

## 論 說

## 電氣爐によるフェロマンガンの製造の研究

笹 部 誠\*

A STUDY ON THE MANUFACTURE OF FERRO-MANGANESE  
IN ELECTRIC FURNACES.

Makoto Sasabe

**SYNOPSIS:**— Though the manufacture of ferromanganese was steadily progressing in our country, no systematic study has been published. The author tried to find some relations between compositions of the slag and the metal from thermo-chemical standpoint, and at the same time an exact method of charge calculation based on the theory. A certain relation between power consumption and grade of charge was found to exist. By computing with the aid of graphical method, the author obtained some fundamental values on which furnace design may be considered. Properties of ferro-silicomanganese and its preparation from ferro-manganese slag, and also manufacturing of low-carbon ferromanganese by silicothermic process were briefly discussed.

## I. 電氣爐によるフェロマンガンの製造の歴史

フェロマンガンを電氣爐によつて製煉する作業は最初不成功であつたが、其後作業法が改善されるに従つて行はれるやうになり、現在では殆どその總てが電氣爐によつて製産されるやうになつた。我國に於ても此鐵合金の製造は既に紀元 2572 年に開始され、前大戰の影響を受けて急速に發展し、紀元 2572 年に於ける 1413 t の製産は紀元 2596 年に至つて 4 0539 t に達し、其後益々増加しつつあるのであつて、支那事變勃發前に於ては相當の多量を他の鐵合金類と共に、アメリカ及びヨーロッパ諸國へ輸出して國際收支の一助となつたのである。

## II. マンガン鑛石

硫化鑛の如き特殊なものを除けば、マンガン 40% 以上を含む鑛石は總てフェロマンガンの製造用に使用し得る。勿論之以下の品位のものであつても製品の規格、殊に珪素の含有量如何によつては使用不能ではない。從來普通規格となつてゐる。マンガン 75%、珪素 3% 以下の製品に對しては、最も適當した成分として 45~48% であつて、これ

以上の富鑛に於ては之に貧鑛を混じて上記の成分に迄品位を低下せしめた方が操業上有利である。

硫黄は非常な障害となる。マンガンのものと、強還元性の作業であるため、鑛石中の硫黄が製品に入ることは大して懸念は必要でないが、硫黄を多量に含んだ鑛石を精煉すると、鑛は著しく粘稠となつて、自由な流出が困難となり、同時に爐内温度は著しく上昇して珪素の還元が促進される。もし鑛石が 2% 以上の硫黄を含めば殆ど使用に耐へないものである。

鐵分は決して有害ではないが、マンガンの量に對して或量以上を含めば製品のマンガンを規格以上に保つことが不能となる。鐵はマンガンより優先的に還元されるのであつて殆ど含量の 90% は製品に入る。

磷はその殆ど全部が還元されて製品に入るのであつて、例へば装入に石灰石を増量してもその還元を抑制することは不能である。

時に印度産の鑛石に見るやうな鹽基性の挾雜鑛物は却つて觀迎すべきである。此種の鑛石は所謂 self-fluxing ore であつて熔解にも容易であり珪素の還元も少ないが、之に反して此點で最も不都合なのは珪酸マンガンの鑛である。

ソヴィエツト聯邦のマンガン鑛は大部分がコーカサス地方に産する軟マンガンの鑛であつて電氣爐によつて精煉する

\* 日本鐵管會社電氣製鐵所

のに最も適したものである。インド及び支那産のものは大部分硬マンガン鑛系に屬するものであるが、フィリッピン諸島産のものは兩者の混合したものである。

内地産の鑛石は一般に低品位であつて、主として炭酸マンガン鑛及び珪酸マンガン鑛であつて、露領附近に酸化鑛を見るに過ぎない。

### III. 電氣爐の構造

普通使用せられる電氣爐は三相三電極のエルー型開放爐であつて、電壓調整に便利なやうに二次側はデルタに結線されてあるものである。

爐胴は鐵板で造られ、基礎上に若干の間隙を置いて之を空氣道として据えられる。もし基礎上に直接置くと、使用開始後間もなく爐體は著しい變形を生じ、爐底は侵蝕され、地下水の近い工場に於ては大地に傳導されて多量の熱損失を生ずることがある。爐體の平面形としては、表面積が最小であり、又最も對稱的の構造を與へることができる點から圓形のものに適してゐる。爐體の深さは 1.5m 大容量のもので 2.5m 位である。耐火材としては爐殻内側に適當な厚さにシヤモット煉瓦を巻き、其の内側に厚いグラフアイトタールの混合物を撞き固める。天然グラフアイトの代りに電極屑を粉碎したのもでも差支ない。爐殻の直接内側に斷熱煉瓦を施すことは大した効果が無いばかりでなく、此種の煉瓦は鍍の侵蝕に殆んど無抵抗であるから却つて弱點となつて早期漏洩を生ずることがある。電極把持器はできるだけ簡単な構造のものを採るべきである。爐の型式が開放型であるために把持器は常に直接に高温のガスに曝露されてゐるから複雑な構造のものは故障を生じ易く、又銅合金製のものも忽ち酸化膜を生ずるので却つて鑄鐵或は鑄鋼製のものが適してゐる。變壓器二次端子からの導體の配置はできるだけ對稱形に配置する必要があり、又皮相效果の點から見て大斷面を有する單一導體は使用を避けなければならない。

所謂靜止相 (dead phase) 及び激働相 (wild phase) の發生の理由はベクター線圖で明らかに説明できるが之は自己、及び相互誘導の非對稱によるものである。此現象は爐の完全な運轉に支障を與へるから、できるだけ之を制壓しなければならない。其の方法としては導體の配置をなるべく對稱形にすること、導體の長さをできるだけ短くすること、自己誘導を加減するために例へば鐵製のリングを取付けること、又は電壓、電流を加減して調節すること等である。

ある。

爐用變壓器としては電壓の昇降を非常に細かく行ひ得るものでなければならぬ。最も高い採取率、最も高い熱効率を以て爐を運轉するには、裝入物の性質、爐況によつて使用電壓を細かく調節する必要があるからである。50~120 ボルトの範圍に於て 2 ボルトの段階で二次電壓を變化し得るものが適當である。電流自動調整機としては電氣製鋼爐に比して負荷の急激な變動は遙に少ないから、極めて簡単な構造のもので十分である。

### IV. 珪素の還元而就金屬相と 鍍相間の平衡

電氣爐によつてフェロマンガンを製造する際にマンガンの損失は二つの状態に於て行はれる。其の一つは鑛石中の微粉状態の部分が發生ガスと共に爐頂から逸出するものと、一度還元された金屬マンガンを揮發するものとを合せた損失で之を揮發損失と稱する。マンガンは操業の温度に於ては比較的高い蒸氣壓を有するので容易に揮發し易く、これが電氣爐によるフェロマンガン製造作業の初期に於ける失敗の原因の一つであつた。今一つ考へ得る損失はマンガーカーボニルを生成して揮發することであるが、此化合物の存在は否定する人々もある。而して他の一種の損失は還元されないが、或は部分的に還元されたのみで鍍に含まれて失はれるもので、之を鍍損失と稱する。

前者の損失に就ては後に別に取扱ふこととし、此處では先づ後者の鍍損失の問題を取上げて之を研究する。

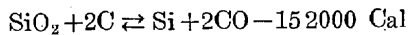
原料中のマンガン化合物の量に對して、加へられる還元劑の量が多い程マンガンは多く還元されることは言ふまでもないことである。然し總てのマンガン鑛石、媒熔劑及び還元劑は必ず或量の珪酸又は珪酸化合物を含むのであるから珪素の或量はマンガンと同時に還元されて製品に含まれ、其量はマンガンの還元量と自然比例して増減する。

フェロマンガン中の珪素は使用に際して或不利を招くのである。平爐製鋼に於てもし多量の珪素を含むフェロマンガンを使用したとすれば、珪素は直ちに酸化して珪酸となつて鋼滓に入り、鹽基度を減少せしめ、時には復磷作用をも生ずる。之を防止するには之に對する餘分の石灰を投入することを要し、費用と勞力を費すことになる。酸性平爐に於ては又製品の珪素規格上限を超過し易い現象を起す。電氣爐に使用する時は上記の缺陷は無視し得るが、或鋼種、例へば Hadfield の高マンガン鋼を造る時に使用すれ

ば製品の珪素規格に適合しないものを生ずる。此場合 75% のマンガンを含むフェロマンガんに於て其の珪素は 105% 以下のものを使用しなければならない。現在制定の規格では 75% フェロマンガンの珪素規格は 3% 以下であつて、徒に特殊の目的のために珪素 1% 以下のものを要求せられることもある。

故にフェロマンガンを製造するに當つて吾人は全く相反した二つの事實に直面しなければならないのである。即ち一つを満足せしめるためには他の一つを犠牲にしなければならない。故に珪素の還元に関する問題は、最大のマンガンを採取率を珪素を或程度に保ちつつ得るためには重要なものである。現在に至るまで此點に関する研究の發表は殆ど皆無であつて一般に唯經驗と想像によつて之に對する他なく、恐らく莫大の量のマンガンが無用の媒溶剤及び電力と共に消費され來り、又現にされつつあるのではないかと疑ふのである。

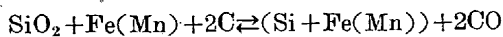
炭素による珪素還元の反應は次の如くである。



以前は珪素は爐内に於て熔融鏝から炭素によつて直接還元されるものと考へられてゐた。然し此反應には多量の熱を要するのであつて、フェロマンガンの製造用の電氣爐内の如き低温度で起るとは考へ難い。然し鐵が觸媒として存在する場合は、珪素は 1100°C の如き低温度で行はれることが發見された。H. H. Meyer は金屬鐵の觸媒作用の研究を行つて、鐵が存在する場合還元は次の如き温度で開始されることを發表したのである。

MnO	.....	900°C
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	.....	1050°C
SiO <sub>2</sub>	.....	1100°C

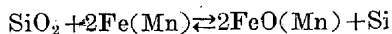
此現象はフェロマンガンの製造用の爐内で存在することは明らかであつて、此場合はマンガンをこれに加はる。反應は、



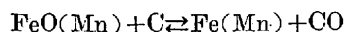
の如くであり、その平衡恒數は

$$K = [\text{Si}] \cdot \text{P}^2 \text{CO} / (\text{SiO}_2) \cdot [\text{C}]^2$$

である。この形の平衡に就ては未だ研究されたものはないが、これを



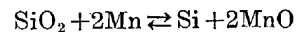
及び



なる二つの反應の合成と考へれば之を理論的に計算し得るであらう。

フェロマンガンの製造に於て、鐵の酸化物はマンガン化合物より容易に還元され、従つて鏝中の酸化鐵の濃度は極めて小さく、又殆ど一定の値を持つてゐるに反して、酸化マンガンは場合によつて種々の値を採り、又珪素の還元に大きな影響を與へるのである。よつて此場合鐵及び酸化鐵は平衡に及ぼす影響が無いものと考へ得るのである。實際操業に於ては原料は絶えず爐頂から装入され、爐内では絶えず反應が進行する。嚴格な意味に於ては反應が完全な平衡状態になることは瞬時もないのである。爐内の反應状態は三つに大別し得る。即ち豫熱帯、反應帯及び鏝-金屬帯である。豫熱帯に於ては装入物は爐内からの高温ガス及び傳導熱によつて熱せられ、脱水作用、炭酸化合物の分解作用及び其他の比較的低温に於ける分解作用が行はれる。反應帯に於ては、温度は最高であつて、總ての主要反應は此部分で行はれる。底部帯に於ては鏝層が金屬相の集積を覆ひ、反應帯から絶えず新しく鏝及び金屬が追加されるとはいへ、此部分に於ては鏝と金屬との間に一種の平衡が存在すると考へ得る。著者は此種の平衡を擬平衡 (quasi-equilibrium) と名附ける。精確に理論的な取扱ひに對して此觀念は適用できないが、實際問題を取扱ふにはかう考へて十分であり且つ便利である。

先に述べた如く取扱ふべき反應は、



と書き得る。鐵は珪素還元と與へる影響が小さいために無視され、マンガンの濃度は殆んど 1 に等しく、珪酸は金屬中に於て極めて小さい溶解度を有するのみで直ちに飽和點に達すると考へ得るので、擬平衡の平衡恒數は

$$K' = (\text{Si}) \cdot (\text{MnO})^2$$

と書き得る。

計算に當つて、Si の濃度は重量比で、MnO の濃度は C. H. Herty jr. の使用するやうな分子率で表はすことにした。K' は勿論温度の函數であるから、計算例の夫々の反應温度は知られてゐなければ正確ではないのであるが、後に其の理由を述べる僅かの例を除けば他の例は實際的に殆んど同一の温度での反應と考へても差支ないのである。

數基のフェロマンガンの製造用電氣爐を有する或工場に於ける操業記録から、使用鑛石のなるべく多様の品位に互る考慮は拂つたのであるが全く任意に 118 の例を採つた。各例は夫々或一爐の一箇月間の操業の毎日の記録の平均の數字であつて、内若干の例は更に數基の爐の一箇月間の成績の綜合平均である。但し何等かの理由によつて其の一箇

第 1 表 (1)

