

エルー式電気爐に依る低磷銑の製造

大 石 進*

MAKING OF THE LOW PHOSPHORUS PIG IRON WITH HEROULT'S ELECTRIC FURNACE

Susumu Oishi

Synopsis:

In our country, the high grade carbon steel have been made chiefly with the acidic open hearth furnace, for which the low phosphorus pig iron is needed.

Author made it with Heroult's electric furnace from the steel scraps, investigated it statistically and decided the standard operation; following results were obtained.

- (1) Cost of making is cheap, but operation is very delicate.
- (2) The problem of carbon addition must be most researched.
- (3) In taking phosphorus off, the basicity and (ΣFeO)% of the slag agree with the result of Schenk's theory; basicity is 1.5~2.0, (ΣFeO)% is 20~30% and operation temperature is 1300~1450°C
- (4) Sulphur matters little.

I. 緒 言

従来我が國では、高級炭素鋼は酸性平爐にて製造され、鹼基性平爐で造るまで技術の進歩を見ていない。従つてこれに必要な鑛石及び低磷銑の供給が不十分な爲、當秋田製鋼では昭和 22 年 9 月より、屑鐵よりエルー式電気爐に依る低磷銑の製造を始めた。未だ解決されない問題も多くあるが、過去一年間の実績をまとめてみた。低磷銑の製造を製造方式と原料別に依り分類すると、次の様になる。

鑛石法	{	單爐法	(i)
		二重爐法	(ii)
屑鐵法	{	單爐法	(iii)
		二重爐法	(iv)

(i) 法は現在迄一般的に行はれていた方法で、低磷の鑛石を良質の還元剤を使用し、高爐又は電気爐を用いて熔解する。電気爐を用いる方法は現在電気銑メーカーでも數社製造している。

(ii) 法は低磷な良質の鑛石の供給が不十分な爲、普通銑を高爐又は電気爐にて製造して、別の爐で熔銑或は冷銑から除磷する方法で、兼二浦^りでは高爐の熔銑を特別に製作した爐で除磷した。又、日鐵富士で普通冷銑を平爐で除磷した例^りもある。

(iii) 法は比較的良質の鉛屑を原料として、銑鐵を製造し、同一爐で熔滓を變え除磷を行ふ方法で、一般的に

エルー式の密閉電気爐を使用して製造しようとするもので當社の他に電気銑メーカーでも二、三行つてゐる。

(iv) 法は良質の鑛石の供給が不十分な爲、開放式電気爐で普通銑を製造し、別の密閉式電気爐で除磷を行う方法で、日曹を始め電気銑メーカーで一般的に行はれてゐる。

この際の除磷滓は澤村博士^りが Schenk の理論を演繹し、又融點を調べて、その成分範圍を決定している。併し屑鐵法の一般的な缺點として、不純物の銅の問題があり、これが爲、屑鐵の吟味が非常に問題となつてゐる。

この報告は以上の分類の (iii) 法にて、約 800 回にわたる現場のデータを取纏めたものである。

II. 標準操業法の決定

使用した爐は 2 トンのエルー式密閉電気爐で、操業法は第 1 表の如くである。

脱硫加炭期を除磷期の前に行い、その際の復磷の機會をなくする方法が適切であると考えられるが、實際操業に於て密閉爐は開放爐と違つて吸炭を充分に行はせることが困難で、結局除磷後再び加炭の必要が生ずるので、この様な方法をとつた。これは開放爐では、高爐と或る程度機構的に似て居り、熔湯がコークス及びカーバイト滓中を適下し、反應が立體的に行われるのに比し、密閉爐

* 秋田製鋼株式會社

では平面的にのみ熔滓と接觸する爲であると思われる。

又、熔解期に吸炭させた C は、除磷期に於てどうしても一部脱炭するので、熔解期にコークスを投入せずに熔銅として除磷し、除磷期の際の脱炭の無駄を除く事も考えたが、その際には銅であるから温度が高くなり、耐火爐材の吟味を必要とし、結局、経済的に見て損である。併し、爐材の吟味を必要としない工場ではこの方法を採用し製造して居る所もある。

第1表 標準作業

期区分	作業内容		作業	kg
	時間	電力度 (温度)		
熔解期	2.5~	130V	初期投入 (追加投入) 全部熔解 完全除滓	屑 鐵 2,000 コークス 200 石灰石 100
	3.5 hrs	3000~ 4000A		
除磷期	1.0~	75V	投 滓 除 滓 追加投滓 完全除滓	鑛石 130 石灰石 100 螢石 25
	1.5 hrs	2000A (1300~ 1400°C)		
加炭脱硫期	1.5~ 2.0 hrs	100V 3000A (1450~ 1550°C)	投 滓 除炭除滓 投 滓 差物投入 除 滓 出	コークス 50 燒石灰石 25 螢石 10
				コークス 50 燒石灰石 25 螢石 25 Fe-Mn 25 Fe-Si 50

III. 熔 解 期

(1) 熔解期に於ける熔解時間と熔解電力

熔解期に於ける熔解時間と熔解電力は、装入物の種類及び形状等によつて左右されることは勿論、爐の状況即ち爐の冷却状態及び爐の侵蝕状態等に左右されるが、現場の實際操業の 760 回のデータを統計的に扱ひ、装入物の種類及形状の影響を調べ、又熔解時間と熔解電力との関係を調べた。

