 III 式に示す通り少量の空氣が存在すれば CO の大部分が  $CO_2$  となり爐内狀況が著しく酸化性となることを知るべく、従つて還元状態を持続せんとすれば爐内完全密閉に加へて常に少量の炭素粉の存在を必要とすべし。實際爐況乃至鋼滓の狀態とガス分析の結果と對照して見ると良好なる場合常に  $CO_2$  1% 以下、CO 50% 前後を含有し、カーバイト強き程 CO の含量を増加しこれに反し爐況不良なる場合は概ね  $CO_2$  の含量を増し CO は低下する。爐内ガス成分は

爐況判斷の尺度であり、爐内より噴出するガスの多少、火焰等少しく注意すれば爐況を容易に觀測し得べし。

尙爐内ガス分析の實例を示せば第4表の如くである。

第 4 表 爐内ガス分析表 (體積%)

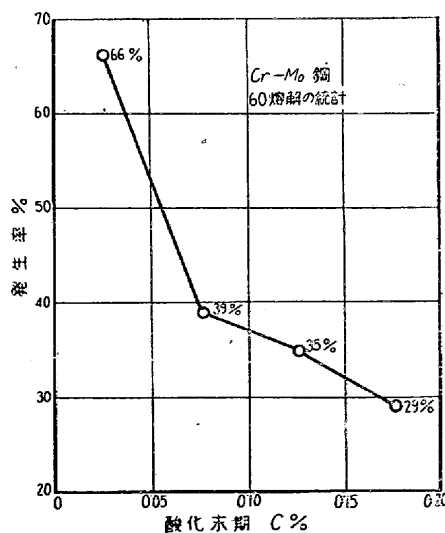
	$CO_2$	$O_2$	CO	$H_2$	$CH_4$	$N_2$
電爐、酸化期	5~10	1~10	2~15	0~0.5	0~2	60~80
同上、還元期	0~2	0~1	40~70	0~5	0~5	30~60
鹽基性平爐	8~10	4~8	2~5	0	0	75~85

作業實例に就きては第 14 圖参照せられたし。

さて高級鋼では夾雜微滓が常に問題となる。これに就ては今日各方面より研究されつゝあるが精鍊の實績と對照し主要原因を探索すると次の諸問題が擧げられる。

i) 酸化及び還元時間の延長である。如何に爐床及び耐火材が堅固でも長時間高温度に曝されては熔蝕著しかるべくこの不良なる條件では微滓の少き良質の鋼を望むことは不可能である。微滓問題に關聯して先づ第一に解決せねばならぬことを主張する。合理化せる作業方式の下に分析、測熱、計器の完備と相俟ちて成分及び湯熱の調整を迅速にすることが必要である。酸化時間は 1h、還元時間は 2h を限度とするやうである。

ii) 酸化末期の C% を必要限度以下に低下せしめざること。殊に C 0.08% 以下に低下する必要があるときには過酸化の點に留意すべきである。鋼材断面に不純夾雜物の環狀形に密集し所謂リングゴーストの生ずる事あり、Cr-Mo 鋼につき經驗せる實例を第7圖に示せり。酸化末期の



第 7 圖 リングゴースト及砂疵發生率

C% 低下する程不良率は増加する。

iii) 還元期に於ける微滓の鎮靜關係である。カーバイト法では湯の動搖あり、微滓の浮揚につきても比較的有利なるが白色鋼滓法の如き或は既述の弱カーバイト法の場合には湯の動搖少く、且還元初期に相當多量の脱酸生成物が發生するので適度の攪拌を與へねばならぬ。又出鋼直前に多量の酸化し易き合金劑の加入はなるべく禁物である。

iv) 出鋼より鑄造までの間に案外多量の微滓の増加の

問題がある。鑄造の本則として爐内にある状態からその儘の状態で鑄型に移さるべき概念である。出鋼の際鋼滓が微粒となりて地金中に捲き込まれるので湯が出て然る後鋼滓が出るやうに工夫を要すること勿論、鋼滓中の  $FeO$  の少きこと、鋼滓が幾分硬目であること、又取鍋の十分なる乾燥等が注意すべき問題である。