番號	爐番號	原鐵の平均成分			特殊原料			合計量	金屬原料			鐵分原料		コークス		石灰石	
		Mn	Fe	SiO <sub>2</sub>	名稱	Mn	SiO <sub>2</sub>		量	名稱	Mn	Si	量	旋盤 層	スケ ール		固定 炭素
1	3	44.9	3.2	8.9	—	—	—	2070	—	—	—	108	—	81	381	491	
2	3	47.6	6.6	9.0	—	—	—	1830	—	—	—	—	44	81	455	414	
3	9	46.6	5.6	8.7	—	—	—	1880	—	—	—	—	108	80	477	488	
4	9	46.8	5.4	8.9	—	—	—	1860	—	—	—	—	70	31	83	490	498
5	9	47.8	4.6	9.0	—	—	—	1920	—	—	—	122	—	81	538	536	
6	9	49.8	1.2	8.6	—	—	—	1750	—	—	—	195	—	80	453	478	
7	9	49.6	1.1	8.9	—	—	—	1717	—	—	—	156	40	80	436	492	
8	9	48.3	1.1	9.3	—	—	—	1710	—	—	—	174	—	82	401	527	
9	9	48.0	1.8	9.5	—	—	—	1878	—	—	—	174	—	81	427	536	
10	2.3.5	51.2	3.8	6.7	—	—	—	1690	—	—	—	165	—	82	379	344	
11	2.3.5.7	51.1	1.4	6.7	—	—	—	1723	—	—	—	170	—	80	388	389	
12	2.3.5.7	49.6	1.4	8.6	—	—	—	1754	—	—	—	196	—	80	394	418	
13	2.3.5	50.5	1.0	8.2	—	—	—	1700	—	—	—	148	—	79	367	408	
14	2.3.5	50.3	1.4	7.4	—	—	—	1720	—	—	—	156	—	80	372	366	
15	1.2.3.5.7	50.3	2.2	5.2	—	—	—	1737	—	—	—	138	—	81	373	413	
16	2, 3, 5	51.6	0.8	7.5	—	—	—	1662	—	—	—	152	3	81	364	385	
17	7	46.5	2.1	9.8	—	—	—	1930	—	—	—	159	—	82	421	481	
18	7	49.7	1.5	8.8	—	—	—	1783	—	—	—	—	185	81	417	417	
19	5	51.5	1.3	7.5	—	—	—	1676	—	—	—	163	—	81	373	345	
20	5	49.8	1.3	8.5	—	—	—	1725	—	—	—	150	67	81	375	407	
21	5	51.5	0.9	8.0	—	—	—	1730	—	—	—	185	—	83	373	404	
22	5	51.3	1.3	6.6	—	—	—	1700	—	—	—	102	85	82	381	387	
23	5	51.9	0.9	6.7	—	—	—	1665	—	—	—	180	—	80	381	353	
24	5	51.9	0.9	7.2	—	—	—	1655	—	—	—	49	125	81	363	361	
25	5	50.6	1.0	8.0	—	—	—	1700	—	—	—	153	—	81	368	402	
26	3	49.6	1.4	8.7	—	—	—	1740	—	—	—	23	180	83	380	419	
27	3	51.2	1.0	7.9	—	—	—	1750	—	—	—	169	—	83	377	408	
28	3	51.4	1.4	6.7	—	—	—	1750	—	—	—	90	74	82	392	400	
29	3	51.9	1.0	6.1	—	—	—	1685	—	—	—	160	—	82	382	354	
30	3	47.0	2.0	7.5	—	—	—	1830	—	—	—	128	—	83	383	389	
31	3	50.2	0.9	8.6	—	—	—	1710	—	—	—	144	—	80	367	411	
32	3	51.4	0.8	7.8	—	—	—	1680	—	—	—	145	12	83	366	391	
33	2	51.6	1.4	7.3	—	—	—	1688	—	—	—	159	—	83	390	355	
34	2	49.4	1.4	8.5	—	—	—	1770	—	—	—	114	76	82	406	430	
35	2	51.1	1.4	6.6	—	—	—	1710	—	—	—	98	61	82	382	378	
36	2	49.5	1.5	6.4	—	—	—	1725	—	—	—	154	—	81	370	324	
37	2	51.9	0.9	7.2	—	—	—	1690	—	—	—	165	—	80	369	349	
38	2	50.8	0.9	8.1	—	—	—	1685	—	—	—	148	—	80	367	410	
39	1	50.0	1.6	8.2	—	—	—	1710	—	—	—	137	—	82	361	400	
40	7	50.6	1.1	8.1	—	—	—	1677	—	—	—	158	—	81	384	425	
41	7	50.1	0.9	8.8	—	—	—	1717	—	—	—	166	—	82	376	448	
42	7	50.6	0.9	7.5	—	—	—	1780	—	—	—	168	—	81	380	472	
43	7	49.7	0.9	9.0	—	—	—	1790	—	—	—	160	—	80	394	472	
44	7	47.9	1.0	9.1	—	—	—	1821	—	—	—	156	—	81	410	535	
45	5	42.0	1.5	11.4	L.C.FeMn Slag	20.8	30.9	356	2141	—	—	70	49	82	418	417	
46	5	50.0	1.0	10.0	—	—	—	1779	—	—	—	153	—	83	373	485	
47	5	48.9	1.1	8.8	L.C.FeMn Slag	19.0	25.0	17	1919	—	—	144	—	84	404	495	
48	5	50.6	0.9	7.5	—	—	—	1795	—	—	—	168	—	82	381	473	
49	5	49.9	0.8	8.9	—	—	—	1830	—	—	—	154	—	81	397	502	
50	3	50.6	0.9	8.1	—	—	—	1801	—	—	—	165	—	80	403	442	
51	3	51.1	1.0	8.1	—	—	—	1706	—	—	—	161	—	80	386	429	
52	3	50.3	1.0	8.7	—	—	—	1755	—	—	—	168	—	80	394	461	
53	3	50.0	0.9	9.5	—	—	—	1801	—	—	—	160	—	82	394	501	
54	3	47.5	1.2	10.0	L.C.FeMn Slag	19.0	25.0	94	1900	—	—	120	44	82	392	506	
55	3	50.6	0.9	7.5	—	—	—	1810	—	—	—	160	—	81	378	488	
56	2	51.1	1.0	8.1	—	—	—	1725	—	—	—	161	—	82	375	408	
57	2	50.9	1.0	8.4	—	—	—	1722	—	—	—	163	—	82	380	421	
58	2	49.8	0.8	9.0	—	—	—	1851	—	—	—	162	—	81	399	462	
59	2	45.6	1.4	9.3	—	—	—	1965	—	—	—	145	—	80	413	530	
60	7	48.6	1.0	10.0	Cr.Ore	—	—	44	1757	—	—	153	—	80	399	534	
61	7	48.6	1.0	10.6	Slag Cr Ore	20.1	28.0	38	1755	—	—	148	—	81	382	546	
62	3	48.3	1.1	10.2	Cr Ore	—	—	30	1834	—	—	156	—	80	405	534	
63	5	48.6	1.0	9.9	—	—	—	1805	—	—	—	158	—	82	408	532	
64	5	49.3	1.1	9.2	—	—	—	1710	—	—	—	154	—	82	382	460	
65	7	41.5	5.8	8.5	—	—	—	2136	—	—	—	9	—	82	464	438	

第 1 表 (2)

番 号	爐 番 号	原 鑛 の 平 均 成 分			特 殊 原 料			合 計 量	金 屬 原 料			鐵 分 原 料		コークス		石 灰 石		
		Mn	Fe	SiO <sub>2</sub>	名 稱	Mn	SiO <sub>2</sub>		量	名 稱	Mn	Si	量	旋 盤 屑	ス ケ ール		固 定 炭 素	量
66	7	44.9	8.4	10.1	—	—	—	1912	—	—	—	—	—	80	466	450		
67	5	44.9	7.4	10.1	CrOre	—	—	3	1891	Scrap FeMn	70.0	3.0	19	29	—	80	454	455
68	2	42.7	7.2	9.2	Slag	20.1	28.0	20	2054	—	—	—	—	—	—	—	—	
69	7	44.9	8.5	10.1	CrOre	—	—	3	1988	—	—	—	—	—	—	—	—	
70	5	44.9	8.4	10.1	—	—	—	—	1975	—	—	—	5	—	—	81	480	464
71	7	43.7	8.7	10.3	—	—	—	—	1870	Scrap FeMn	70.0	3.0	22	—	—	82	444	463
72	5	43.7	8.6	10.3	CrOre	—	—	40	1893	—	—	—	—	—	—	80	451	487
73	8	45.1	8.6	8.4	—	—	—	—	1897	—	—	—	—	—	—	81	460	394
74	7	46.1	7.2	8.4	—	—	—	—	1909	—	—	—	3	24	—	80	466	408
75	5	45.2	8.5	8.2	CrOre	—	—	39	1880	—	—	—	3	—	—	80	468	392
76	2	48.0	5.9	8.4	—	—	—	—	1820	—	—	—	7	46	—	80	414	361
77	8	45.9	9.1	9.0	—	—	—	—	1854	—	—	—	41	—	—	81	447	378
78	7	46.4	9.1	8.6	—	—	—	—	1859	—	—	—	22	—	—	82	452	364
79	5	45.9	9.1	9.0	CrOre	—	—	30	1869	—	—	—	36	—	—	82	465	401
80	2	45.9	9.1	9.0	—	—	—	—	1793	—	—	—	40	—	—	83	411	360
81	8	46.7	9.3	8.6	—	—	—	—	1918	—	—	—	9	—	—	80	493	403
82	7	45.2	9.0	9.7	—	—	—	—	1995	—	—	—	9	—	—	81	487	447
83	5	46.7	9.3	8.6	CrOre	—	—	30	1850	—	—	—	10	—	—	79	480	405
84	2	46.7	9.3	8.6	—	—	—	—	1834	—	—	—	10	—	—	80	430	333
85	10	13.5	0.4	29.7	Slag	13.5	29.7	7970	7970	—	—	—	80	—	85	80	392	1465
86	10	13.9	1.3	28.9	Slag	13.9	28.9	6790	6790	—	—	—	183	—	89	81	294	1369
87	2	46.5	3.2	8.3	—	—	—	—	1850	—	—	—	97	—	—	80	405	331
88	2	47.4	1.4	9.1	—	—	—	—	1847	—	—	—	96	48	80	399	454	
89	2	41.7	2.7	9.5	—	—	—	—	2102	—	—	—	47	37	80	446	526	
90	3	43.6	2.2	9.7	—	—	—	—	2100	—	—	—	103	19	80	470	592	
91	3	45.5	1.5	10.4	—	—	—	—	1926	—	—	—	121	—	85	424	509	
92	2	42.8	2.1	9.7	—	—	—	—	2033	—	—	—	96	34	80	423	554	
93	3	44.5	1.8	9.8	—	—	—	—	2040	—	—	—	138	—	81	428	560	
94	3	37.9	2.2	11.3	Slag	20.1	28.9	278	2485	—	—	—	74	25	82	479	669	
95	7	45.4	1.9	9.9	—	—	—	—	1892	—	—	—	132	—	80	422	529	
96	1	46.8	0.9	10.6	—	—	—	—	1819	Scrap FeMn	70.0	3.0	24	144	—	82	395	346
97	1	43.2	3.8	7.3	Slag	13.2	30.1	128	1954	Scrap FeSiMn	55.0	12.0	174	—	23	81	426	544
98	1	41.3	4.9	9.2	—	—	—	283	2024	—	—	—	75	—	13	80	429	564
99	5	41.2	3.3	11.5	—	—	—	304	2214	—	—	—	—	36	83	80	485	583
100	5	42.5	3.9	7.6	—	—	—	—	2000	—	—	—	51	82	81	435	497	
101	5	44.4	3.0	10.0	—	—	—	—	1920	—	—	—	33	102	80	436	466	
102	5	43.3	3.5	9.3	—	—	—	—	2120	—	—	—	5	114	82	483	486	
103	9	45.1	3.8	11.0	—	—	—	—	2030	—	—	—	115	—	80	458	550	
104	9	44.6	2.3	9.5	—	—	—	—	2025	—	—	—	135	12	80	392	444	
105	5	45.7	3.5	10.5	—	—	—	—	2103	—	—	—	79	41	81	459	470	
106	5	47.7	3.4	9.6	—	—	—	—	2050	—	—	—	76	44	80	572	475	
107	4	44.8	2.4	9.2	—	—	—	—	2066	—	—	—	106	41	82	414	422	
108	3	45.7	3.2	10.3	—	—	—	—	2180	—	—	—	105	43	80	487	477	
109	2	45.0	3.5	10.0	—	—	—	—	1973	—	—	—	44	54	81	404	474	
110	2	45.6	2.1	8.3	—	—	—	—	1977	—	—	—	107	40	82	408	383	
111	3	46.9	3.8	8.0	—	—	—	—	2192	—	—	—	107	—	82	640	441	
112	2	45.8	3.9	8.4	—	—	—	—	2230	—	—	—	100	—	80	614	478	
113	2	46.1	3.6	8.3	—	—	—	—	2202	—	—	—	99	—	80	608	442	
114	2	46.5	4.0	7.8	—	—	—	—	2380	—	—	—	73	—	81	776	485	
115	3	42.5	2.7	13.8	—	—	—	—	2470	—	—	—	97	—	82	689	762	
116	6	42.0	2.7	13.6	—	—	—	—	2430	—	—	—	97	—	82	646	724	
117	5	46.9	4.0	7.4	—	—	—	—	2083	—	—	—	121	—	80	624	399	
118	4	46.6	4.1	7.2	—	—	—	—	2105	—	—	—	122	—	80	631	411	

月に於て使用鑛石の品位が著しい變化を示したり、或は製品の種類が異なつた例は之を採らなかつた。數爐の平均に於ても之等の爐が大體同様の品位の鑛石を使用し、同様の製品を製造した場合のみを採つたのであつて、分析値等は毎日の成績の平均であつて、一箇月一回の分析ではない。而して之等の例は此工場の 15 年間に亙る操業記録から採つたものである。

第 1 表は製品 1t に對する原料の品位、數量を示すものである。

本表に示した原鑛の平均成分は、鑛石以外の原料、例へばフェロマンガンの如きものも含んだ平均である。

85 及び 86 の例は特殊な操業であつてフェロマンガンを原料として、特別に低磷のフェロマンガンを製造した場合の記録である。



第 3 表 (1)