(i) 熔解電力と装入物の関係

装入物の種類及び形状を次の様に 3 区分した。

(A) 銅屑として形状が大部分 1 個 8 坩程度の一定し

た砲彈屑 2,000kg に、コークス 150~200kg 投入して熔解した場合。

(B) (A) に更に石灰石を約 100kg 入れた場合。

(C) (B) と同じ装入物量であるが、銅屑の形状が非常に悪く、銅板屑や條銅屑の様なもの、追加装入を數回行はねばならなかつた場合。

以上の区分に於ける熔落迄の熔解電力の頻度曲線を表わしたものが第 1 圖で、頻度曲線の最高點は、(A) の場合 1300~1399 KWH で、(B) の場合は 1600~1699 KWH で、石灰石 100kg 装入のため、熔解電力が 300 KWH 増加したことになる。(C) の場合は 1600~1699 KWH の所と 2000~2099 KWH との 2 個所に最大點があるが、前者は (B) の場合と一致する所から、銅屑の形状を悪い場合と假定したが、實際はよかつたことを意味し、後者は實際悪いがために熔解電力が増加したのである。それに原因する電力増加は 400 KWH である。この 400 KWH の電力が、即ち爐材の侵蝕及び放熱となり、それが爲め、修理爐材の消費量が多くなつてゐる。爐材の種類によつて異なるが、毎回の爐修材料が 100kg (50kg/ton) 程度のもので、200kg (100kg/ton) 程度に増加している。

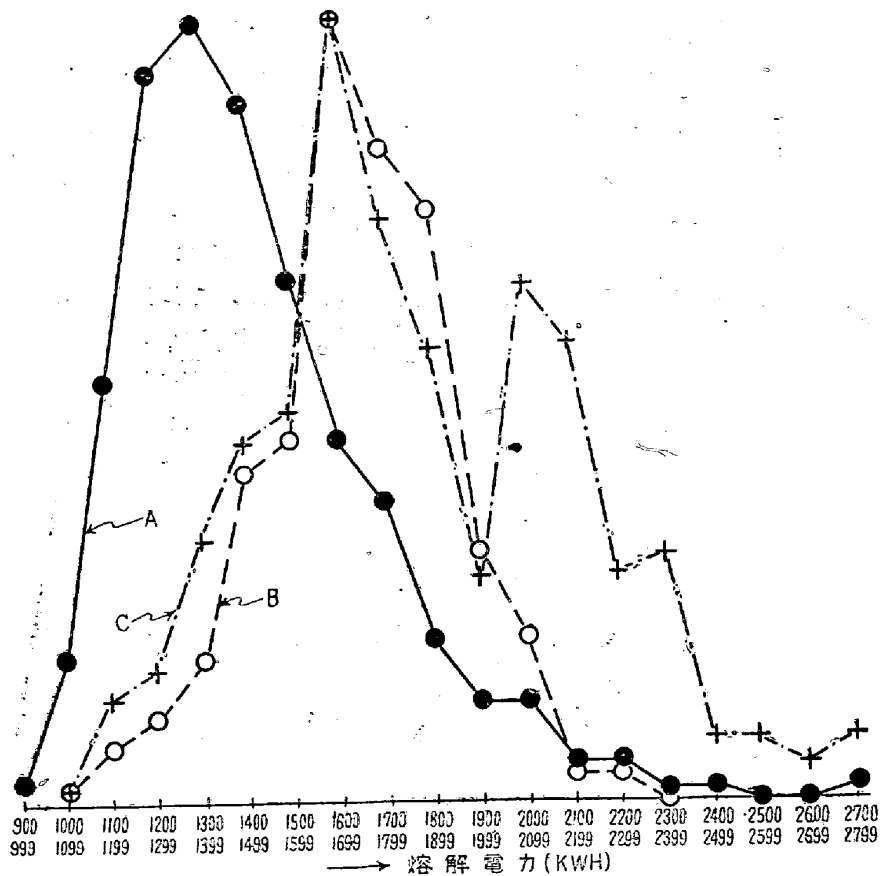
(ii) 熔解時間と熔解電力の関係

熔解時間を短縮することは、生産能率上非常に大切である。これは又放熱の減少、熔解電力の節減及爐材の節約にも重要である。それで熔解時間と熔解電力との関係を調べてみた。それが第 2 表である。760 回のデータよりして、2.0~2.5hrs の場合が最も多く 274 回であるが、このデータは銅屑の形状の比較的によい場合が 450 回位あるので、一般的とは云い難く、普通は 2.5~3.5hrs の範囲内で熔解電力は 1400~1800 KWH (700~900KWH/ton) が一般的なものと考える。

又第 2 表より統計的に熔解電力と熔解時間の関係を調べると、2 時間以内に熔解するためには、電力を 650 kw (325kw/ton) 以上を必要とし、2 時間半以内では 600kw(300kw/ton) 以上、3 時間以内では 567kw (283 kw/ton) 以上、3 時間半以内では 543kw (272kw/ton) 以上、4 時間以内では 523kw (261kw/ton) 以上で、400kw (200kw/ton) の電力では、非常に長時間を要することになる。故に變壓器の容量を考え合せて、無理のゆかない程度の最大電力を用いた方がよいことになるが、スタートした時は、電弧が不安定でメーターが振れるし又電弧が爐底をつき、爐底を掘る恐れがあるから、吟味を要する。併し後述するが熔解時間は、熔落 C% 及び初期装入のコークスの歩留りに影響するので、その方面

第2表 熔解電力と熔解時間の関係

熔解電力(KWH)	2°00' 以 内	2°00'~ 2°30'	2°30'~ 3°00'	3°00'~ 3°30'	3°30'~ 4°00'	4°00'~ 5°00'	5°00' 以 上	計
900~ 999	3							3
1000~1099	12	2	1					15
1100~1199	27	18	4	2				51
1200~1299	50	29	5	0				84
1300~1399	33	51	8	5				97
1400~1499	23	58	22	2	2	1	1	109
1500~1599	5	45	23	4	4	1	0	82
1600~1699	2	38	35	11	3	3	0	92
1700~1799	2	22	28	11	5	3	1	72
1800~1899	1	9	20	15	2	5	0	52
1900~1999		1	9	10	3	1	3	27
2000~2099		0	6	9	9	7	2	33
2100~2199		1	2	2	2	8	0	15
2200~2299			2		1	6	2	11
2300~2399					1	3	4	8
2400~2499						1	2	3
2500~2599						1	1	2
2600~2699						1		1
2700~2799						3		3
計	158	274	165	71	32	44	16	760