以上鋼中に夾雜微滓の發生する數多の機會が考へられ、今日尙未解決の問題が多いが少くとも微滓の増加する時期乃至出來得れば原因をも推知すべき一つの便法として汲湯試料に対する檢鏡検査<sup>4)</sup>を推奨する。第8圖及び第9圖は0.50% C, 2.0% Si のバネ鋼につき夫々カーバイト法及び弱カーバイト法を以て比較研究せる當時の實例である。普通

4) 汲湯鋼塊は立型 54mm×54mm の断面寸法を有し、これを 17mm×17mm に鍛造し 850°C 水冷し、その中央縦断面に就き測定す。介在物値の算定法は八幡製鐵所森寺技師の方案による。

介在物値 = 比分布 × 比厚

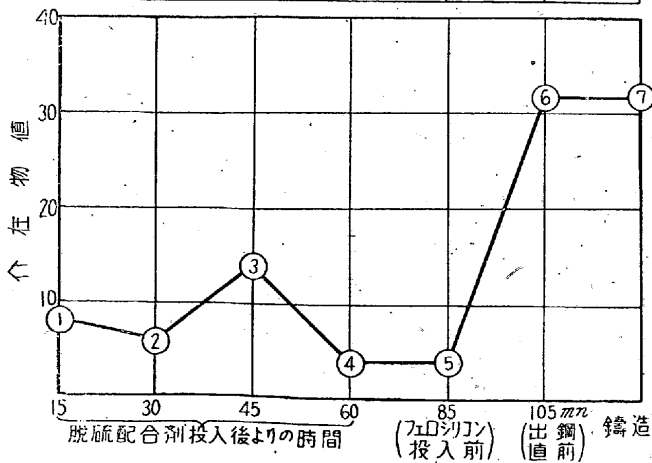
比分布 =  $2^{N-1} N$  は介在物番號

比厚 =  $M^2/9 M$  は介在物の厚さ

製鋼番號	化 学 成 分 %				
	C	Si	Mn	P	S
E36434	0.51	2.00	0.73	0.019	0.006

製鋼法. 3 廻炉. カーバイト法. 酸化末期 C 0.31%  
Mn 0.11%, 脱硫配合后灰 100, 螢石 20, 外にアルミニウム 0.5  
シリコン 20, 炭素粉 13 とす. 鋼滓カーバイト. 還元末期黄白色. 炉況順調なり. (重量 %g).

試料番號	介在物番號		厚さ $\mu$		介在物値	判 定
	A	B	A	B		
①	0	2	0	6	8	甲
②	0	2	0	5	6	甲
③	0	4	0	4	14	乙
④	0	3	0	3	4	甲
⑤	0	1	0	6	4	甲
⑥	0	4	0	6	32	丙
⑦	0	4	0	6	32	丙



第 8 圖

カーバイト法では還元初期から概して微滓少くこの状態がフェロシリコン投入前まで続き、弱カーバイト法では初期多く次第に減じ約 1h 経過して最低となり爾後フェロシリコン加入前まで變化なし。カーバイト法では地金中に  $FeO$  を熔解してゐるため殊に小試料では比較的微滓として現れ難きによる。フェロシリコン加入後及び鑄造時には兩法共に微滓激増せり。