番 號	装入物中の量		鋸中の マンガ ン量	マンガン損失 %		採取率%		装入物中の比		酸化マン ガンに對 する炭素	鋸中の比		鋸の生 成速度
	Mn	SiO <sub>2</sub>		鋸	揮散	Mn	Si	SiO <sub>2</sub> Mn	石灰石 SiO <sub>2</sub>		Mn SiO <sub>2</sub>	CaO SiO <sub>2</sub>	
1	931	214	94	10.1	7.5	82.4	10.0	0.23	2.29	0.26	0.52	1.18	211
2	871	201	49	5.7	7.0	87.3	12.3	0.23	2.06	0.32	0.34	1.24	163
3	876	202	69	7.9	7.3	84.8	9.0	0.23	2.42	0.33	0.45	1.35	176
4	871	205	63	7.2	6.6	86.2	5.6	0.24	2.43	0.38	0.46	1.32	151
5	918	216	66	7.1	13.6	79.3	6.0	0.24	2.48	0.41	0.38	1.30	176
6	871	186	57	6.6	8.8	84.6	9.7	0.21	2.57	0.36	0.35	1.24	179
7	850	188	68	8.0	5.0	87.0	5.3	0.22	2.61	0.35	0.42	1.29	180
8	826	191	73	8.8	2.3	88.9	3.1	0.23	2.75	0.34	0.45	1.39	178
9	901	213	74	8.3	9.6	82.1	4.9	0.24	2.51	0.33	0.45	1.36	209
10	865	143	40	4.7	6.8	88.5	15.7	0.17	2.40	0.29	0.36	1.30	163
11	880	146	48	5.5	7.6	86.9	10.6	0.17	2.66	0.30	0.38	1.32	168
12	870	183	52	6.0	7.3	86.7	8.8	0.21	2.29	0.31	0.38	1.28	200
13	858	168	45	5.2	6.6	88.2	12.0	0.20	2.43	0.28	0.35	1.35	205
14	865	157	41	4.7	7.7	87.6	12.6	0.18	2.33	0.29	0.34	1.34	177
15	875	120	49	5.6	7.5	86.9	9.8	0.14	2.45	0.29	0.39	1.34	206
16	856	154	46	5.4	5.0	89.6	10.1	0.18	2.50	0.29	0.39	1.37	196
17	897	223	66	7.3	7.5	85.2	5.7	0.25	2.15	0.33	0.39	1.25	172
18	885	190	51	5.8	9.4	84.8	9.6	0.22	2.19	0.29	0.36	1.25	146
19	863	156	48	5.6	6.9	87.5	7.6	0.18	2.21	0.29	0.43	1.28	167
20	860	177	51	5.9	6.4	87.7	7.5	0.21	2.30	0.29	0.38	1.29	225
21	891	168	57	6.4	8.4	85.2	5.2	0.19	2.40	0.30	0.40	1.22	218
22	872	142	47	5.4	8.3	86.3	7.4	0.16	2.72	0.29	0.39	1.35	201
23	865	141	43	5.0	8.0	87.0	12.4	0.16	2.50	0.30	0.37	1.29	180
24	860	148	39	4.5	7.7	87.8	12.6	0.17	2.44	0.26	0.34	1.34	183
25	860	165	49	5.7	5.8	88.5	9.4	0.19	2.43	0.29	0.39	1.34	214
26	862	181	53	6.2	7.4	86.4	8.2	0.21	2.31	0.28	0.39	1.30	202
27	895	168	62	7.0	7.3	85.7	6.4	0.19	2.43	0.30	0.45	1.26	218
28	900	148	58	4.9	9.7	85.4	11.6	0.17	2.70	0.29	0.39	1.34	203
29	877	134	40	4.6	8.7	86.7	17.8	0.14	2.64	0.30	0.36	1.36	166
30	860	168	41	4.3	6.9	88.8	15.0	0.20	2.32	0.31	0.34	1.37	184
31	858	176	42	4.9	6.6	88.5	14.5	0.21	2.33	0.29	0.32	1.36	201
32	864	160	40	4.6	6.3	89.1	11.5	0.19	2.44	0.30	0.33	1.35	186
33	870	154	55	6.4	6.5	87.1	8.3	0.18	2.30	0.32	0.46	1.25	167
34	875	183	54	5.3	8.2	86.5	10.5	0.21	2.35	0.31	0.39	1.31	200
35	875	143	48	5.4	7.4	87.2	10.2	0.16	2.64	0.29	0.39	1.31	194
36	854	140	38	4.5	7.0	88.5	18.4	0.16	2.31	0.30	0.35	1.28	144
37	879	151	42	4.8	8.7	86.5	11.6	0.18	2.31	0.28	0.36	1.33	170
38	857	166	45	5.2	6.7	88.1	11.1	0.19	2.47	0.29	0.36	1.36	208
39	855	169	40	4.7	6.7	88.6	17.6	0.20	2.36	0.29	0.32	1.36	151
40	845	166	51	6.1	3.8	90.1	7.1	0.20	2.56	0.32	0.39	1.38	332
41	858	181	56	6.5	5.1	88.4	5.9	0.21	2.48	0.30	0.40	1.37	314
42	900	163	67	7.5	8.7	83.8	4.6	0.18	2.89	0.29	0.50	1.42	408
43	888	192	66	7.5	7.5	85.0	3.4	0.22	2.45	0.30	0.48	1.45	315
44	873	199	77	8.8	4.5	86.7	3.9	0.23	2.69	0.33	0.49	1.39	270
45	900	278	87	9.7	3.7	86.6	6.6	0.31	2.52	0.32	0.41	1.37	332
46	888	208	64	7.2	6.4	86.4	6.2	0.23	2.33	0.30	0.41	1.33	239
47	939	201	75	8.0	9.5	82.5	4.0	0.21	2.46	0.31	0.48	1.34	219
48	908	165	70	7.7	9.1	83.2	5.1	0.18	2.87	0.29	0.49	1.40	268
49	915	195	81	8.9	8.6	82.5	3.2	0.21	2.57	0.30	0.54	1.44	258
50	910	173	61	6.7	10.0	83.2	7.5	0.20	2.48	0.30	0.44	1.37	186
51	870	169	55	6.3	6.5	87.2	7.3	0.19	2.54	0.30	0.42	1.41	243
52	884	185	59	6.6	7.7	85.7	5.0	0.21	2.49	0.30	0.43	1.41	245
53	900	203	65	7.2	8.3	84.5	6.8	0.23	2.46	0.31	0.40	1.33	229
54	903	221	61	6.8	9.2	84.0	6.2	0.25	2.63	0.30	0.40	1.39	238
55	915	166	70	7.6	10.0	82.4	5.8	0.18	2.94	0.28	0.49	1.40	243
56	880	170	55	6.1	8.2	85.7	6.8	0.19	2.40	0.30	0.41	1.32	230
57	877	175	57	6.5	6.3	87.2	5.2	0.20	2.40	0.30	0.44	1.38	260
58	923	199	76	8.2	10.0	81.8	4.0	0.22	2.32	0.30	0.53	1.43	248
59	895	216	83	9.3	6.4	84.3	7.4	0.24	2.45	0.32	0.48	1.29	208
60	853	208	65	7.7	3.5	88.8	5.2	0.24	2.57	0.32	0.41	1.42	420
61	834	218	58	7.0	3.0	89.9	5.9	0.26	2.50	0.31	0.36	1.43	417
62	887	219	67	7.6	6.4	86.0	6.4	0.25	2.44	0.31	0.40	1.39	315
63	878	212	51	5.8	7.6	86.6	6.2	0.24	2.20	0.33	0.32	1.40	400
64	845	188	47	5.5	4.5	90.0	7.3	0.22	2.44	0.32	0.34	1.39	283
65	886	219	48	4.9	8.5	86.6	21.6	0.25	2.00	0.34	0.34	1.37	212
66	858	230	41	4.8	7.6	87.6	12.7	0.27	1.96	0.33	0.30	1.37	262
67	863	228	48	5.6	6.6	87.8	7.5	0.26	2.00	0.33	0.33	1.33	289
68	886	227	55	6.2	8.2	85.6	8.1	0.26	2.12	0.33	0.38	1.32	224
69	900	240	46	5.1	10.9	84.0	10.2	0.27	1.94	0.33	0.30	1.28	291
70	887	238	56	6.3	8.5	85.2	7.7	0.27	2.01	0.33	0.34	1.25	298

第 3 表 (2)

番 號	装入物中の量		鋳中の マンガン 量	マンガン損失 %		採取率%		装入物中の比		酸化マン ガンに對 する炭素	鋳中の比		鋳の生 成速度
	Mn	SiO <sub>2</sub>		鋳	揮散	Mn	Si	SiO <sub>2</sub>	石灰石 SiO <sub>2</sub>		Mn SiO <sub>2</sub>	CaO SiO <sub>2</sub>	
71	831	229	47	5.7	4.9	90.3	10.9	0.28	2.03	0.34	0.31	1.29	301
72	834	232	48	5.7	3.9	90.3	10.6	0.28	2.10	0.32	0.31	1.33	288
73	866	197	46	5.3	7.5	87.2	9.2	0.23	2.01	0.33	0.36	1.31	145
74	881	197	49	5.5	8.6	85.9	12.2	0.22	2.07	0.33	0.38	1.35	137
75	852	192	43	5.6	5.5	88.9	8.9	0.23	2.04	0.33	0.37	1.31	247
76	878	186	37	4.2	9.3	86.5	19.2	0.21	1.94	0.30	0.32	1.30	134
77	881	206	48	5.4	8.5	86.1	11.4	0.23	1.86	0.32	0.36	1.20	213
78	877	197	46	5.2	8.2	86.6	12.1	0.22	1.86	0.32	0.37	1.25	205
79	863	207	51	5.8	8.2	86.0	8.8	0.23	1.95	0.33	0.36	1.21	232
80	853	197	36	4.2	7.4	88.4	20.5	0.23	1.85	0.30	0.30	1.23	156
81	901	205	46	5.1	10.6	84.3	11.9	0.23	1.97	0.34	0.34	1.23	237
82	906	234	59	6.5	9.7	83.8	6.2	0.26	1.92	0.29	0.40	1.29	276
83	870	198	48	5.5	7.3	87.2	9.2	0.23	2.06	0.32	0.37	1.36	265
84	863	193	32	3.7	8.7	87.6	22.3	0.22	1.73	0.37	0.30	1.31	150
85	1131	2401	321	28.2	4.1	67.7	0.8	2.12	3.11	0.27	0.20	1.53	955
86	1073	2001	291	27.1	3.0	69.9	1.7	1.86	3.27	0.20	0.21	1.45	816
87	860	185	45	5.3	5.9	88.8	22.4	0.22	1.79	0.31	0.39	1.21	182
88	876	200	53	6.0	6.5	87.5	9.0	0.23	2.27	0.30	0.40	1.45	230
89	876	235	55	6.3	6.9	86.8	19.1	0.27	2.23	0.34	0.37	1.50	208
90	915	242	83	9.1	7.8	83.0	11.3	0.27	2.44	0.35	0.41	1.25	254
91	876	234	59	6.8	4.3	88.9	15.5	0.25	2.18	0.36	0.35	1.31	227
92	870	231	61	7.0	5.4	87.1	12.6	0.27	2.40	0.33	0.35	1.34	233
93	908	234	72	7.9	8.3	85.8	8.8	0.26	2.39	0.33	0.40	1.35	248
94	943	319	101	10.7	9.0	80.3	9.1	0.34	2.76	0.36	0.46	1.23	189
95	860	221	45	5.3	5.0	89.7	10.5	0.26	2.39	0.34	0.28	1.40	174
96	870	227	38	4.4	7.7	87.9	15.0	0.26	1.53	0.33	0.33	1.26	119
97	940	221	65	6.9	12.2	80.9	15.4	0.24	3.65	0.33	0.36	1.30	159
98	877	239	64	7.3	5.8	86.9	12.9	0.27	3.53	0.33	0.34	1.23	160
99	943	294	85	9.4	7.3	83.3	9.1	0.31	3.10	0.34	0.36	1.33	247
100	850	187	67	7.9	3.6	88.5	11.5	0.22	2.66	0.33	0.43	1.27	172
101	853	227	82	9.6	1.6	88.8	9.5	0.27	2.05	0.32	0.46	1.11	195
102	920	236	68	7.5	8.8	83.7	8.1	0.26	2.06	0.34	0.51	1.13	143
103	915	260	96	10.5	5.9	83.6	4.5	0.28	2.11	0.33	0.50	1.23	217
104	903	244	68	7.6	7.6	84.8	6.7	0.27	1.82	0.29	0.40	1.14	214
105	960	247	80	8.3	12.4	79.3	8.0	0.26	1.90	0.32	0.48	1.26	192
106	977	243	76	7.7	13.7	78.6	10.8	0.25	1.95	0.40	0.46	1.23	211
107	925	223	68	7.4	9.9	82.7	7.2	0.24	1.89	0.30	0.42	1.13	162
108	994	264	67	6.8	16.4	76.8	11.3	0.27	1.81	0.33	0.38	1.10	173
109	888	229	87	9.9	4.9	85.2	8.4	0.26	2.07	0.29	0.47	1.15	201
110	902	197	66	7.3	8.3	84.4	6.3	0.22	1.94	0.30	0.44	1.10	180
111	1028	226	88	8.6	17.4	74.0	9.8	0.22	1.95	0.45	0.56	1.24	156
112	1022	236	118	11.8	13.9	74.3	9.9	0.23	2.02	0.42	0.62	1.11	193
113	1012	232	83	5.4	19.3	75.3	20.1	0.23	1.90	0.42	0.50	1.15	180
114	1016	248	93	8.4	22.0	69.6	16.4	0.24	1.96	0.56	0.48	1.10	200
115	1036	396	135	12.9	18.2	73.4	11.6	0.38	1.92	0.49	0.44	1.10	277
116	1020	383	98	9.6	14.9	75.5	13.7	0.38	1.89	0.47	0.35	1.14	131
117	978	204	88	9.0	13.8	77.2	6.5	0.21	1.96	0.44	0.59	1.11	207
118	979	202	85	8.7	13.3	78.0	7.2	0.21	2.03	0.45	0.57	1.19	201