第1圖 熔解電力の頻度曲線

から制約を受ける。

(2) 熔落時の各成分

(i) C%

銅屑 2,000kg に対して装入コークス量を 200kg とし

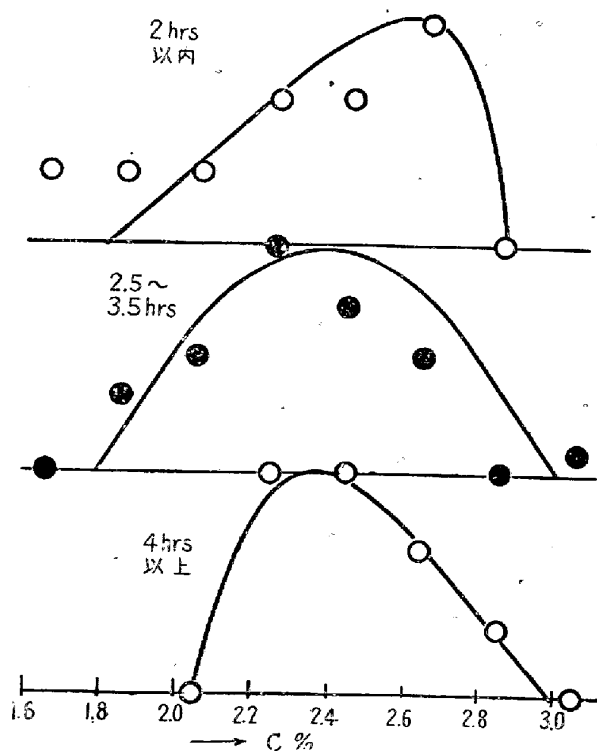
て、コークスのみにて加炭した場合、及び脱硫の意味にて、石灰石を 100kg 装入した場合の2つの場合の統計を調べてみると、前者が 2.2~2.3% C、後者が 2.4~2.5% C に、頻度曲線の最大を示している。後者の場合

が吸炭率が良いことは、鹽基度の高い熔滓の方が吸炭率の良いという開放爐の場合と一致する。コークスは比較的悪いものを使用したので、その固定 C% を平均 60%、装入鋼屑の C% を 0.3% と假定すると、コークスの吸炭率は、前者が 36~38%、後者が 40~41% 程度となる。

熔落 C% を高くする爲、300~400kg 程度のコークスを使用した場合、2.7~2.8% C 程度迄は吸炭させ得るが、使用電力及び吸炭率から見て、経済的には 200kg (100kg/ton) 程度が最適である。

装入方法は爐底に石灰石の一部を敷き、残りの石灰石とコークスを混合して、装入鋼屑と層或は一面に散布し装入方法を吟味することにより 0.2~0.5% 程度熔落 C% を高め得る。これは前述した如く、幾らかでも吸炭を立體的にすることである。0.2~0.5% 程度が装入方法を吟味することによる吸炭増加の限度と考えられる。

熔解時間の吸炭に及ぼす影響は第 2 圖の如く頻度曲線の極大範圍は 2.2~2.6% C 附近になつてゐるが、2 時間以内の如く熔解時間が短い場合は、頻度曲線の山が C% の高い方に片寄り、4 時間以上の遅い場合は C% の低い方に片寄る。これは装入コークスが熔解時間が短か過ぎる場合には、吸炭率即ちコークスの歩留りが低い可能性が強く、熔解時間が長い場合は高い可能性が強いことを意味する。以上のことゝ生産能率とをかみ合せて



第 2 圖 各熔解時間に於ける熔落 C% の頻度曲線

2 時間半乃至 3 時間半程度の熔解時間が適當で、それ爲には 600KW 程度の電力が適當である。

(ii) 其の他の成分

C 以外の他の成分は装入鋼屑に支配される。

S% は比較的良質の鋼屑を用いた關係上、鹽基性の熔滓を作ると、平均 0.035% で、0.020~0.045% の範圍にあり、後述の脱硫期にて満足され得る程度に脱硫されている。

Si% は装入材料のそれに比べて大した増加なく、0.25~0.70% の範圍である。開放爐では Si% が高くなり過ぎる問題があり、熔滓の鹽基度の吟味が必要であるが、密閉爐にては熔滓の珪砂分が還元されることによる熔湯中の Si% の増加が少いことから考えて、熔解機構が開放爐と非常に異なるものであることがこれからも想像される。

P% も比較的良質の鋼屑を用いている關係上 0.030~0.075% の範圍である。

Mn% は 0.50~0.80% の範圍である。

IV. 除磷期

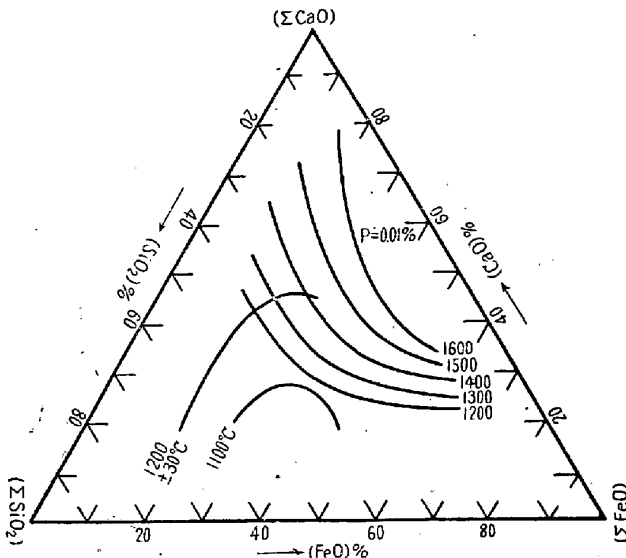
(1) Schenk の理論の演繹

熔落ちた熔湯を除磷するため、除磷滓の成分及温度の及ぼす影響を調べた。先に澤村博士²⁾が Schenk の理論を 1200~1200°C に演繹したのがあるが、著者は 1600°C 迄計算した。それを第 3 圖に示した。即ち (a) 圖は 0.01% P₀ の平衡圖で、(b) 圖は 0.03% P の平衡圖である。これにより温度は低い程良く、熔滓の鹽基度は高い程、又 (ΣFeO)% は 60% 程度までは高い程良いことになるが、熔滓の融點に制肘され、適當範圍が決められる。