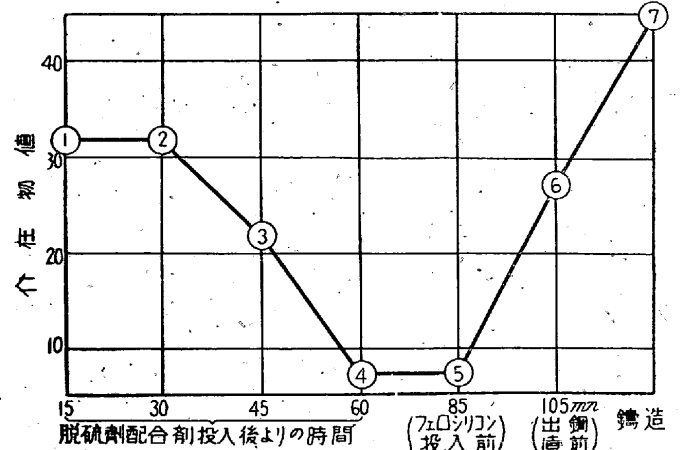
本鋼質はフェロシリコン加入量多従つて  $SiO_2$  系の微滓の増加となつたことと思はれる。第 10 圖及び第 11 圖は檢鏡寫眞である。

又第 12 圖は Cr-Mo 鋼につき弱カーバイト法の研究當初の實例にして脱酸劑配合投入してより 36min 経過 出鋼直前及び鑄造時の 3 回汲湯せる檢鏡成績にして A が普通カーバイト法, B が弱カーバイト法で前例と略相似たる経過を示せり。

製鋼番號	化 学 成 分 %				
	C	Si	Mn	P	S
E36401	0.54	2.16	0.75	0.034	0.007

製鋼法. 3 廻炉. 弱カーバイト法. 酸化末期 C 0.26%  
Mn 0.26%, 脱硫配合后灰 80, 螢石 10, フェロシリコン 25, 外に  
アルミニウム 0.5, シリコンマンガン 15, 炭素粉 11 とす  
鋼滓黄白色. 炉況順調なり. (重量 %g)

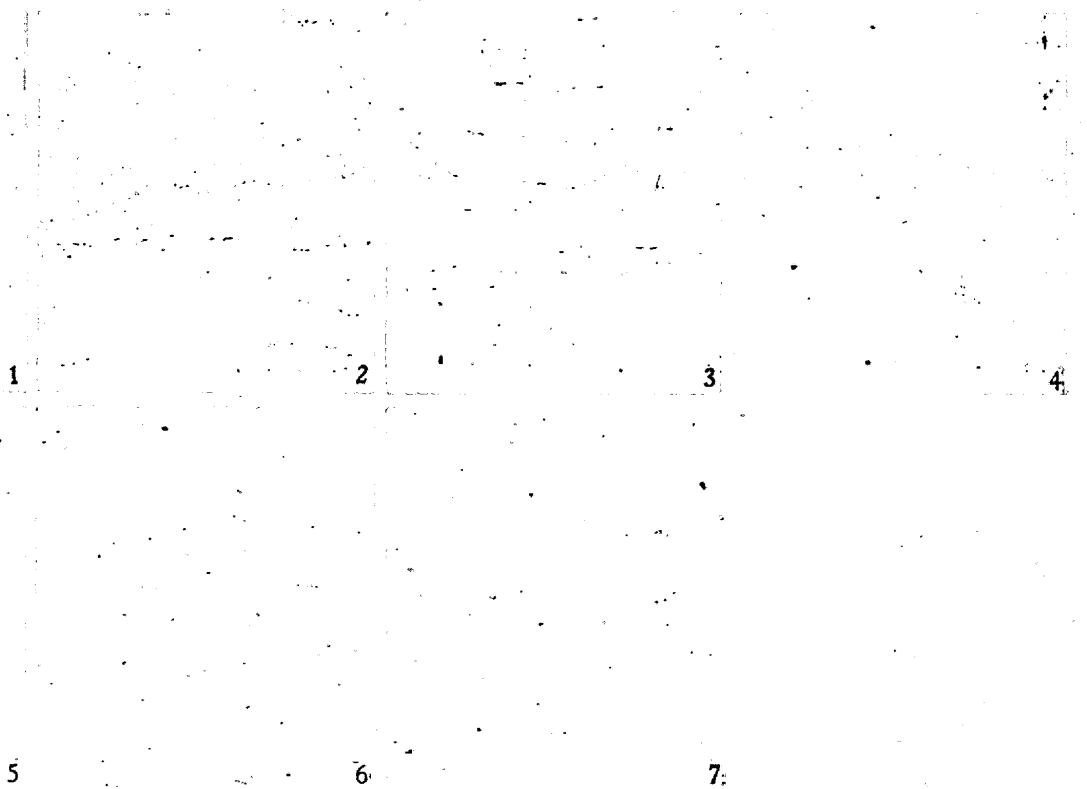
試料番號	介在物番號		厚さ $\mu$		介在物値	判 定
	A	B	A	B		
①	0	4	0	6	32	丙
②	0	4	0	6	32	丙
③	0	4	0	5	22	乙
④	0	4	0	3	7	甲
⑤	0	4	0	3	7	甲
⑥	0	4	0	6	32	丙
⑦	0	5	0	5	45	丙