行ふと第3表の如くである。



上表に於けるマンガン及び珪素の採取率は原料中の總量、即ち例へばフェロマンガンの如く金属状態で装入された量も含むだものに對しての計算である。

マンガン化合物に對する炭素量は、他の金属例へば鐵、クロム等を還元するのに必要な當量及び製品中に炭化物炭

素として含有さるべき量を、装入したコークス、或は無煙炭及び消費された電板の量の合計から差引いて示した數値である。フェロマンガンの炭素量は、マンガン、鐵及び珪素の含有量によつて自然に定まるのであつて、中珪素が最も強い影響を與へるのであるが、計算を簡單にするため

第 4 表

番 號	モル					全 モル	分子率		素珪 の重 量%	K' ( $F_{MnO}$ ) <sup>2</sup> ( $Si$ ) $\times 10^{-4}$
	MnO	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO		$F_{MnO}$	SiO <sub>2</sub>		
1	0.293	0.513	0.647	0.102	0.021	1576	0.186	0.326	0.0101	3.49
2	0.205	0.550	0.732	0.079	0.059	1625	0.126	0.338	0.0120	1.91
3	0.242	0.493	0.711	0.095	0.072	1613	0.150	0.306	0.0085	1.91
4	0.253	0.502	0.712	0.109	0.023	1560	0.159	0.315	0.0054	1.37
5	0.220	0.531	0.741	0.089	0.021	1602	0.137	0.331	0.0061	1.15
6	0.214	0.556	0.740	0.082	0.018	1610	0.133	0.345	0.0084	1.48
7	0.249	0.540	0.744	0.074	0.005	1612	0.154	0.335	0.0052	1.23
8	0.253	0.516	0.765	0.071	0.002	1607	0.157	0.321	0.0026	0.62
9	0.250	0.516	0.753	0.080	0.013	1612	0.155	0.320	0.0049	1.18
10	0.215	0.552	0.767	0.080	0.006	1620	0.133	0.340	0.0105	1.86
11	0.228	0.547	0.774	0.062	0.008	1619	0.141	0.340	0.0072	1.43
12	0.224	0.548	0.750	0.089	0.003	1614	0.139	0.340	0.0075	1.45
13	0.205	0.536	0.777	0.089	0.005	1612	0.127	0.332	0.0094	1.52
14	0.205	0.549	0.786	0.081	0.003	1624	0.126	0.338	0.0092	1.46
15	0.222	0.528	0.760	0.077	0.029	1616	0.137	0.327	0.0055	1.03
16	0.221	0.521	0.765	0.090	0.002	1599	0.138	0.326	0.0073	1.39
17	0.237	0.558	0.751	0.073	0.002	1621	0.146	0.345	0.0059	1.26
18	0.219	0.559	0.747	0.088	0.003	1616	0.136	0.346	0.0085	1.57
19	0.242	0.519	0.717	0.089	0.029	1596	0.152	0.326	0.0055	1.27
20	0.228	0.549	0.760	0.075	0.001	1613	0.141	0.341	0.0062	1.23
21	0.250	0.572	0.748	0.056	0.003	1629	0.153	0.351	0.0041	0.96
22	0.232	0.542	0.787	0.057	0.001	1619	0.143	0.334	0.0049	1.00
23	0.225	0.553	0.766	0.070	0.001	1615	0.139	0.343	0.0083	1.61
24	0.201	0.542	0.730	0.089	0.001	1613	0.125	0.336	0.0087	1.36
25	0.226	0.535	0.767	0.086	0.000	1614	0.140	0.332	0.0072	1.41
26	0.228	0.536	0.748	0.090	0.001	1603	0.142	0.334	0.0069	1.39
27	0.267	0.544	0.733	0.067	0.005	1616	0.165	0.337	0.0050	1.36
28	0.231	0.538	0.770	0.077	0.001	1617	0.143	0.333	0.0080	1.64
29	0.209	0.534	0.775	0.079	0.016	1613	0.129	0.331	0.0111	1.85
30	0.200	0.542	0.794	0.079	0.013	1623	0.123	0.332	0.0118	1.79
31	0.189	0.540	0.789	0.082	0.015	1615	0.117	0.334	0.0119	1.63
32	0.187	0.532	0.771	0.081	0.057	1628	0.115	0.326	0.0086	1.14
33	0.263	0.523	0.700	0.081	0.037	1604	0.164	0.326	0.0060	1.61
34	0.222	0.527	0.742	0.081	0.044	1616	0.137	0.326	0.0090	1.69
35	0.229	0.539	0.760	0.072	0.012	1612	0.142	0.335	0.0068	1.37
36	0.212	0.553	0.758	0.060	0.004	1607	0.132	0.344	0.0120	2.09
37	0.213	0.538	0.769	0.074	0.024	1618	0.132	0.333	0.0082	1.43
38	0.208	0.533	0.778	0.079	0.016	1614	0.129	0.330	0.0086	1.43
39	0.187	0.535	0.778	0.074	0.060	1634	0.114	0.327	0.0139	1.81
40	0.217	0.527	0.779	0.072	0.009	1614	0.140	0.326	0.0055	1.08
41	0.233	0.530	0.777	0.077	0.003	1620	0.144	0.327	0.0050	1.04
42	0.272	0.503	0.767	0.067	0.004	1613	0.169	0.312	0.0035	1.00
43	0.256	0.494	0.769	0.070	0.023	1612	0.159	0.307	0.0030	0.76
44	0.265	0.494	0.734	0.087	0.013	1593	0.166	0.310	0.0036	0.99
45	0.236	0.531	0.778	0.061	0.016	1622	0.145	0.327	0.0085	1.79
46	0.241	0.539	0.766	0.066	0.003	1615	0.149	0.334	0.0060	1.33
47	0.270	0.516	0.741	0.079	0.005	1611	0.168	0.320	0.0038	1.07
48	0.271	0.503	0.758	0.073	0.004	1609	0.168	0.313	0.0037	1.04
49	0.283	0.478	0.738	0.074	0.035	1608	0.176	0.298	0.0029	0.90
50	0.248	0.513	0.751	0.075	0.021	1608	0.154	0.319	0.0062	1.47
51	0.239	0.521	0.783	0.072	0.008	1623	0.147	0.321	0.0058	1.25
52	0.239	0.513	0.776	0.070	0.017	1615	0.148	0.318	0.0052	1.14
53	0.235	0.536	0.767	0.081	0.003	1622	0.145	0.330	0.0065	1.37
54	0.226	0.523	0.779	0.081	0.009	1618	0.140	0.323	0.0064	1.25
55	0.271	0.507	0.760	0.074	0.003	1615	0.168	0.313	0.0045	1.27
56	0.239	0.532	0.751	0.071	0.021	1614	0.148	0.329	0.0054	1.18
57	0.246	0.515	0.759	0.077	0.006	1603	0.153	0.321	0.0042	0.98
58	0.280	0.486	0.743	0.076	0.015	1600	0.175	0.304	0.0037	1.13
59	0.270	0.517	0.714	0.079	0.019	1599	0.169	0.323	0.0075	2.14
60	0.224	0.501	0.761	0.085	0.044	1615	0.139	0.310	0.0050	0.97
61	0.197	0.507	0.776	0.085	0.064	1629	0.121	0.311	0.0060	0.88
62	0.227	0.506	0.752	0.079	0.058	1622	0.140	0.312	0.0065	1.27
63	0.179	0.528	0.793	0.086	0.033	1619	0.111	0.327	0.0061	0.75
64	0.191	0.522	0.774	0.079	0.070	1636	0.117	0.319	0.0064	0.88
65	0.199	0.533	0.760	0.080	0.053	1625	0.122	0.328	0.0221	3.29
66	0.172	0.529	0.776	0.081	0.083	1640	0.105	0.323	0.0136	1.50
67	0.191	0.526	0.749	0.080	0.096	1642	0.116	0.321	0.0075	1.01
68	0.214	0.519	0.735	0.072	0.101	1641	0.130	0.317	0.0086	1.45
69	0.179	0.544	0.750	0.083	0.078	1634	0.109	0.333	0.0115	1.37
70	0.200	0.534	0.717	0.080	0.154	1685	0.119	0.317	0.0086	1.22
71	0.181	0.535	0.742	0.092	0.081	1631	0.111	0.326	0.0116	1.43
72	0.176	0.521	0.744	0.094	0.098	1633	0.108	0.319	0.0115	1.34
73	0.200	0.507	0.713	0.098	0.112	1630	0.123	0.311	0.0085	1.29
74	0.219	0.523	0.758	0.088	0.109	1607	0.136	0.325	0.0112	2.07
75	0.206	0.518	0.727	0.100	0.058	1609	0.128	0.323	0.0080	1.31
76	0.186	0.526	0.734	0.097	0.082	1625	0.114	0.324	0.0182	2.37
77	0.213	0.542	0.712	0.089	0.084	1640	0.130	0.330	0.0107	1.81
78	0.212	0.529	0.706	0.098	0.064	1609	0.132	0.329	0.0111	1.94
79	0.212	0.537	0.696	0.104	0.054	1603	0.132	0.334	0.0085	1.48
80	0.176	0.533	0.732	0.088	0.116	1645	0.107	0.324	0.0189	2.16
81	0.199	0.529	0.726	0.086	0.091	1631	0.122	0.325	0.0114	1.70
82	0.223	0.518	0.713	0.088	0.079	1621	0.138	0.320	0.0068	1.30
83	0.205	0.514	0.730	0.092	0.084	1625	0.126	0.316	0.0085	1.35
84	0.168	0.522	0.732	0.100	0.116	1638	0.103	0.318	0.0201	2.13
85	0.106	0.492	0.803	0.100	0.168	1669	0.064	0.294	0.0093	0.38
86	0.115	0.497	0.771	0.102	0.185	1670	0.069	0.297	0.0155	0.74
87	0.224	0.528	0.684	0.092	0.094	1622	0.133	0.326	0.0193	3.67
88	0.215	0.498	0.776	0.079	0.059	1627	0.132	0.306	0.0084	1.46
89	0.197	0.494	0.792	0.081	0.069	1633	0.121	0.303	0.0120	3.06
90	0.247	0.548	0.736	0.075	0.003	1609	0.154	0.341	0.0128	3.03
91	0.207	0.534	0.750	0.083	0.047	1581	0.131	0.338	0.0169	2.90
92	0.203	0.536	0.768	0.075	0.049	1619	0.125	0.331	0.0136	2.13
93	0.229	0.522	0.756	0.075	0.037	1619	0.141	0.322	0.0096	1.91
94	0.262	0.527	0.742	0.074	0.019	1624	0.161	0.324	0.0135	3.50
95	0.167	0.539	0.806	0.079	0.040	1531	0.109	0.352	0.0108	1.28
96	0.199	0.553	0.750	0.079	0.041	1622	0.123	0.342	0.0159	2.41
97	0.211	0.535	0.743	0.086	0.035	1610	0.131	0.332	0.0159	2.73
98	0.198	0.535	0.732	0.092	0.059	1616	0.122	0.331	0.0144	2.14
99	0.195	0.505	0.748	0.106	0.056	1610	0.121	0.314	0.0124	1.82
100	0.225	0.478	0.703	0.115	0.080	1601	0.141	0.299	0.0100	1.99
101	0.262	0.525	0.627	0.108	0.068	1590	0.165	0.330	0.0101	2.75
102	0.290	0.520	0.632	0.080	0.018	1540	0.188	0.338	0.0089	3.14
103	0.281	0.518	0.684	0.098	0.003	1584	0.177	0.327	0.0054	1.69
104	0.246	0.561	0.687	0.094	0.003	1591	0.155	0.352	0.0076	1.82
105	0.265	0.508	0.683	0.109	0.006	1571	0.169	0.324	0.0092	2.62
106	0.255	0.507	0.669	0.113	0.037	1581				

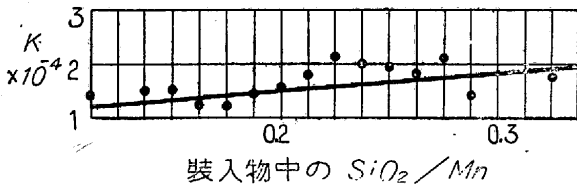
に、全例を通じて炭素量は 6.5% と一定値に假定した。又電板の消費量は大体一定してゐるものであるから、使用電力量 100kWh に就て 0.9kg と假定した。

鍍其他の既に石灰分を含む原料が使用された場合其の石灰量は當量の石灰石量に換算した。金屬状態で裝入された珪素も之を當量の珪酸に換算してある。鍍の生成速度とは毎時生成される量を kg で示したものである。

さて上記の諸表を基として擬平衡恆數  $K'$  を計算して見る。此場合  $MnO$  の濃度は、それが如何なる状態に存在するかを知る手段は無いので、此處では  $(\Sigma MnO)$  と表す。結果は第4表の如くなる。

かく計算された  $K'$  の値を見るに相當大きな變化範圍があつて、最小値は 85 の  $0.38 \cdot 10^{-4}$ 、最大値は 113 の  $6.75 \cdot 10^{-4}$  である。大體の傾向に於て或一致は觀取し得るが、このやうな大きな變化があつて之を恆數の一つと考へることは、例へ此値が温度の函數であることを考慮に入れても、無理である。他に何等かの原因がなければならぬ。

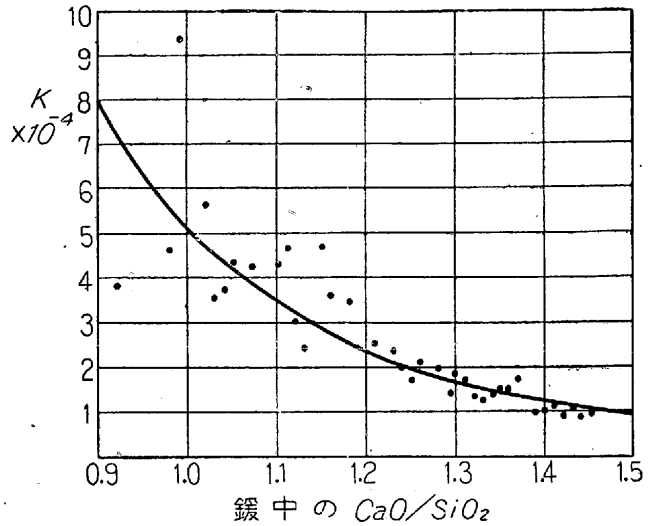
前表に於て此  $K'$  の値を變化せしめる何等かの因子があるや否やを見るために、夫等の値を  $K'$  の値に對してプロットして見るに、先づ原料中のマンガンが珪酸に對する比例、即ち原鉛の品位は影響を與へないことは第1圖で明ら