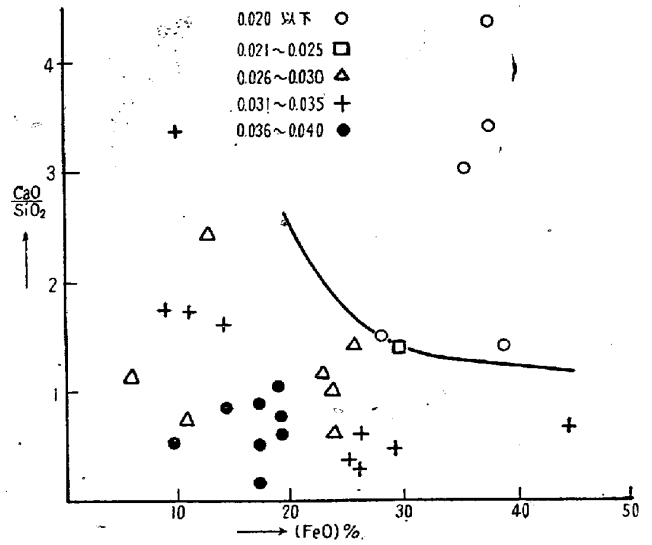
(2) 現場のデータ

(i) 脱磷及脱磷率と脱炭率

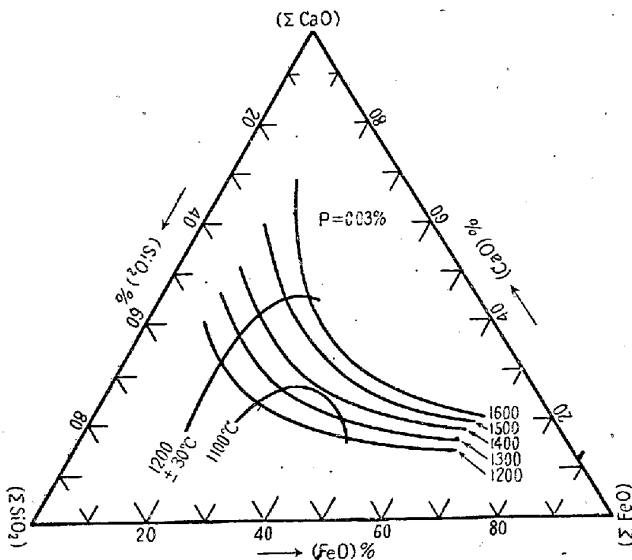
以上の計算値から、熔滓の成分を (ΣFeO) は 20% 以上、(ΣSiO_2) は 20% 以下、(ΣCaO) は 30~40% の範圍を目標にして、實際操作を行つた結果が第 3 表である。最適の範圍が計算のそれと非常によく一致する。第 3 表には温度のデータがなく、又その他のデータも系統的とは云えないが、熔滓の鹽基度と (ΣFeO)% に非常に影響されることがわかるから、兩者の及ぼす影響を圖示したものが第 4 圖である。温度は實際操作にては 1350°C~1450°C の範圍である。圖によると鹽基度の高い程、又 (ΣFeO)% の高い程良いことは Schenk の理論の演繹に非常によく一致するが、鹽基度が高過ぎると、熔滓の融點が高くなり硬い滓となり、反應速度が遅く、