第 9 圖

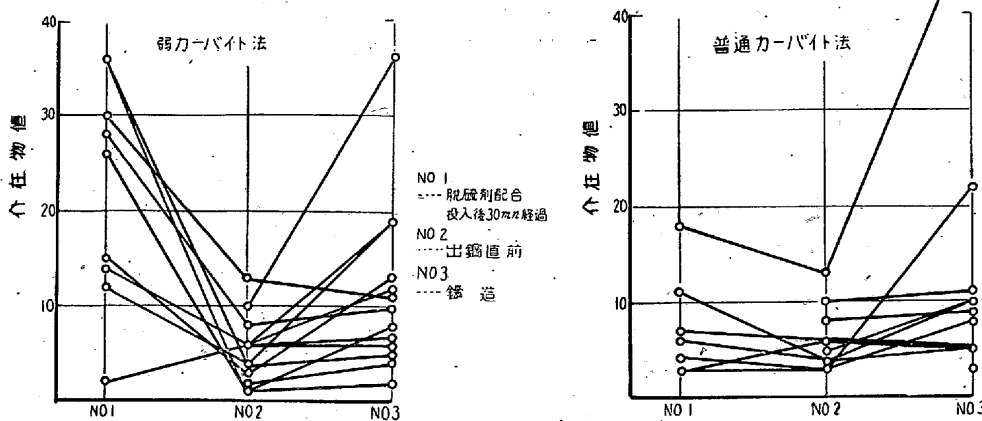


第 10 圖 SAE 9255 非金屬介在物寫眞 E 36434 カーバイト鋼滓法 × 100



第 11 圖 SAE 9255 非金屬介在物寫眞 E 36401 弱カーバイト鋼滓法 × 100





第12圖 還元期に於ける Ni-Cr 鋼の存在物状況

IV. 作業方式

精錬上の基本的要項につき抽象的ながら一通り前述せるが、更に実際作業への運用に當り原料問題、爐の設備に限定せらるゝ技術的工夫其他今日深酷に取扱はれてゐるマルテンサイト系合金鋼の白點、偏析、脱ガス等今後の研究に俟つべき幾多の課題があるも、取敢ず作業工場として第

一に考究し置くべき問題は標準作業方式の設定である。それは繰返し述べるが高級鋼が常に品質の揃つたものを要求し、又冶金的觀念の乏しき工員の急速訓練の必要に基くものである。作業方式の選定に當り痛感せられる問題は工場条件のみならず精錬中天井爐壁の熔蝕による SiO<sub>2</sub> の鋼滓への不定増加である。これは