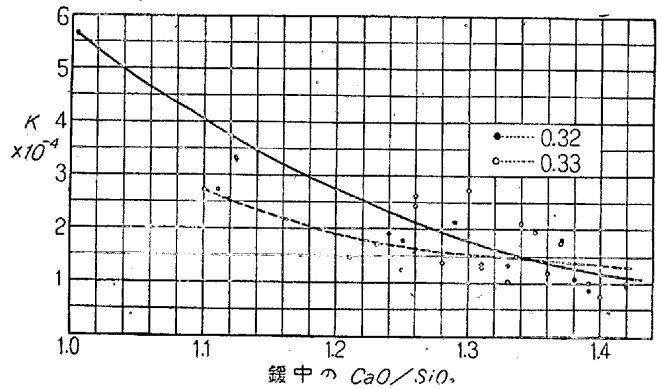
第 1 圖

かであり、又還元劑の量も此變化に與らないことも判明する。然し鍍中の石灰が珪酸に對する比を對照して見ると、之が  $K'$  の値の變化に對して、或明かな、一定した關係を有することが、第2圖、第3圖、第4圖に見る如く極めて明かである。之等の  $K'$  の値は、それが對する因子に就ての數値の平均を以てプロットしたものである。

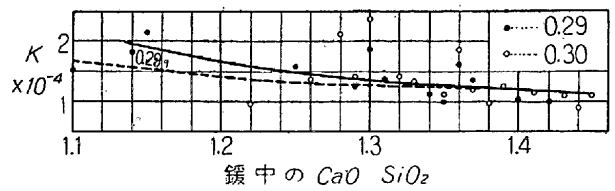
此現象の理由は次の如くであると考へられる。鍍中の酸化マンガン、 $MnO$  は其の中に種々の状態に存在し得ると考へられる。然し此反應に参加するのは其の全部、即ち  $\Sigma MnO$  ではなくて、其の一部のみが参加するものであつて、平衡を考へるには先づ其量を決定しなければならぬ。即ち別に考へれば  $\Sigma MnO$  の活動係數 (activity) を知らなければならぬ。現在に於て此量を直接測定すること



第 2 圖



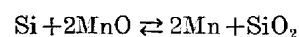
第 3 圖



第 4 圖

は全く不可能であるが、少なくとも、 $\Sigma MnO$  も一つの鹽基であり、 $CaO$  はそれより一層強力な鹽基であるから、鍍の鹽基度が  $MnO$  の解放度、即ち活動係數の増減に影響を有することは想像し得ることである。

第2圖、第3圖、第4圖を見ると  $K'$  の値は、鍍の  $CaO/SiO_2$  が 1.5 に對する  $0.9 \cdot 10^{-4}$  で殆んど一定の値を採る如く見える。よつて此  $CaO/SiO_2$  の値に於て



なる反應に與る  $MnO$  が最大の解放度を有すると考へても

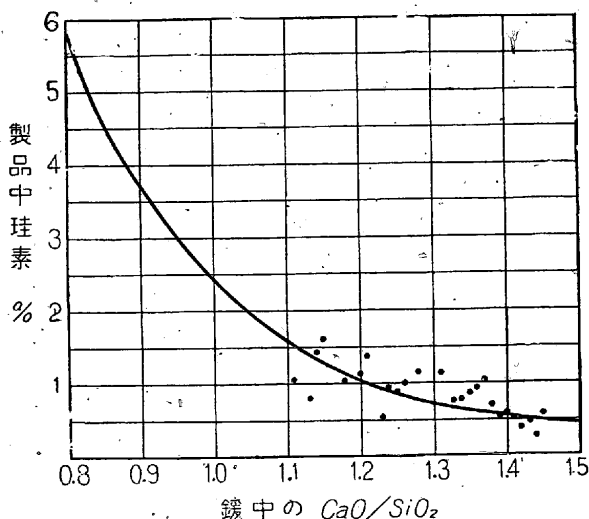
差支ない。勿論その絶対値は知ることができない。Sch-enek 及び Bruggemann は  $(\text{MnO})_2\text{SiO}_2$  の解離平衡恒数  $D_{((\text{MnO})_2\text{SiO}_2)}$  として次の如き數を發表してゐる。

$$\log D_{((\text{MnO})_2\text{SiO}_2)} = \log \frac{(\text{MnO})^2(\text{SiO}_2)}{((\text{MnO})_2\text{SiO}_2)}$$

$$= -\frac{18880}{T} + 10.77$$

然し之等を考慮することは現在の問題に對して不要であり、又フェロマンガンの如く複雑な組成を有するものに純理論を適用することは徒らに計算を複雑にし、且つ不結果に陥る。よつて理論的には更により1小さい或係數を乗じなければならないのであるが、此處では  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  が 1.5 の時反應  $\text{MnO}$  の量は  $\Sigma\text{MnO}$  に等しいと假定する。此値を基礎として鑛の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  値の減少に對して活動  $\text{MnO}$  の量が  $\Sigma\text{MnO}$  に對して如何なる割合に減對して行くかを定めても大過ないものと考へられる。

此處で  $\Sigma\text{MnO}$  のなるべく一定の値を有する場合の鑛中の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比に對して珪素量をプロットして見ると第5圖の如くである。但し此圖に於て  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  の低い値に於ける部分は外挿された曲線である。



第5圖  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  が 1.0 以下の場合は稀であつてこれらの部分に對する曲線は最も近いと思はれる値を外挿した

$K'$  は一つの定數であり、一定溫度に於ては與へられた  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比に對する珪素量に就て一定であるべき性質の數値であるから  $\Sigma\text{MnO}$  中の活動  $\text{MnO}$  は次の如き計算によつて得られる値であると想像せられる。

$\text{CaO}/\text{SiO}_2$  比が 1.5 の場合  $K'$  は  $0.9 \cdot 10^{-4}$  で之に對する  $\Sigma\text{MnO}$ 、即ち此場合活動  $\text{MnO}$  に等しいと假定するものの分子率は 0.134 であり之を基礎として、

$$\text{活動 MnO 分子率} = \sqrt{0.9 \cdot 10^{-4} / [Si]}$$

である。

第5圖に於て  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  に對する  $[Si]$  を見出して計算すると第5表の如くなる。

第 5 表

$\text{CaO}/\text{SiO}_2$	$[Si]$	(MnO) (分子率)	$\frac{(\text{MnO})}{(\Sigma\text{MnO})}$
1.5	0.0050	0.134	1.00
1.4	0.0055	0.128	0.94
1.3	0.0070	0.113	0.84
1.2	0.0100	0.095	0.71
1.1	0.0160	0.074	0.56
1.0	0.0240	0.061	0.46
0.9	0.0370	0.049	0.36
0.8	0.0580	0.039	0.29

$\text{CaO}/\text{SiO}_2$  に對する  $(\text{MnO})/(\Sigma\text{MnO})$  は第6圖に示す如くなる。

上記の假定が正しいか、誤つてゐるかは、各例に就てその鑛の  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$  に應じ、 $(\text{MnO})/(\Sigma\text{MnO})$  の比を見出し、之に各例の實際分析結果による珪素量を以て  $(\text{MnO})^2 \cdot [Si]$  を計算して見て見れば之を確め得る。此計算の數を  $K''$  とすると  $K''$  は第6表の如くなる。

此第6表に見る  $K''$  の値は  $K'$  に比して遙かに互に一致してゐるものと認められる。最小値は例 85 の  $0.38 \cdot 10^{-4}$ 、最大値は例 89 の  $3.06 \cdot 10^{-4}$  であつて、此假定が正しいことを證明してゐる。即ち鑛の鹽基度が  $\text{MnO}$  の活動係數に及ぼす影響が著しいことを知る。  $K''$  が  $2.00 \cdot 10^{-4}$  より大きい例に就て、何等か原因が存すると考へられるので詳細に見ると例 65, 89, 91 及び 94 に於ては硫黄を含むこと多量な北海道産の稻倉石鑛石が全量の半分以上使用されてゐる。又例 112 に於ては同じく多量の硫黄を含む支那産の燐石が無煙炭と共に還元劑として使用されてゐることを見出す。前に述べた如く硫黄を含む原料は爐内溫度を著しく上昇せしめ、珪素の還元を多からしめ、従つて此の計算方法による  $K''$  の値を異常に大ならしめる。硫黄を含む鑛石の分析例を若干次にす。

番號	Mn	$\text{SiO}_2$	Fe	$\text{Al}_2\text{O}_3$	P	S
1	39.42	16.97	6.31	2.00	0.050	2.64
2	37.81	19.62	6.66	1.79	0.076	2.33
3	38.05	2.45	3.17	0.61	0.024	1.73
4	37.30	3.91	3.40	0.79	0.022	1.72
5	40.20	2.96	2.72	1.46	0.020	1.72

$K''$  の値は勿論溫度によつて變化するものであるが之等多數の例の夫々の平均値は大體その溫度に對する  $K''$  の値

第 6 表

番 號	CaO SiO <sub>2</sub>	(MnO) (ΣMnO)	(ΣMnO)	(MnO)	[Si]	K'' ×10 <sup>-4</sup>	番 號	CaO SiO <sub>2</sub>	(MnO) (ΣMnO)	(ΣMnO)	(MnO)	[Si]	K'' ×10 <sup>-4</sup>
1	1.18	0.67	0.186	0.125	0.0101	1.58	61	1.43	0.96	0.121	0.116	0.0060	0.81
2	1.24	0.77	0.126	0.097	0.0120	1.13	62	1.39	0.93	0.140	0.130	0.0065	1.10
3	1.35	0.90	0.150	0.135	0.0085	1.55	63	1.40	0.94	0.111	0.104	0.0061	0.66
4	1.32	0.87	0.159	0.138	0.0054	1.03	64	1.39	0.93	0.117	0.109	0.0064	0.76
5	1.30	0.85	0.137	0.116	0.0061	0.82	65	1.37	0.91	0.122	0.111	0.0221	2.72
6	1.24	0.77	0.133	0.102	0.0084	0.87	66	1.37	0.91	0.105	0.096	0.0136	1.25
7	1.29	0.83	0.154	0.128	0.0052	0.85	67	1.33	0.88	0.116	0.102	0.0075	0.86
8	1.39	0.93	0.157	0.146	0.0026	0.55	68	1.32	0.87	0.130	0.113	0.0086	1.10
9	1.36	0.90	0.155	0.139	0.0049	0.95	69	1.28	0.82	0.109	0.090	0.0115	0.93
10	1.30	0.85	0.133	0.113	0.0105	1.34	70	1.25	0.78	0.119	0.093	0.0086	0.74
11	1.32	0.87	0.141	0.123	0.0072	1.09	71	1.29	0.83	0.111	0.092	0.0116	0.98
12	1.28	0.82	0.139	0.114	0.0075	0.98	72	1.33	0.87	0.108	0.094	0.0115	1.02
13	1.35	0.90	0.127	0.114	0.0094	1.22	73	1.31	0.86	0.123	0.106	0.0085	0.96
14	1.34	0.89	0.126	0.112	0.0092	1.16	74	1.35	0.90	0.136	0.122	0.0112	1.67
15	1.34	0.89	0.137	0.122	0.0055	0.82	75	1.31	0.86	0.128	0.110	0.0080	0.97
16	1.37	0.91	0.138	0.126	0.0073	1.16	76	1.30	0.84	0.114	0.096	0.0182	1.68
17	1.25	0.78	0.146	0.114	0.0059	0.77	77	1.20	0.71	0.130	0.092	0.0107	0.91
18	1.25	0.78	0.136	0.106	0.0085	0.96	78	1.25	0.78	0.132	0.103	0.0111	1.18
19	1.28	0.82	0.152	0.125	0.0055	0.86	79	1.21	0.72	0.132	0.095	0.0085	0.77
20	1.29	0.83	0.141	0.117	0.0062	0.85	80	1.28	0.82	0.107	0.088	0.0189	1.46
21	1.22	0.74	0.153	0.113	0.0041	0.52	81	1.28	0.82	0.122	0.100	0.0114	1.14
22	1.35	0.90	0.143	0.129	0.0049	0.82	82	1.29	0.83	0.138	0.114	0.0068	0.89
23	1.29	0.83	0.139	0.115	0.0083	1.10	83	1.36	0.90	0.126	0.113	0.0085	1.09
24	1.34	0.89	0.125	0.111	0.0087	1.07	84	1.31	0.86	0.103	0.089	0.0201	1.59
25	1.34	0.89	0.140	0.125	0.0072	1.13	85	1.53	1.00	0.064	0.064	0.0093	0.38
26	1.30	0.85	0.142	0.121	0.0069	1.01	86	1.45	0.97	0.069	0.067	0.0155	0.70
27	1.26	0.79	0.165	0.130	0.0050	0.85	87	1.21	0.72	0.138	0.099	0.0193	1.89
28	1.34	0.89	0.143	0.127	0.0080	1.29	88	1.45	0.97	0.132	0.128	0.0084	1.37
29	1.36	0.90	0.129	0.116	0.0111	1.49	89	1.50	1.00	0.121	0.121	0.0209	3.06
30	1.37	0.91	0.123	0.112	0.0118	1.48	90	1.25	0.78	0.154	0.120	0.0128	1.84
31	1.36	0.90	0.117	0.105	0.0119	1.31	91	1.31	0.86	0.131	0.113	0.0169	2.16
32	1.35	0.90	0.115	0.103	0.0086	0.91	92	1.34	0.89	0.125	0.111	0.0136	1.68
33	1.25	0.78	0.164	0.128	0.0060	0.98	93	1.35	0.90	0.141	0.127	0.0096	1.55
34	1.31	0.86	0.137	0.118	0.0090	1.25	94	1.28	0.82	0.161	0.132	0.0135	2.36
35	1.31	0.86	0.142	0.122	0.0068	1.01	95	1.40	0.94	0.109	0.102	0.0108	1.12
36	1.28	0.82	0.132	0.108	0.0120	1.40	96	1.26	0.79	0.123	0.097	0.0159	1.49
37	1.33	0.88	0.132	0.116	0.0082	1.10	97	1.30	0.84	0.131	0.110	0.0159	1.93
38	1.36	0.90	0.129	0.116	0.0086	1.16	98	1.28	0.82	0.122	0.100	0.0144	1.44
39	1.36	0.90	0.114	0.103	0.0139	1.48	99	1.38	0.92	0.121	0.111	0.0124	1.53
40	1.38	0.92	0.140	0.129	0.0055	0.92	100	1.37	0.91	0.141	0.128	0.0100	1.64
41	1.37	0.91	0.144	0.131	0.0050	0.86	101	1.11	0.53	0.165	0.096	0.0101	0.93
42	1.42	0.95	0.169	0.161	0.0035	0.91	102	1.13	0.60	0.188	0.113	0.0089	1.14
43	1.45	0.97	0.159	0.154	0.0030	0.71	103	1.23	0.75	0.177	0.133	0.0054	0.99
44	1.39	0.93	0.166	0.154	0.0036	0.86	104	1.14	0.61	0.155	0.095	0.0076	0.69
45	1.37	0.91	0.145	0.132	0.0085	1.48	105	1.26	0.79	0.169	0.133	0.0092	1.63
46	1.33	0.88	0.149	0.131	0.0060	1.03	106	1.23	0.75	0.161	0.121	0.0122	1.79
47	1.34	0.89	0.168	0.149	0.0038	0.84	107	1.13	0.60	0.154	0.092	0.0075	0.64
48	1.40	0.94	0.163	0.158	0.0037	0.92	108	1.10	0.56	0.140	0.078	0.0139	0.85
49	1.44	0.97	0.176	0.171	0.0029	0.95	109	1.15	0.51	0.155	0.079	0.0090	0.56
50	1.37	0.91	0.154	0.140	0.0062	1.22	110	1.10	0.56	0.162	0.091	0.0058	0.49
51	1.41	0.94	0.147	0.138	0.0058	1.10	111	1.24	0.77	0.192	0.148	0.0103	2.26
52	1.41	0.94	0.148	0.139	0.0052	1.00	112	1.11	0.58	0.243	0.141	0.0108	2.15
53	1.33	0.88	0.145	0.128	0.0065	1.06	113	1.15	0.51	0.176	0.090	0.0218	1.77
54	1.39	0.93	0.140	0.130	0.0064	1.08	114	1.10	0.56	0.178	0.100	0.0190	1.90
55	1.40	0.94	0.168	0.153	0.0045	1.12	115	1.10	0.56	0.171	0.096	0.0214	1.97
56	1.32	0.87	0.148	0.129	0.0054	0.90	116	1.14	0.61	0.141	0.086	0.0244	1.80
57	1.38	0.92	0.153	0.141	0.0042	0.84	117	1.17	0.66	0.204	0.135	0.0063	1.15
58	1.43	0.96	0.175	0.163	0.0037	1.04	118	1.19	0.69	0.196	0.135	0.0068	1.24
59	1.29	0.83	0.169	0.140	0.0075	1.47							
60	1.42	0.95	0.139	0.132	0.0050	0.87							