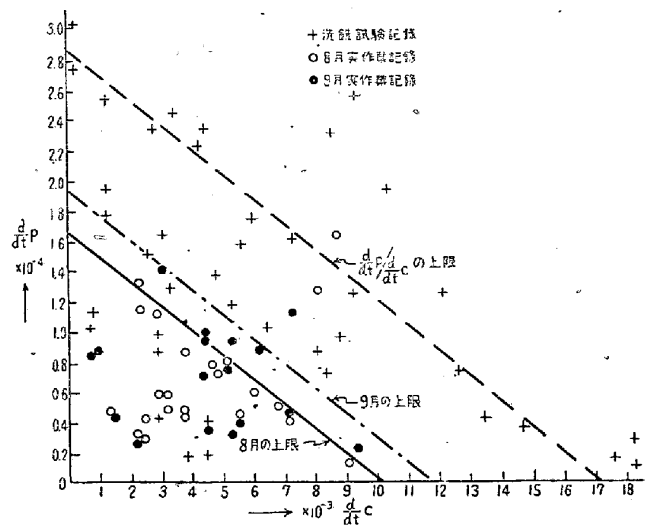
第3圖(a) 0.01% P の平衡圖及熔滓の融點



第4圖 除磷滓の $\frac{CaO}{SiO_2}$ 及 $(FeO)\%$ の影響



第3圖(b) 0.03% P の平衡圖及熔滓の融點



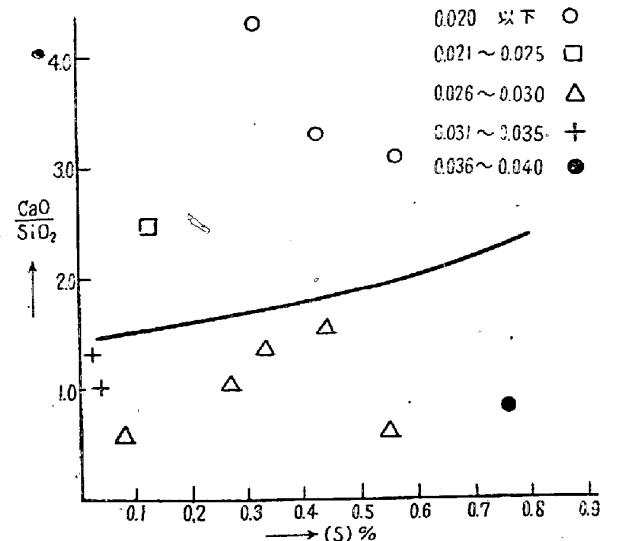
第5圖 脱磷速度と脱炭速度の相關々係(青木孝正)

温度を高くせざるを得なくなる。併し、温度を上げると P の平衡値が高くなるし、又脱炭速度は温度と共に上昇するので、高温操作は、炭素の逃げる率が多くなる。即ち温度に左右されて脱磷率と脱炭率とは逆比例の関係になる。この事は青木氏⁴⁾が実験的に裏付けしている。それを第5圖に示した。即ちこれを著者は、主として温度に影響されて脱磷率と脱炭率は逆例し、温度が高いと脱炭率が大となり、又逆比例直線の平行移動は、主として熔滓の成分に影響されると説明する。

除磷の問題で、0.03%P 程度迄の除磷は、非常に技術的に容易であるが、それ以下に迄除磷するには、熔滓の成分調整及び温度に非常な熟練を要するものである。

(ii) 脱硫及びその他の成分

熔解期に於て還元鹽基性の熔滓を造り脱硫して居るの



第6圖 除磷滓の $\frac{CaO}{SiO_2}$ 及 $(S)\%$ と $[S]\%$ の關係

第3表 除燐期に於ける

試番 驗號	造 滓 材 料			滓量 (kg)	滓 の 成 分 (%)					CaO/ SiO ₂	時間 (分)	C の 變 化 (%)		
	鑛石	石灰石	螢石		FeO	CaO	SiO ₂	P	S			前	後	差
1	60	180	40	190	9.88	56.60	16.93	—	—	3.34	67	2.72	2.54	0.17
2	60	120	40	160	8.14	45.08	26.34	—	—	1.73	35	2.29	2.14	0.15
3	100	0	20	120	25.41	14.84	44.35	0.016	0.032	0.32	60	2.81	2.55	0.26
4	100	0	20	120	25.12	13.16	39.90	0.010	0.003	0.33	58	2.38	2.35	0.03
5	100	0	20	120	16.75	8.96	50.82	—	0.017	0.18	65	3.31	3.23	0.08
6	150	40	0	170	29.46	16.86	30.64	—	0.002	0.46	—	2.19	2.03	0.16
7	120	60	0	150	25.29	33.78	23.25	—	0.035	1.43	41	2.38	2.00	0.38
8	120	50	0	145	10.25	26.90	34.54	—	—	0.77	60	2.88	2.66	0.22
9	120	50	20	165	12.46	54.04	22.05	—	0.122	2.45	60	2.26	1.86	0.40
10	150	60	20	200	16.90	16.60	31.65	(P ₂ O ₅) 0.037	—	0.53	40	2.23	2.13	0.10
11	140	120	30	230	13.70	38.40	24.40	(P ₂ O ₅) 0.398	—	1.58	44	2.18	2.03	0.15
12	140	120	30	230	10.10	37.10	21.70	(P ₂ O ₅) 0.554	—	1.72	60	1.94	1.80	0.14
13	140	120	30	230	5.39	36.40	31.45	(P ₂ O ₅) 0.072	—	1.16	36	2.34	2.02	0.32
14	140	120	30	230	22.60	28.80	24.80	(P ₂ O ₅) 0.160	—	1.16	35	2.79	2.64	0.15
15	140	120	30	230	9.02	18.99	35.35	(P ₂ O ₅) 0.037	—	0.54	42	3.28	2.73	0.55
16	140	120	30	230	16.95	23.72	27.15	(P ₂ O ₅) 0.165	—	0.88	33	>2.50	2.46	>0.04
17	140	120	30	230	18.97	21.39	28.15	(P ₂ O ₅) 0.151	—	0.76	43	>2.97	2.93	>0.04
18	140	120	30	230	44.18	14.21	20.55	(P ₂ O ₅) 0.228	—	0.69	35	2.70	2.42	0.28
19	140	120	30	230	18.78	17.44	28.70	—	—	0.61	37	2.37	<2.37	>0.00
20	140	100	30	220	19.13	29.29	27.58	0.332	0.041	1.06	42	2.57	2.29	0.28
21	140	80	30	210	29.60	24.90	17.25	0.272	0.170	1.44	35	2.15	2.00	0.15
22	140	60	25	195	28.03	25.53	16.64	0.388	0.440	1.53	47	2.27	2.09	0.18
23	140	40	20	180	23.83	15.48	24.05	0.310	0.090	0.64	48	—	2.02	—
24	140	20	20	170	26.35	16.88	26.90	0.166	0.552	0.63	47	1.98	1.57	0.41
25	100	80	20	160	14.08	25.05	30.35	0.074	0.553	0.83	25	2.25	1.97	0.28
26	(80)	(60)	(15)	—	23.09	23.21	22.25	0.308	0.278	1.04	25	1.97	1.86	0.11
27	(80)	(60)	(15)	—	38.60	24.50	17.70	0.212	0.322	1.38	22	1.86	1.42	0.44
28	100	80	20	160	35.74	36.30	11.90	0.368	0.561	3.05	30	1.58	1.36	0.22
29	(80)	(60)	(15)	—	37.90	39.54	9.10	0.218	0.322	4.34	30	1.36	0.68	0.68
30	(80)	(60)	(15)	—	37.90	33.35	10.00	0.146	0.437	3.34	31	0.68	0.21	0.47