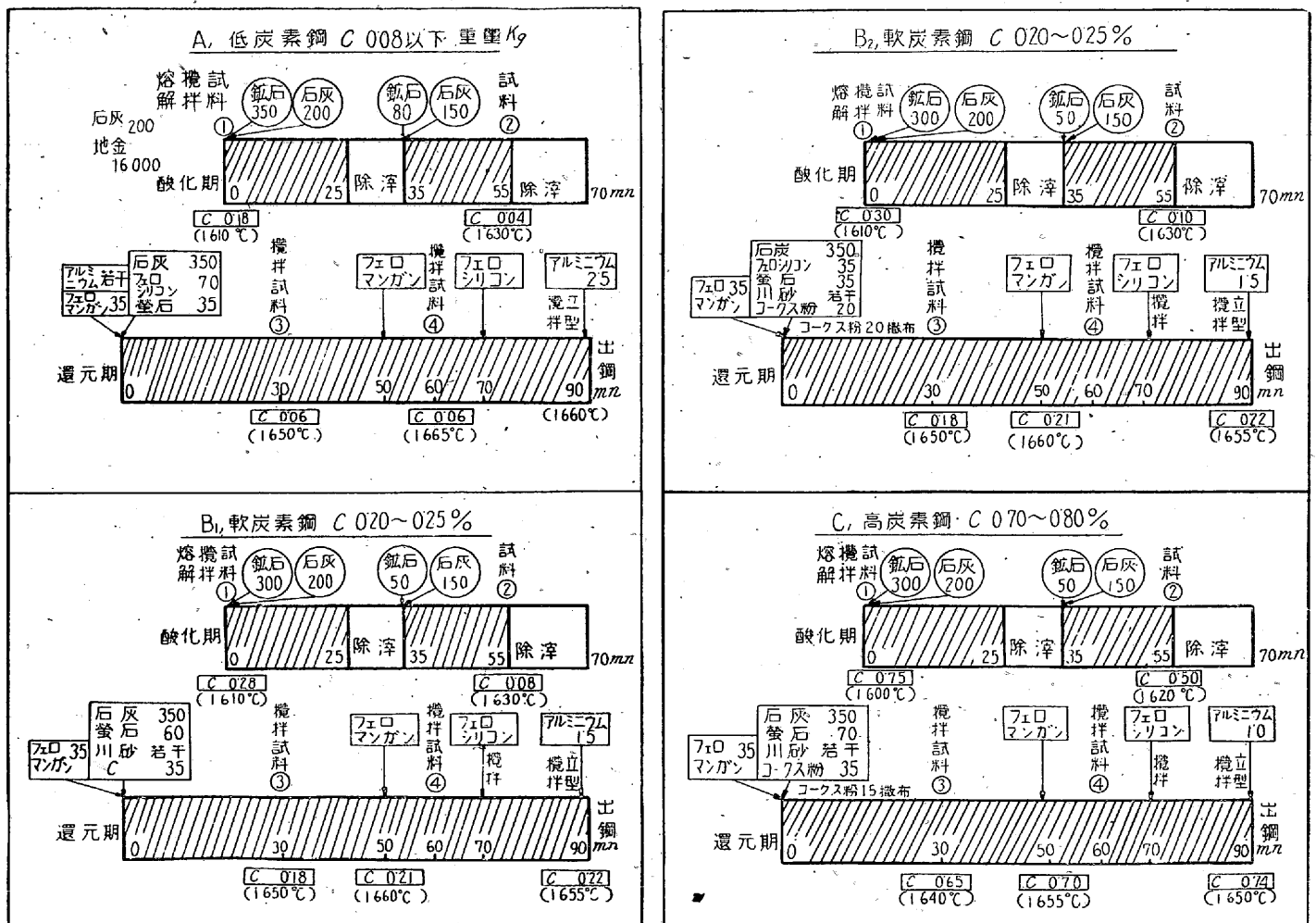
迅に爐體構造の改善により完全に防禦するか、已むを得ざれば最小限度にすべき問題でこれが解決せざれば標準方式の作業への適用は不可能である。

次に標準方式を實際作業へ適用するに當り必要にして最小限度の精錬各期に於ける問題を指摘するに次の如し。

(1) 地金中の C% の調整

第6表 15. 融平爐の標準製鋼方式 (1)