と考へて差支無いものと思はれ、此温度は後に述べる方法によると 1340°C と推定される。

$$K'' = 1.185 \cdot 10^{-4} = (\text{MnO})^2 [\text{Si}] \quad 1340^\circ\text{C}$$

第9圖に見る曲線は石灰の鏝中に於ける作用に就てある事實を示してゐる。CaO/SiO<sub>2</sub> の値が略 1.20 の處で曲線は

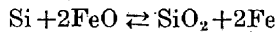
方向を變化してゐる。此等の變化に就ては、

$$\frac{d((\text{MnO})/(\Sigma\text{MnO}))}{d((\text{CaO})/(\text{SiO}_2))}$$

此點に於て最大値を有する。即ち此點に就て鹽基度はその最大の影響を與へるのである。或 ΣMnO の値に對して此

附近では鹽基度の僅かの變化も珪素の還元には大きな影響を與へる。此點以上では石灰の影響は漸減し、石灰、珪酸の比が 1.50 以上に於ては (MnO) の量に及ぼす影響は全く無い如く見える。故に装入の計算に當つては此事實を認識して行はなければならない。例へば 45% マンガン位の通常の品位の鑛石に就ては CaO/SiO<sub>2</sub> 比は 1.3 乃至 1.4 位が適當であらう。過剰の石灰石装入は言ふまでも無く電力の無用の消費となり、又鑛が過度に鹽基性になれば著しく粘稠となるため爐内からの流出に困難となり、之を補正するために鑛中の酸化マンガンの量を多くする必要が生じ、従つてマンガンの損失を増大する。

鐵鑛石の還元の場合に於ても



$$K''' = (\text{FeO})^2[\text{Si}]$$

の如く考へて取扱ひ得るが、FeO の生成熱は MnO より小さいのであるから K''' は K'' より小さい値を採ることは容易に想像し得る。フェロマンガンの製造用と全く同一の構造を有する電氣爐を使用して、ニューカレドニア産の少量のニッケル及びクロムを含有する鐵鑛石を精煉した記録を見るに、30 回の出銑の平均値は次の如くなつた。

銑鐵成分

3.14% C                      0.77% Si

第 7 表

番 號	製品		鑛重量%				
	Mn	Si	MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
1	78.2	0.76	18.9	27.2	27.8	13.0	9.7
2	70.6	1.47	20.1	24.1	28.2	16.2	8.9
3	71.3	0.97	24.4	23.9	26.3	16.2	8.6
4	80.9	1.24	15.6	30.1	29.8	13.2	10.3
5	73.5	1.24	19.3	26.5	28.7	13.5	9.6
6	69.4	0.73	12.1	30.1	27.4	17.0	10.9
7	68.3	0.85	12.1	33.1	28.3	15.4	11.5
8	78.3	0.70	8.9	38.2	25.5	14.1	11.8
9	76.3	0.37	25.6	28.4	29.1	11.1	6.5
10	79.1	0.83	17.0	35.0	27.5	10.3	9.9
11	78.8	1.12	14.6	33.3	27.8	11.5	11.2
12	78.2	1.53	14.6	25.2	29.8	13.9	10.7
13	67.5	1.61	14.7	26.2	30.9	15.2	12.8
14	71.4	1.92	14.7	26.6	27.7	11.3	14.1
15	77.1	0.58	15.5	31.4	26.5	11.4	12.6
16	69.1	2.05	19.5	24.2	30.4	13.8	11.1
17	79.2	0.75	10.5	26.0	21.7	24.2	3.9
18	79.7	0.63	17.2	27.3	21.5	23.5	7.1
19	79.3	0.61	15.6	27.9	20.9	24.5	7.1
20	75.9	2.43	7.0	46.4	27.3	14.7	1.7
21	74.8	0.29	18.5	37.1	28.8	11.4	1.1
22	75.9	1.82	7.4	46.6	27.6	13.8	1.5
23	62.5	0.26	25.3	33.3	26.5	11.1	1.4
24	80.7	1.29	11.3	40.3	31.1	11.1	6.8
25	81.1	1.47	5.9	47.7	27.4	12.8	5.7
26	69.8	0.75	9.3	42.0	29.9	11.8	5.6
27	78.4	2.72	8.9	43.3	27.3	14.5	4.3
28	70.4	1.46	7.5	41.9	31.8	10.5	6.3
29	71.8	2.23	5.7	44.3	31.0	13.2	4.9
30	74.9	2.19	9.4	29.8	32.2	10.7	18.2

鑛成分

	FeO	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
%	1.02	22.20	44.50	28.70	2.50
モル	0.014	0.371	0.795	0.281	0.063

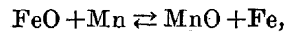
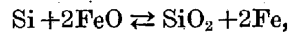
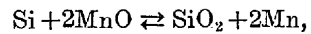
全モル数は 1.524 で、鹽基度は 1.50 以上であるから、前に述べた MnO の假定と同様に考へれば、FeO の分子率は、

$$0.014/1.524 = 0.0092$$

である。依つて

$$K_{Fe} = (\text{FeO})^2 \cdot [\text{Si}] = 0.0065 \cdot 10^{-4}$$

豫期した如く此値はマンガンの反應に於ける K'' の値よりは遙かに小さい。今嚴格に考へる時はフェロマンガンの製造の際に於ける反應の擬平衡は複平衡であつて、恐らく



等の合成結果と考へなければならない。故にマンガンの低い、鐵の高い合金を造る場合は此擬平衡恒數は低い値を採ることになり、即ち一定の珪素規格に對して割合低品位の珪酸の高い鑛石も、マンガンの採取率を低下することなく使用し得られ、マンガンの高い合金を造る場合は高品位鑛石を使用しなければならないことが判る。

第 8 表

番 號	モ					全モ (ΣMnO)	
	MnO	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	ル 數	(分子率)
1	0.266	0.486	0.463	0.127	0.242	1.584	0.168
2	0.281	0.431	0.470	0.159	0.222	1.563	0.180
3	0.344	0.427	0.438	0.159	0.215	1.583	0.217
4	0.220	0.538	0.497	0.129	0.258	1.642	0.134
5	0.272	0.473	0.478	0.132	0.240	1.595	0.171
6	0.171	0.538	0.457	0.167	0.272	1.605	0.106
7	0.171	0.591	0.472	0.151	0.288	1.673	0.102
8	0.125	0.682	0.425	0.138	0.295	1.665	0.075
9	0.361	0.507	0.485	0.109	0.162	1.624	0.222
10	0.239	0.625	0.458	0.101	0.247	1.670	0.143
11	0.206	0.594	0.463	0.113	0.280	1.656	0.124
12	0.206	0.450	0.497	0.136	0.278	1.567	0.131
13	0.207	0.468	0.516	0.149	0.320	1.660	0.125
14	0.207	0.475	0.462	0.111	0.352	1.607	0.129
15	0.218	0.561	0.442	0.112	0.315	1.648	0.132
16	0.275	0.432	0.507	0.135	0.278	1.627	0.169
17	0.148	0.464	0.362	0.237	0.097	1.308	0.113
18	0.242	0.488	0.359	0.230	0.177	1.496	0.162
19	0.220	0.498	0.348	0.240	0.177	1.483	0.148
20	0.299	0.829	0.356	0.144	0.043	1.471	0.067
21	0.261	0.662	0.481	0.112	0.028	1.544	0.169
22	0.104	0.832	0.461	0.135	0.038	1.570	0.066
23	0.356	0.594	0.442	0.109	0.035	1.536	0.232
24	0.159	0.720	0.518	0.115	0.170	1.682	0.095
25	0.083	0.852	0.457	0.125	0.142	1.659	0.050
26	0.131	0.750	0.498	0.116	0.140	1.635	0.080
27	0.125	0.773	0.456	0.142	0.107	1.603	0.078
28	0.106	0.749	0.530	0.103	0.157	1.645	0.065
29	0.080	0.792	0.517	0.129	0.122	1.640	0.049
30	0.132	0.532	0.537	0.105	0.454	1.760	0.075

第 9 表

番 號	CaO SiO <sub>2</sub>	MnO (ΣMnO)	(MnO)	[Si]	K'' × 10 <sup>-4</sup>	
1	0.98	0.44	0.168	0.074	0.0076	0.12
2	0.85	0.33	0.180	0.070	0.0147	0.72
3	0.91	0.37	0.217	0.080	0.0092	0.59
4	1.01	0.47	0.134	0.063	0.0124	0.49
5	0.92	0.38	0.171	0.065	0.0124	0.52
6	1.10	0.56	0.106	0.059	0.0073	0.25
7	1.17	0.66	0.102	0.067	0.0085	0.38
8	1.50	1.00	0.075	0.075	0.0070	0.39
9	0.98	0.44	0.222	0.097	0.0037	0.35
10	1.27	0.81	0.143	0.116	0.0083	1.12
11	1.20	0.71	0.124	0.088	0.0112	0.67
12	0.85	0.33	0.131	0.043	0.0153	0.28
13	0.85	0.33	0.125	0.041	0.0161	0.27
14	0.96	0.42	0.129	0.054	0.0192	0.56
15	1.18	0.77	0.132	0.102	0.0058	0.60
16	0.80	0.29	0.169	0.049	0.0205	0.49
17	1.20	0.71	0.113	0.080	0.0075	0.48
18	1.27	0.81	0.162	0.131	0.0063	1.08
19	1.34	0.88	0.148	0.130	0.0061	1.03
20	1.70	1.00	0.067	0.067	0.0243	1.09
21	1.29	0.83	0.169	0.140	0.0029	0.57
22	1.69	1.00	0.066	0.066	0.0182	0.79
23	1.25	0.78	0.232	0.181	0.0026	0.85
24	1.30	0.84	0.095	0.080	0.0129	0.83
25	1.74	1.00	0.050	0.050	0.0147	0.37
26	1.40	0.93	0.080	0.074	0.0075	0.41
27	1.59	1.00	0.078	0.078	0.0272	1.65
28	1.32	0.87	0.065	0.057	0.0146	0.47
29	1.43	0.96	0.049	0.047	0.0223	0.49
30	0.93	0.39	0.075	0.029	0.0219	0.18