註 () は前試験番號の熔滓の半分を除滓して追加投入したもの

で、除燐期に於ては問題とするに當らないが、除燐期に於ける熔滓が熔湯の S に及ぼす影響は第3表より、脱炭率は螢石の使用量が多い場合に大きく、逆に復炭する場合は、熔滓中の S% が大なる場合か、鹽基度が小なる場合である。これを圖でその限界を調べたのが第6圖である。即ち鹽基度 1.5 以上であれば、熔滓中の S% は 0.5 程度迄ならば熔鉄中の平衡 S% は充分低くなる。

Si% 及 Mn% は大體 P% と比例關係にある。

V. 加炭脱炭期

(1) 炭素の調整

除燐後の熔鉄は C% がどうしても低くなり、それが

爲に炭素の調整を行わねばならない。熔解期に於ても論じた様に、除燐期の脱炭を見込んだ充分なる吸炭は、密閉爐では非常に困難である。吸炭率は爐況、加炭劑及び溫度等の色々な因子に左右され、現場のデータは、非常にばらばらであるが、第7圖より吸炭速度の上限及下限を求めてみた。第7圖(a)は、コークスのみで加炭した場合で、(b)は石灰石と混合してカーバイト滓として加炭した場合で、両者は大して加炭速度に差を認めないが、前者が下限の方に密集してゐるのに反し、後者は比較的上限の方に密集し、且つ、ばらつきの範圍がせまくなつてゐるから、安定性があると云える。吸炭率は C% が高くなると低くなる。又溫度に對しては、高溫度吸炭

各成分の變化

Si の變化 (%)			Mn の變化 (%)			P の變化 (%)			S の變化		
前	後	差	前	後	差	前	後	差	前	後	差
—	—	—	—	—	—	—	<0.035	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	<0.037	—	—	—	—
0.34	<0.33	>0.01	0.58	<0.19	>0.39	0.038	-0.031	0.007	0.021	—	—
0.36	<0.36	>0.00	—	—	—	0.034	0.032	0.002	0.021	—	—
0.58	<0.57	>0.01	0.59	<0.22	>0.37	0.040	0.038	0.002	0.016	—	—
—	—	—	0.55	—	—	0.034	0.032	0.002	—	—	—
—	<0.36	—	—	<0.15	—	0.035	0.030	0.005	0.042	0.032	0.010
—	<0.37	—	—	<0.12	—	—	<0.030	—	—	—	—
0.14	0.12	0.02	0.59	0.21	0.38	0.052	0.027	0.025	0.043	0.025	0.018
0.37	0.26	0.11	0.69	0.16	0.53	0.041	0.037	0.003	—	0.029	—
0.36	0.26	0.10	0.72	0.18	0.54	0.042	0.035	0.007	0.031	0.026	0.005
0.16	0.13	0.03	0.80	0.25	0.55	0.037	0.033	0.004	0.033	0.031	0.002
0.42	0.36	0.06	0.80	0.22	0.58	0.037	0.026	0.011	>0.036	<0.032	>0.004
0.42	0.32	0.10	0.67	0.15	0.52	0.033	0.027	0.005	0.032	0.023	0.009
0.48	0.37	0.11	0.55	0.08	0.47	>0.041	0.039	>0.002	>0.037	<0.030	>0.007
>0.42	0.36	>0.06	>0.11	0.08	>0.08	>0.025	0.022	>0.003	>0.031	0.027	>0.004
>0.47	0.33	>0.14	>0.68	0.06	>0.62	>0.040	0.037	>0.003	>0.029	0.021	>0.008
>0.51	0.34	>0.17	>0.53	0.07	>0.46	>0.064	0.032	>0.032	>0.031	0.022	>0.009
0.37	0.30	0.07	0.59	0.05	0.54	0.041	<0.037	>0.004	0.027	<0.024	>0.003
0.66	0.12	0.54	0.71	0.18	0.53	0.054	0.042	0.012	0.030	0.034	⊖0.004
0.58	0.17	0.41	0.70	0.13	0.57	0.041	<0.025	>0.016	0.026	<0.024	>0.002
0.39	0.14	0.25	0.64	0.10	0.54	0.053	0.020	0.033	0.030	0.030	0
0.49	0.17	0.32	0.56	0.13	0.43	0.048	0.026	0.022	0.033	0.030	0.003
0.34	0.17	0.17	0.57	0.09	0.48	0.043	0.034	0.009	0.033	0.032	0.001
0.37	0.28	0.09	0.54	0.20	0.34	0.040	0.039	0.001	0.032	0.046	⊖0.014
0.28	0.29	⊖0.01	0.20	0.10	0.10	0.039	0.028	0.011	0.046	0.029	0.017
0.29	0.14	0.15	0.10	0.05	0.05	0.028	0.020	0.008	0.029	0.032	⊖0.003
0.36	0.19	0.17	0.71	0.19	0.52	0.030	0.019	0.011	0.025	0.019	0.006
0.19	0.17	0.02	0.19	0.13	0.06	0.019	0.016	0.003	0.019	0.016	0.003
0.17	0.18	⊖0.01	0.13	0.09	0.04	0.016	0.017	⊖0.001	0.016	0.017	⊖0.001

率に好影響を及ぼすから、生石灰を用うることはこの點不利である。併し、温度を上げ過ぎて爐材が侵されるとかえつて吸炭率を落すことがある。加炭劑は、灰分の少い、比重の高いもの程よく、粒度は微粒なる程効果的である。電極屑やピッチークスの微粉等は非常に高價になるが、特效的な効果がある。第7圖の上限及び下限の直線をC%及び時間の曲線に書き變えたものが第8圖であつてその曲線は