第6表 15. 融爐の標準製鋼方式 (2) (重量 kg 單位)



第 5 表

製鋼時期	C %	鋼滓成分%		
		SiO <sub>2</sub>	CaO	ΣFe
熔落期	脱炭 -0.15~0.30	20	45	8
還元初期	與炭 +0.15~0.25	15	65	1
中期		18	65	1
末期		20	60	0.5-1.0
備考	出鋼成分 A B=A+(0.05~0.10%)			

熔解法によりて多少差異あるべきも、その目標を鋼滓成分の目標と併せて表示すれば第5表の通りである。熔落期のC%は大體出鋼成分に對し0.05~0.10%多くとればよい。標準方式では同一鋼質成分に對し常に熔落期のC%が一定となる如く努力すべきでその調整は8分通り熔解せる時期に分析採取し、豫定よりC%低きときは電極突込みにより加炭するか或は銑鐵により補給すべく、又高過ぎたるときには完全熔解以前に早目に鑛石加入すれば有利である。

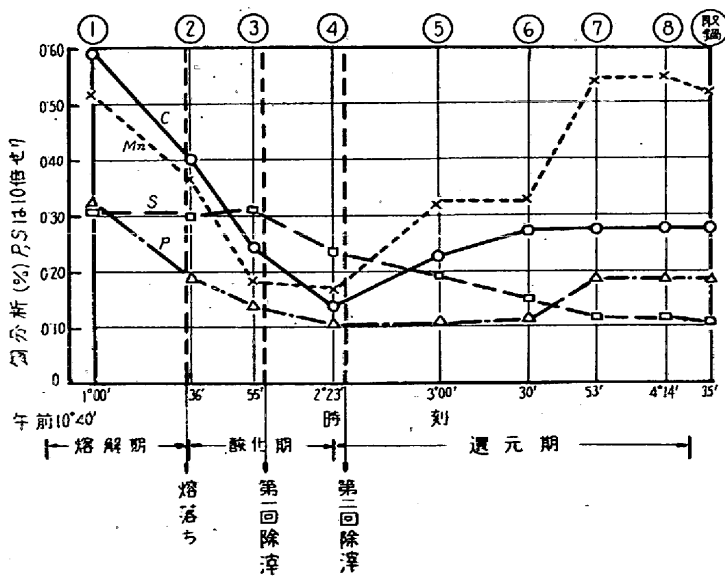
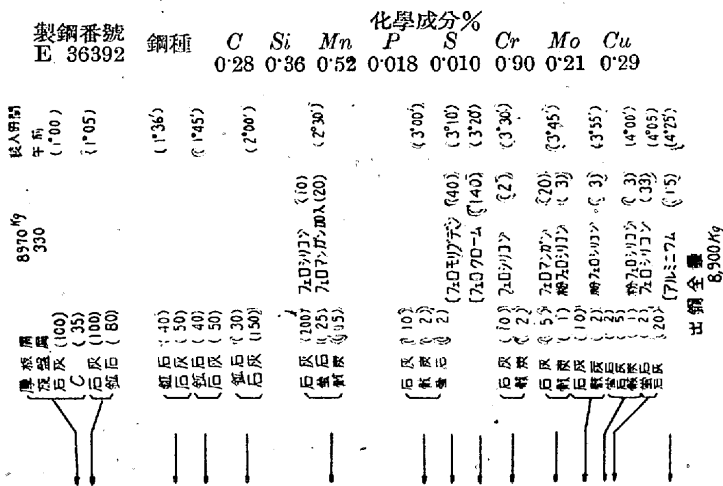
(2) 鋼滓成分及び鋼滓量