第 10 表

番 號	CaO+MgO SiO <sub>2</sub>	(MnO) (ΣMnO)	(MnO)	[Si]	K'' × 10 <sup>-4</sup>	
1	1.33	0.88	0.168	0.148	0.0076	1.66
2	1.17	0.66	0.180	0.119	0.0147	2.08
3	1.23	0.75	0.217	0.163	0.0092	2.44
4	1.36	0.90	0.134	0.121	0.0124	1.82
5	1.26	0.79	0.171	0.135	0.0124	2.26
6	1.50	1.00	0.106	0.106	0.0073	0.82
7	1.57	1.00	0.102	0.102	0.0085	0.89
8	1.96	1.00	0.075	0.075	0.0070	0.39
9	1.20	0.71	0.222	0.158	0.0037	0.92
10	1.63	1.00	0.143	0.143	0.0083	1.70
11	1.60	1.00	0.124	0.124	0.0112	1.73
12	1.20	0.71	0.131	0.093	0.0153	1.32
13	1.26	0.79	0.125	0.099	0.0181	1.58
14	1.47	0.99	0.129	0.128	0.0192	3.14
15	1.66	1.00	0.132	0.132	0.0058	0.99
16	1.16	0.69	0.169	0.116	0.0205	2.77
17	1.37	0.91	0.113	0.103	0.0075	0.80
18	1.60	1.00	0.162	0.162	0.0063	1.65
19	1.67	1.00	0.148	0.148	0.0061	1.34
20	1.76	1.00	0.067	0.067	0.0243	1.09
21	1.32	0.87	0.169	0.147	0.0029	0.63
22	1.74	1.00	0.066	0.066	0.0182	0.79
23	1.31	0.86	0.232	0.200	0.0026	1.04
24	1.51	1.00	0.095	0.095	0.0129	1.16
25	1.95	1.00	0.050	0.050	0.0147	0.37
26	1.59	1.00	0.080	0.080	0.0075	0.48
27	1.74	1.00	0.078	0.078	0.0272	1.65
28	1.51	1.00	0.065	0.065	0.0146	0.62
29	1.58	1.00	0.049	0.049	0.0223	0.54
30	1.49	0.99	0.075	0.074	0.0219	1.20

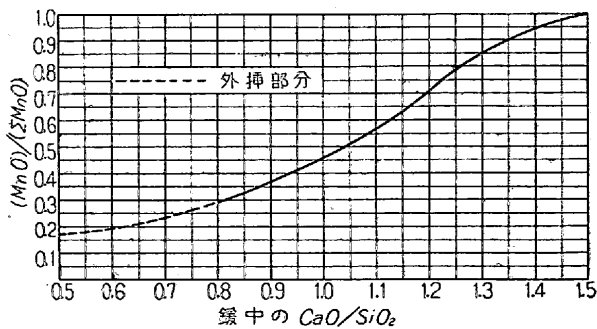
K'' なる値を採ること及び之を計算する方法が正しいか否かを試すために、熔鑛爐に於けるフェロマンガンの製造作業の記録に之を適用して見た。P. H. Royster は熔鑛爐によるフェロマンガンの製造の研究報告を發表してゐる<sup>1)</sup>。

之等の數字は多數の製造所に於ける、種々の異つた容量の爐の 10 日間の操業の平均數値である。K'' の計算結果は第 7 表乃至第 9 表に示す如くである。

結果に見るに、此擬平衡恒數なるものを考へて實際問題を取扱ふ方法は電氣爐による操業に對するばかりでなく、熔鑛爐による操業にも良く適用されることが判る。然し熔鑛爐の場合の恒數の平均値は、 $0.62 \cdot 10^{-4}$  で電氣爐の場合の  $1.185 \cdot 10^{-4}$  に比して遙かに小さい。Royster の研究には各例の温度は示してないが、爐の性質から見て、電氣爐よりも爐内温度は低いと考へられるので、之が平衡恒數の値を小ならしめる原因であると思はれる。例 6, 13 及び 30 は特に低い値を示してゐるが、前 2 例に於ては製品のマンガンの含有量が低く、例 30 では鑛中のマグネシアが著しく高いことが其原因と思はれる。マンガンの低い製品の場合に此恒數の値が低下する理由は前に述べてあるが、マグネシアを多く含む鑛を生成する場合に此値が低下する理由は次

の如く考へられる。マグネシアも石灰と同じく強鹽基性の物質であるから、石灰と同様に亦活動 MnO の量を増加する作用を有するであらうといふことは想像できる。よつて先づマグネシアを石灰と同様に取扱つて鹽基度を  $CaO + MgO/SiO_2$  と見て K'' を計算して見ると第 10 表の如くなる。

第 10 表に於ける若干の例の高い K'' の値は温度による影響とは解し難い。よつて考へられることは、マグネシアは石灰と同様の作用は有するが、それより多小弱影響を與へるのであらうといふことである。此事實は第 9 表に見



第 6 圖

る、K'' の値が特に低い例にも見ることが出来る。今第 9 表に於て 30 の例中、10% 以上のマグネシアを含む 11 の例を採つて其の K'' の値を平均して見ると、 $0.52 \cdot 10^{-4}$  と

<sup>1)</sup> Bulletin of the American Institute of Mining Engineering: No. 146.

なる。此値は實際の値より低いことは、活動 MnO の分子率は單に CaO/SiO<sub>2</sub> にのみ對して採られたものであつて、MgO の MnO に對する作用を全く無視してゐるからである。よつて此値が、マグネシアが5%以下である第9表中の6例の K'' 値の平均、0.91・10<sup>-4</sup> に等しくなるためには、此場合の (MnO) の分子率は、之等 11 例の平均珪素分は 1.32% であるから

$$\sqrt{(0.91 \cdot 10^{-4} / 0.0132)} = 0.083$$

でなければならない。此處に ( $\Sigma$ MnO) の平均分子率は、0.118 であるから (MnO)/( $\Sigma$ MnO) は 0.083/0.118 = 0.70 である。此値は第6圖の CaO/SiO<sub>2</sub> 比の1.20に相當する。之等の例の CaO/SiO<sub>2</sub> 比の平均値は 1.15 であるから、其の差 0.05 はマグネシアの作用と見られる。CaO+MgO/SiO<sub>2</sub> と CaO/SiO<sub>2</sub> の差は、1.47-1.15=0.27 であるから、0.05/0.27=0.185 なる値は MgO の作用が CaO のそれに対する比と考へることができる。但し之等の例がすべて同一温度の場合と假定してである。

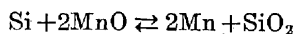
Van t'Hoff によれば、化學反應平衡の温度函数は

$$\frac{d \ln K}{dT} = \frac{-Q_v}{RT^2}$$

と書き得る。此方程式は、普通對數を使用し、積分することによつて、

$$\log K = -\frac{A}{T} + B$$

なる形となる。純理論的には此 A 及び B は、反應熱、反應温度、濃度、恒數値等を正確に知らなければ計算できないものであるが、單に實際の問題に適用するためとしては、反應温度と、其場合の K の値を計算して、2 様の場合を採り、之等を聯立方程式として解いて、A 及び B を定めることもできる。但し注意しなければならないのは、此處に取扱はれてゐる反應は、



であるが、其の本來の反應ではなく、之が擬平衡反應として取扱はれてゐることで、實際の上記の反應に適用せられるものではない。

極めて低珪素な製品を造るために、富鉛を使用し、還元劑の量を制限して操業した場合と、同一の爐に於て、硫黄を含む鑛石の稍品位の低いものを使用して、珪素の許容規格成分の高いものを製造した場合と、夫れに就て各 10 回の流出温度測定を行ひ、其間夫々の製品成分、鑛成分等を分析計算した。其の結果前者の場合、製品の平均珪素分、

0.28%、温度 1280°C、K'' 値 0.399・10<sup>-4</sup>、後者の場合、製品の平均珪素分、2.58%、温度、1420°C K'' 値、3.012・10<sup>-4</sup> を示した。以上の結果から、

$$\log 0.399 \cdot 10^{-4} = \frac{-A}{1553} + B$$

$$\log 3.012 \cdot 10^{-4} = \frac{-A}{1693} + B$$

なる聯立方程式を得、之を A 及び B に就て解くと夫々、20, 636 及び 8.89 なる値が得られる。よつて K'' の温度函数の方程式は、

$$\log K'' = \frac{-20.636}{T} + 8.89$$

と考へ得る。K'' が與へられた場合、T は此方程式から計算できるのであつて、電氣爐によるフェロマンガンの製造の場合の K'' の平均値、1.185・10<sup>-4</sup> は絶対温度 1610°C に相當し。電氣爐に於てフェロマンガンの製造の際反應は略 1337°C 附近で行はれてゐることを知り得る。

## V. 装入計算とマンガンの採取率

フェロマンガンの製造に於ける装入計算に於ては、種々の事實を考へ入れなければならない。從來普通行はれる計算方法は極めて粗雑なものであつて、鑛石の新しい種類の使用開始時とか、製品の成分變更等に當つては往々最初所期の目的を達せず、數日の間操業結果によつて装入物を調整し、其間相當の損失を招くことがある。正しい計算方法としては次の如く行ふべきである。

先づ得たとする製品のマンガンの及び珪素分を定める。珪素の規格を考慮すれば、之に對する鑛中の (MnO) の分子率は、

$$(\text{MnO}) \cdot [\text{Si}] = 1.185 \cdot 10^{-4}$$

から計算し得る。もし何等かの理由によつて爐内温度が高くなると豫想し得るならば、恒數の値を適當に大きく採り、低いと豫想すれば小さく採る。之は爐内温度が豫想し得れば前記の温度函数式から計算し得る。

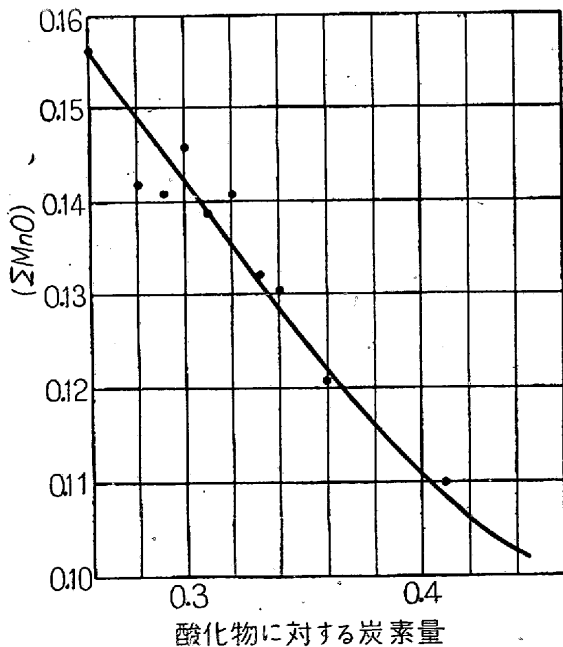
先に述べた如く、鑛の CaO/SiO<sub>2</sub> 比は 1.3 乃至 1.4 位が適當である。勿論原料の SiO/Mn の比が著しく大きい場合は高い鹽基度を採る方が安全である。標準として、1.35 を採れば、之に對する (MnO)/( $\Sigma$ MnO) の値は第6圖から見出すことができ、よつて ( $\Sigma$ MnO) の分子率の値が得られる。之に第4表に於ける全モル數の平均値、即ち 1.610 を乗ずれば ( $\Sigma$ MnO) のモル數が得られる。此 1.610 なる

値は普通のフェロマンガンの鏝、

MnO 15%    SiO<sub>2</sub> 30%    CaO 42%  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10%    MgO 2%

に相當する全モル數である。もし原料の成分上、著しくアルミナが高いか、マグネシアが高い鏝を生成することが豫想されるならば、此値は多少の修正を要する。即ちアルミナは大きな分子量を有するし、マグネシアは小さな分子量を有するので全モル數は標準の値と異なってくるからである。かくして得られた(ΣMnO)のモル數に、その分子量71を乗ずれば、MnOの鏝中の百分比が得られる。

(ΣMnO)の分子率がかくして得られたならば、化合物として原料中に存在するマンガンの單位量に對して、その所期の(ΣMO)を鏝に附與すべき還元劑の量は、第7圖によつて得られる。第7圖は同じく前記の操業記録から作成されたものである。此處に注意すべきは、還元劑の量は勿論その固定炭素の量を考慮しなければならないことと、其量の僅かの變化がΣMnOの量に大きな變化を與へることであつて、此量は極めて慎重に決定する必要がある。又還元劑自身夫々特有の効率を有するのであつて、普通コークスが用ひられ、第7圖はコークスを使用する場合である



第7圖

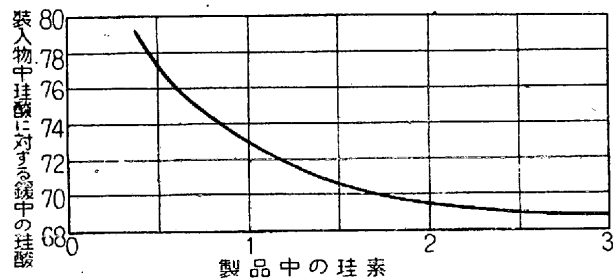
が、或種の無煙炭等は著しく低い効率を示すことがあり、此現象は例111から118に至る、支那産の無煙炭を主還元劑として使用した記録によく見ることができる。

次に計算に必要なために決定しなければならないのは鏝に入るべき珪酸の量である。装入物中の珪酸は主としてマ

ンガン鑛石及びコークスの灰分中に含まれてゐる。他の原料の含有量は殆んど無視し得る程少ないのが普通であるが、もし鐵分の原料として、鐵屑の代りに鐵鑛石が使用される場合はその珪酸分も考慮しなければならない。珪酸の大部分は鏝中に入るのであるが、一部分は還元されて製品入り、一部はダストとして爐外に逸散し、一部は一旦金屬に還元されてから、再び酸化して揮發する。前に掲げた表から計算して見ると、製品の珪素分によつて1%以下の場合、1~2%、2%以上と區別して、珪酸が鏝中に入る割合を平均して見ると、次の如くなる。