上限： $C = 3.8(1 - e^{-0.0422t/3.5})$

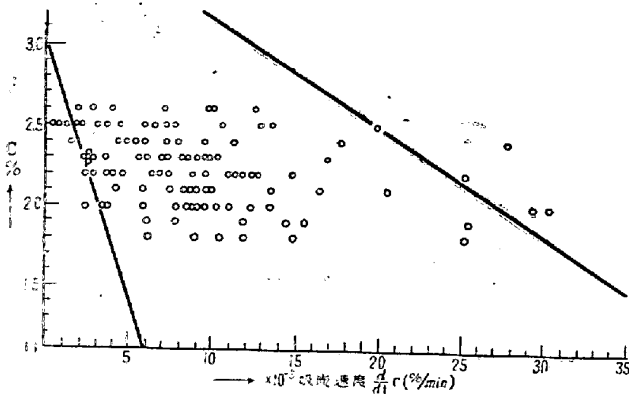
下限： $C = 3.0(1 - e^{-0.0058t/3.0})$

の様になる。

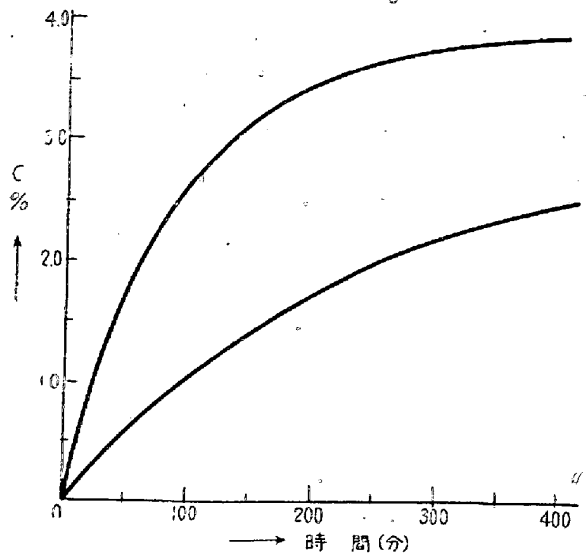
以上の如く密閉爐に於ては、吸炭が非常に困難であるので、著者は、爐底をピッチークス粉を用いて、カーボンベッドを作り試験して見た結果は、反應が熔湯の表面ばかりでなく、爐底でも行われ、これが亦非常に効果的で、熔解期に於て既に充分吸炭し、最後の炭素の調整を行わなくてもよい程度である。併し、除磷期の反應に於て逆効果がありはせぬかと心配したが、除磷滓のあたる爐壁を普通の鹽基性にてスタンプすれば、除磷には影響がない様で、技術的にも適當な方法と考えるが、築爐に於ける技術的な研究が必要であるので、經濟的に成立つ所まで行つていない。だがこれが將來の最も適切な方法になるのではないかと、著者は思つている。

第4表 加炭脱硫期に於ける

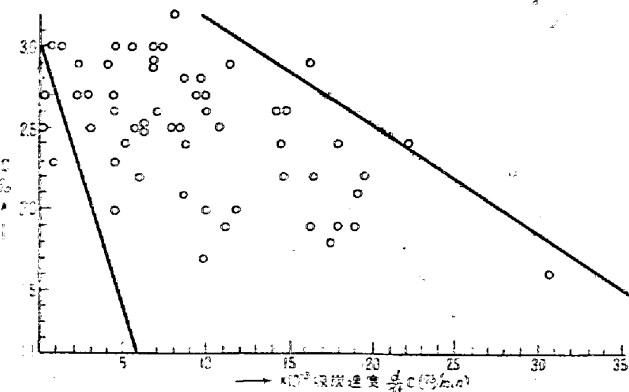
試験 番號	造滓材料 (kg)			時間 (分)	加炭劑 コークス (kg)	時間 (分)	C%			Si%	
	コークス	石灰石	螢石				前	後	差	前	後
1	50	100	20	61	50	45	2.55	2.83	0.08	—	0.65
2	50	100	20	76	50	40	2.14	2.68	0.54	—	0.36
3	50	80	20	41	0	0	2.55	3.13	0.58	—	0.33
4	50	80	20	45	0	0	2.50	2.58	0.08	—	0.36
5	50	50	20	45	0	0	3.23	3.58	0.35	—	0.57
6	100	100	30	50	0	0	2.50	2.90	0.40	—	—
7	100	100	30	110	0	0	2.00	3.00	1.00	—	0.37
8	50	50	15	35	0	0	2.66	2.89	0.23	—	0.37
9	150	150	45	142	0	0	1.86	2.74	0.88	0.12	0.19
10	50	50	15	35	100	55	2.21	3.09	0.88	0.26	0.41
11	50	50	15	35	100	60	2.03	3.11	0.98	0.26	0.35
12	100	100	30	59	100	57	1.80	3.16	1.36	0.13	0.14
13	100	100	30	65	50	27	2.02	3.10	1.08	0.36	0.36
14	100	100	30	60	50	30	2.64	3.08	0.44	0.32	0.27
15	50	50	15	40	0	0	2.73	2.94	0.21	0.37	0.37
16	50	50	15	45	0	0	2.46	2.87	0.41	0.36	0.27
17	50	50	15	35	0	0	2.93	3.41	0.48	0.33	0.28
18	50	50	15	40	0	0	2.42	3.13	0.71	0.34	0.34
19	50	50	15	28	0	0	2.39	2.51	0.14	0.30	0.30
20	50	50	15	61	0	0	2.29	2.72	0.43	0.12	—
21	50	50	15	30	100	60	2.00	3.25	1.25	0.17	—
22	50	50	15	50	100	80	2.09	3.05	0.96	0.14	—
23	50	50	15	30	100	60	2.02	2.00	0.02	0.17	—
24	50	50	15	30	100	65	1.57	3.04	1.47	0.17	—
25	50	50	15	50	100	66	1.42	3.17	1.75	0.14	—
26	50	50	15	32	100	60	0.21	2.91	2.70	0.18	—