(3) 温度の調整

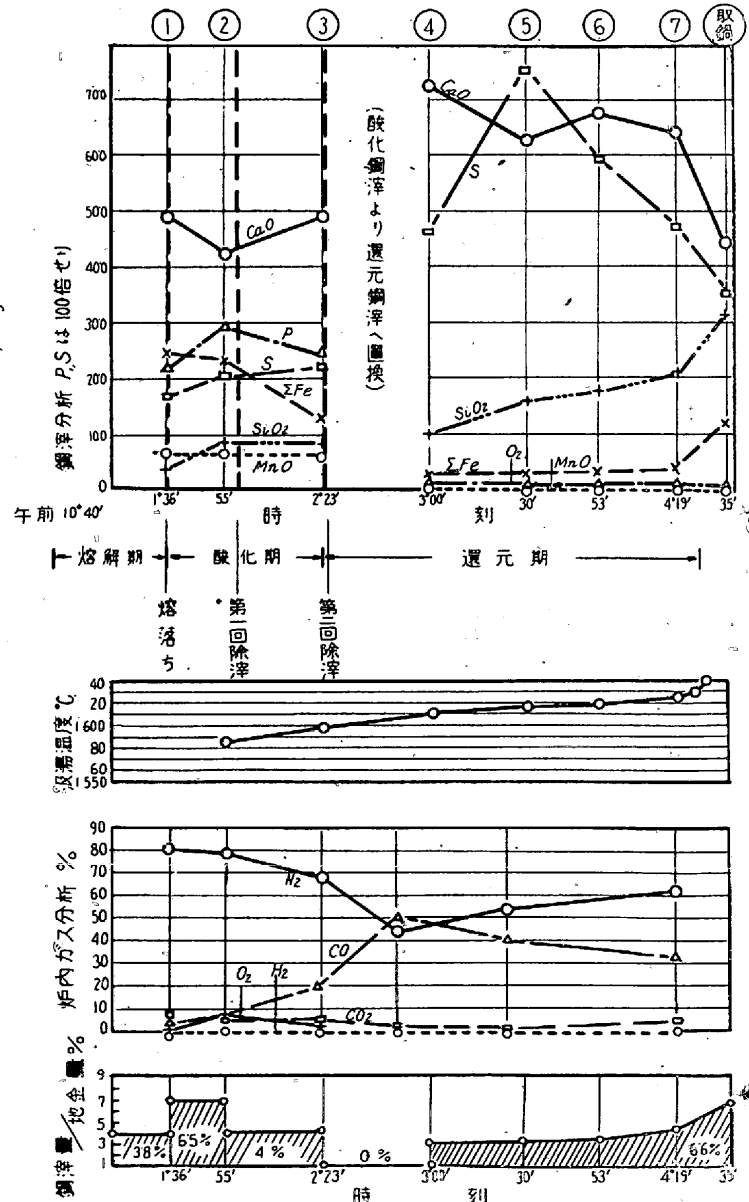
(4) 製鋼時間

製出鋼の鋼質成分に應じ熔落ちより出鋼に至る各工程に於てC%を如何に調整せらるべきであるかは熔解操作として最重要なる事項でありこれが解決すれば自ら各工程の細目に互る準備及び方針が生れる筈で鋼質の硬軟、還元期の

さて當八幡製鐵所に於て實施してゐる15 吨爐に於ける高級鋼標準作業方式について低炭素、軟炭素、高炭素鋼の3例を紹介すれば第6表の通りである。装入地金原料は普通炭素鋼屑にしてP 0.08% 以下の場合であり高炭素鋼の



第 13 圖



第 14 圖

場合には銑鐵一部配合或は加炭によつて行はれる一般普通の實例である。

終りに爐容8噸爐に於ける Cr-Mo 鋼の作業實例を附記す。作業経過の概況は第13圖及び第14圖に一括して示せり、8分通り熔解のとき試料分析せるに C%60%あり、豫定の C%0.40よりも高目なることを知つたので全熔解前に餘分に鑛石を使用せり。2回除滓法を適用し第一次酸化期の地金に對する鋼滓比は65%にして第2次酸化期に移るとき8分通り除滓せり。又第2次酸化期では少量の鑛石投入に止め専ら昇熱と第1次酸化期の過酸化の防止を計れり。酸化末期の C%は0.14にして略豫定通りなり。還元配合材には少量のフェロシリコンを加へ、又還元中期の最高カーバイドは大體1%見當とせり。還元初期鋼滓中の CaO 73%あり、螢石で調節せるが豫め配合材に少量の SiO<sub>2</sub> 質のものを加ふべきであらうと考へる。還元鋼滓の調整としてその初期は専ら C 粉及び螢石添加により行ひ後半期は珪素粉を使用せり。

## V. 結 論

鹽基性電爐製鋼法を作業上より仔細に検討すれば技術上種々の問題あるべく、殊に原料地金及び爐の型式等に就きても亦重要研究項目であるが、茲に精鍊上の問題につき一應結論を與へると次の如くである。

- 1) 製出鋼の品質的に揃つたもの且順調なる連續作業を望むためには合理化せる一定の標準作業方式を選定せねばならぬ。
- 2) 特に高温作業なることを考慮しなるべく酸化及び還元操作を迅速に處理し、爐材の熔蝕に留意して作業方式を設定すべきである。
- 3) 爐の觀測に對してはなるべく計器分析設備を動員し、一方理論の應用、判斷の適確を期し鋼を作る者自身が鋼の甲乙を直接鑑定すべく訓練せらるべきである。
- 4) 酸化精鍊に對しては2回除滓法を推奨する。還元精鍊に就きては強制脱酸劑の活用に將來性があるやうである。

## 代 用 鋼 の 吟 味

(日本鐵鋼協會第27回講演大會講演 昭・17. 4. 東京)

富 川 直 正\*

### EINIGE UNTERSUCHUNGEN UEBER NICKEL-FREIE BAUSTAEHLE

Naomasa Tomikawa

**ZUSAMMENFASSUNG:**—Bei der Abschreckung Cr- und Cr-Mo-Stähle kristallisiert der nadelartige Ferrit sich leicht heraus, so muss man, um ihnen hohe Festigkeit zu geben, verhältnismässig niedrige Anlasstemperaturen wählen. Der nadelartigen Ferrit haltende Stahl hat natürlich die niedrigere Kerbzähigkeit als der aus Martensit angelassene, aber der erstere steht doch dem letzteren an der Ermüdungsgrenze nicht nach.

Die Oelabschreckung, die nach der Raschabkühlung durch Wasser bei einem Temperaturgebiet, etwa 600°C, folgt, verhindert die Präzipitation des nadelartigen Ferrits und man erhält damit die gleiche Resultat betreffs der Abschreckungseffekt als die völlige Wasserabschreckung und ausserdem kann man die Härterissen vermeiden.

Aus den Ergebnissen, dass Cr-Mo-Stähle höhere Dauerstandfestigkeit und schwächere Brüchigkeitsanfälligkeit durch Langzeitserhitzung als Ni-freie Stähle haben, mag man schliessen, dass die erstere für die an der hohe Temperatur und hohem Druck ausgesetzte Scheibe vielmehr geeignet sind.

### 目 次

- |            |          |
|------------|----------|
| I. 緒 言     | IV. 焼戻脆性 |
| II. 質量効果   | V. 試作製車  |
| III. 疲 勞 限 | VI. 結 言  |

### I. 緒 言

昭和15年6月三菱重工業株式會社社長崎製鋼所に代用鋼

\* 三菱重工業會社社長崎製鋼所

研究委員會が設けられ、其一部に於ては造機材料、特に其當時商工省より發表された暫定代用規格鋼5種類に就き規格の検討、試作品の製作、其材質調査等を受持つた。此等鋼種に就ては其後他社に於ても同様に検討が加へられ、其研究結果は已に多數發表もあり、又規格も改良を加へられ臨時日本標準規格として制定されるに至つて居る。此處に當所委員會の研究結果を發表するに當つてもなるべく從來