第7圖(a) C%と $\frac{d}{dt}C$ の關係(コークス 50kg 使用)



第8圖 加炭期に於ける吸炭速度



第7圖(b) C%と $\frac{d}{dt}C$ の關係
(コークス 50kg, 石灰 50kg 使用)

(2) 硫黄の調整

熔解期に於て、既に充分に脱硫されて居るし、又加炭期に於ても、吸炭率の安定性の意味から、カーバイト滓を作るので、殆んど問題にならない。第4表に示される通り、加炭脱硫期に於ては、脱硫は第二義的なものである。

(3) 其の他の成分の變化

其の他の成分で一番問題となるのは、復磷である。第

各成分の變化

差	Mn%			差	P%			差	S%		
	前	後	差		前	後	差		前	後	差
—	—	—	—	—	—	0.035	—	—	—	0.029	—
—	—	0.33	—	—	—	0.037	—	—	—	0.029	—
—	—	0.23	—	0.031	—	0.034	0.003	—	—	0.024	—
—	—	0.16	—	0.032	—	0.035	0.003	—	—	0.027	—
—	—	0.22	—	0.038	—	0.035	⊖0.003	—	—	0.017	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0.15	—	—	—	0.029	—	—	—	0.034	—
—	—	0.12	—	—	—	0.030	—	—	—	0.034	—
0.07	0.21	>0.35	>0.14	0.027	—	0.035	0.008	0.025	—	0.027	0.002
0.15	0.16	0.17	0.01	0.037	—	0.034	⊖0.003	0.029	—	0.026	⊖0.003
0.09	0.18	0.21	0.03	0.034	—	0.033	⊖0.001	0.024	—	—	—
0.01	0.25	0.22	⊖0.03	0.033	—	0.032	⊖0.001	0.031	—	0.027	⊖0.004
0	0.22	0.47	0.25	0.026	—	0.037	0.001	0.032	—	0.022	⊖0.010
⊖0.05	0.15	0.11	⊖0.04	0.027	—	0.029	0.002	0.023	—	0.020	⊖0.003
0	0.08	0.08	0	0.039	—	0.041	0.002	—	—	0.025	—
⊖0.09	0.08	0.08	0	0.022	—	0.035	0.013	0.027	—	0.024	⊖0.003
⊖0.05	0.06	0.08	0.02	0.037	—	0.041	0.004	0.021	—	0.018	⊖0.003
0	0.07	0.08	0.01	0.032	—	0.032	0	0.022	—	0.019	⊖0.003
0	0.05	0.05	0	—	—	0.031	—	—	—	0.020	—
—	0.18	—	—	0.042	—	0.043	0.001	0.034	—	0.024	⊖0.010
—	0.13	—	—	0.025	—	0.030	0.005	0.024	—	0.027	0.003
—	0.10	—	—	0.020	—	0.032	0.012	0.030	—	0.030	0
—	0.13	—	—	0.026	—	0.040	0.014	0.030	—	0.027	⊖0.003
—	0.09	—	—	0.034	—	0.047	0.013	0.032	—	0.027	⊖0.005
—	0.05	—	—	0.020	—	0.028	0.008	0.032	—	0.040	0.008
—	0.09	—	—	0.017	—	0.017	0	0.017	—	0.020	0.003

4表にそれを表示した。カーバイト熔滓とコークス単味による加炭とを、適宜に組合せて行つた結果で、特別な爐況の變化を見ないと、10%の復磷を見ておけば充分である。復磷の原因として、除磷期の鹽基性の酸化滓の完全除滓の不充分が一番影響される様である。

Si及びMnの%は、増加の傾向にあるが、大した變化はなく、Mnの増加は、やゝPの動向と比例関係にある様である。併し、この兩成分の増加は、その後の差物の節約になるだけで、寧ろ好ましいことであるが、P%の増加と比例関係にあるから、増加することは、下手な操業方法であることを意味する。

VI. 結 言

エル式の電気爐にて、鋼屑より低磷銑の製造を、約800回の操業データを基として、著者の考えから標準操業法を決定し、各行程の理論的な検討と、統計的な調査を行つた。その結果として次のことが云える。

(1) 低磷銑の製造方法として、この方法は他の方法と比較して、非常に困難な方法であるが、不可能ではなく高度の熟練を要する。

(2) 困難な點として、密閉爐特有の吸炭率が非常に悪いため、吸炭に必要な時間の占める割合が非常に多く、それが爲めにこの方法にて製造する場合は、C%の規格に對してゆとりを見てやらねばならない。併し、製造費は他方法よりは安くあがる。

(3) 除磷期に於ける熔滓に關しては、現在までの理論と非常によく一致するが、熔落の熔湯のC%が低くなりがちであるため、適當の熔滓を造るに熟練を要する。

(4) S%は大した問題とならない。

最後に、この研究に當り、當社の花岡社長、電気銑協會技術顧問山博士、及び東北大學教授三本木博士の御指導に感謝する。又常に現場にて協力された又井工學士に感謝する。(昭和25年5月寄稿)

文 献

- 1) 鐵と鋼 23 (昭和12年) 6號
- 2) 鐵と鋼 33 (昭和22年) 4—6號
- 3) 水曜會誌 11 (昭和17年) 第2號, 鐵と鋼 29 (昭和18年) 第4號
- 4) 低磷銑製造技術研究會發表 (昭和23年秋)