製品中の平均珪素分	鏝に入る珪酸の割合
0.66%	75.54%
1.30%	71.50%
2.18%	69.48%

僅か三箇の數字であるが、之を基として、製品の珪素に對



第8圖

する珪酸の鏝への移行割合を圖示すると、第8圖の如くなる。

普通の石灰石は約55%のCaOを含む。よつて鏝に入る珪酸の量が知れ、鏝のCaO/SiO<sub>2</sub>を1.35とすれば、所要石灰石量は、爐外に逸散する量を装入量の10%とする

$$\text{鏝中の珪酸量} \times 1.35 \times \frac{100}{55 \times 0.9}$$

時、で表される。

今或成分の鑛石を使用して、或成分を有する製品を製造せんとする場合、その鑛石のマンガンの採取率を計算するには、先づ鏝の珪酸の百分比を知る必要がある。普通の原料を使用する場合、鏝中の珪酸、石灰及びアルミナの割合は、30.0:40.5:10.0なる比例であつて、他の物質、例へばマグネシア、酸化鐵、燐、硫黃等の化合物は普通影響がない程微量である。酸化マンガンは之に反し相當の量が存在するので、之のみを考慮すると、鏝中の珪酸の百分比は

$$\begin{aligned} & (100 - (\text{MnO}\% + 3)) \times \frac{30}{30.0 + 40.5 + 10.0} \\ & = (100 - (\text{MnO}\% + 3)) \times 0.373 \end{aligned}$$



であつて、此處に+3は他の物質の百分比の合計と見られるものである。勿論マグネシア等が多量の場合は、之は+3から差引かれ、珪酸に対する割合を考慮されなければならない。此處に於てマンガンの採取率の計算が可能となり、よつて製品に入るべき炭素量に対する還元剤の量、加ふべき鐵分の量が計算できる。

今、

$S_0$  … 装入原料の珪酸百分比、(製品への炭素に対する原料、鐵分原料及び鐵に対する還元剤中のものを除く)、

$M_0$  … 装入原料のマンガンの百分比、(同上を除く)

$S_s$  … 鏝中の珪酸の百分比、

$M_s$  … 鏝中のマンガンの百分比、

$V$  … 揮發により失はれるマンガンの原料に対する百分比、

$Q$  … 装入原料の單位重量、

$C$  … 鏝中に入る珪酸の原量に対する率、

とすれば、 $Q$ なる原料量から生ずる鏝の量は、

$$Q \times \frac{S_0 \cdot C}{100} \times \frac{100}{S_s} = \frac{Q \cdot S_0 \cdot C}{S_s}$$

で表され、

$$\frac{Q \cdot S_0 \cdot C}{S_s} \times \frac{M_s}{100}$$

$$Q \times \frac{M_0}{100}$$

$$\frac{Q \cdot M_0}{100} \times \frac{V}{100}$$

は夫々マンガンの鏝損失、マンガンの原量及び揮發によつて失はれる量を示す。よつてマンガンの採取率は、

$$\frac{(100-V)}{100} \frac{S_0 \cdot C \cdot M_s}{M_0 \cdot S_s} \dots\dots\dots (1)$$

で表される。

マンガンの揮發損失は種々の状態で行はれるもので、主として爐の操業状態によることが多いのであるが、前に掲げた例の總平均の數字は先づ一般の場合の値と考へて差支ないもので、8.02%となる。今これを8%とすれば(1)式の第一項は恒數となり、

$$0.92 \frac{S_0 \cdot C \cdot M_s}{M_0 \cdot S_s} \dots\dots\dots (2)$$

マンガンの採取率を表す式となる。この式は實際は略式のものであつて全く精確なものではないが、殆んど實際に使用して誤り無いものである。

純理論的に計算すると、

$$R = \frac{(100-V)S_s - T_1 \cdot C \cdot M_s}{S_s + T_2 \cdot C \cdot M_s} \dots\dots\dots (3)$$

となり、此處に

$$T_1 = \frac{100 F \cdot P \cdot K_1 + 100 P \cdot K_2 \cdot S_r}{100 P \cdot F}$$

$$T_2 = \frac{100 Ca \cdot S_r + 100 P \cdot Fe \cdot E \cdot S_r + Fe \cdot S_r \cdot P \cdot F}{100 P \cdot F}$$

である。

上記の式に於て、

$R$  …… マンガンの採取率、

$V$  …… マンガンの揮發損失百分比、

$S_s$  …… 鏝中珪酸の百分比、

$C$  …… 鏝中へ入る珪酸の原量に対する百分比、

$M_s$  …… 鏝中マンガンの百分比、

$F$  …… 還元剤の固定炭素百分比、

$P$  …… 製品のマンガンの百分比、

$K_1$  …… 原料中の珪酸のマンガンの比、

$K_2$  …… 鏝中の  $\Sigma MnO$  に対する、マンガンの化合物に相當する炭素の比、

$S_r$  …… 還元剤中の珪酸の百分比、

$Ca$  …… 製品中の炭素百分比、

$E$  …… 鐵の還元に対する當量炭素の比、

$Fe$  …… 製品中鐵分のマンガンの比、

$S_r$  …… 鐵原料中の珪酸百分比、

を示す。

(3)式は甚だ複雑な式であるが、普通の場合、其内の或値は殆んど一定してゐるので、これを數字に置き代へることもできる例へば、

$P$  …… 75.0

$F$  …… 80.0

$S_r$  …… 8.0

$Ca$  …… 6.5

$Fe$  …… 0.104

$E$  …… 0.32

$S_r$  …… 5.0

とすれば、

$$T_1 = K_1 + 0.1K_2,$$

$$T_2 = 1.71,$$

となつて

$$R = \frac{0.92 S_s - (K_1 + 0.1K_2) C \cdot M_s}{S_s + 1.71 M_s} \dots\dots\dots (4)$$

と簡単になる。

### VI. 所要電力量

フェロマンガンの製造用の電気爐に於ても、他の種々の爐と同様に、エネルギー損失が様々の形で現れる。普通行はれる方法によつて、熱計算を行つて見ると、此種の電気爐のエネルギー効率、80.8%となる。此約20%の損失のうち、約7%は電氣的損失、10%は冷却水による損失、3%は爐體からの熱損失となる。よつて如何にして所要電力量を軽減すべきかといふ問題の重點は自ら明らかである。

理論的に計算して見ると、

$$L = 2.89 \frac{S}{I} \sqrt{(KT/r)} \dots\dots\dots (1)$$

$$X = 2.89 I / (KrT) \dots\dots\dots (2)$$

なる二つの關係式が得られる。此處に、

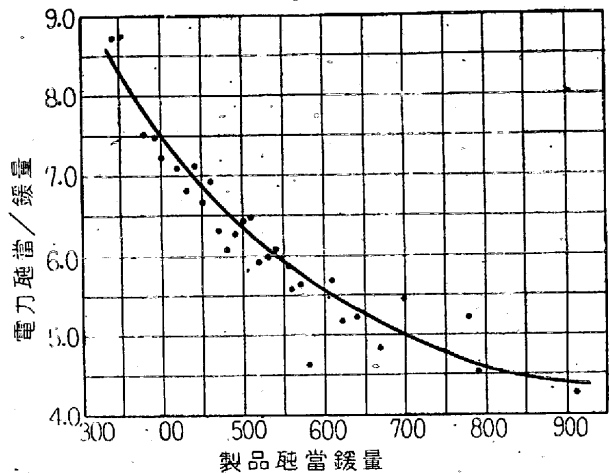
- L... 最小のエネルギー損失の電板の長さ、(cm)
- S... 電板の斷面積 (cm<sup>2</sup>)
- I... 電流量(アンペア)
- K... 與へられた温度範圍に於ける電板の平均比熱傳導度 (gr·cal/cm<sup>3</sup>/C°)
- T... 熱端と冷端の温度差、
- r... 與へられた温度範圍に於ける平均比電導度 ( /cm<sup>3</sup>)
- X... 冷端より流出する全熱量(W)

である。

之等の理論式を實際に適用する場合に當つて注意すべきは熱端の位置の撰定である。フェロマンガンの製造用電気爐に於ては普通爐の装入物頂上より約30cm下方に之を選んで適當なやうである。

所要電力量を全く計算によつて求めやうとすることは非常に複雑な計算を要し、而も其結果は必ずしも正確ではないのであるが、實際上、フェロマンガンの製造の電気爐の記録を見ると、装入物の製品1t當り所要量と、所要電力量との間に、理論的には何等の關係は無いが不思議な關係が存在するのを發見する。前記の記録表によつて見ると、製品1t當り原料の總量をkgで表し、この數字と所要電力量のKWHと比較して見ると、これが殆んど一定の比を有することが判る。即ち118の例に於てその最小の比は0.9、最大の比は、1.17であつて、全體の平均は、1.065なる數となる。これは非常に便利な數であつて、新しい種類の鑛石を使用する場合等、電力の所要量を豫知するに十分適用できる。

理論から言へば所要電力量は寧ろ製品1t當り鑛の生成量に關係があると考へ得るが、之を調べて見ると、第9圖



第9圖

の如くで却つて相當の變化があり、不正確である。

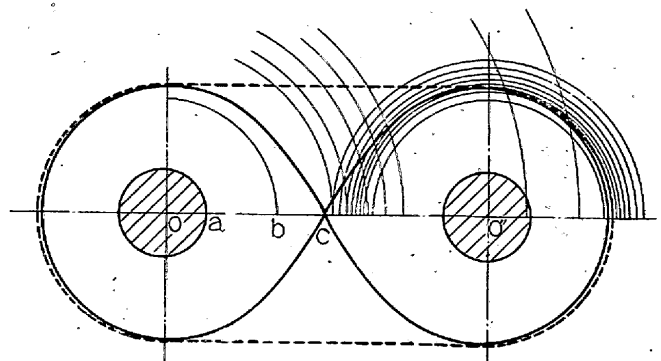
### VII. 有效爐床形

フェロマンガンの製造用の電気爐を設計するに當つて、最も重要な點は、使用すべき電力量が與へられた時、爐床の大きさを如何に決定するか及びその形狀を如何に撰ぶべきかである。もしこれが不適當ならば、或は爐の早期摺損を生じ、或は熱効率の低下を生ずる。電極の配列及び電流の相數等によつて爐床の形狀は夫々之に應じた形ちを採るべであるが、此形狀を決定することによつて、自然爐床の大きさも決定できるのである。

熱の輻射の法則を適用すれば此問題は數學的に解き得るのであるが、その基礎となるべき値は、單電極の場合の有効反應範圍であつて、これを理論的に決定するのは殆んど不き可能であるが、實驗及び實際の爐を觀察して次の如き關係を見出すことができる。

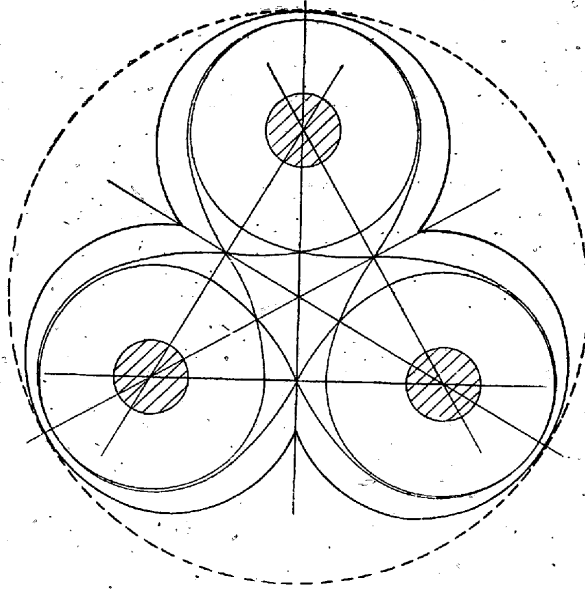
$$l = D/2 + 15.8\sqrt{VP} \text{ (cm)}$$

- l... 電極中心よりの有效反應範圍、

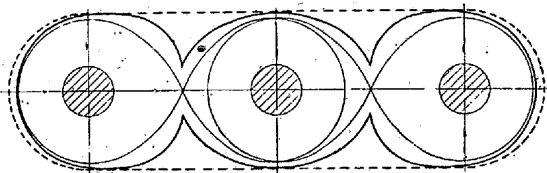


第10圖

數學的に解くことができ、第 10 圖、第 11 圖及び第 12 圖が得られる。



第 11 圖



第 12 圖

D...電極の直径,

P...電極に負荷される電力 (kW)

この関係から l を見出し、このを基礎として、種々の電極配列形の場合の有効反應範圍を、作圖解法の力を借りて、

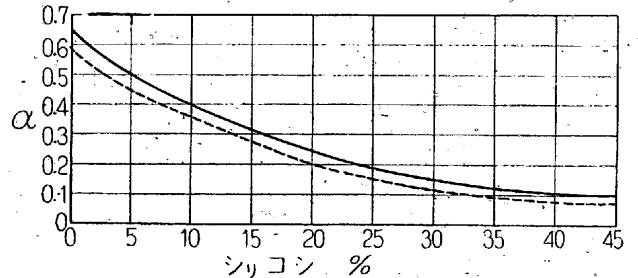
### VIII. 珪滿鐵, フェロマンガン鑛の利用及び低炭素フェロマンガン

珪滿鐵, 即ち珪素を多く含む合金は用途によつて特殊の利點があるので製鋼用に用ひられる. 特に本邦の如く, 珪酸質の貧鑛の多い國では此種の合金の使用を考慮する必要がある.

フェロマンガンに於て珪素の量が増加して行くに連れ, 炭素の飽和量は減少する. 此關係に就ては二三の研究があるが, Holgate の研究は興味あるものである. 彼はその結果として, 鐵, マンガン, 珪素及び炭素の關係として次の如きものを發表してゐる.

$$-(0.045\text{Fe} + 0.08\text{Mn} - \text{C})/\text{Si} = \alpha,$$

Fe, Mn, C, Si は夫々, 鐵, マンガン, 炭素, 珪素の百分比數を表すもので,  $\alpha$  は珪素の量の一つの函數である. 著者は實際工業用の電気爐製品に就て, この關係を確



第 13 圖

第 11 表

番 號	爐 番 號	装入物の 平均成分			特殊原料				全量	金屬性原料			鐵分原料		コークス		石灰石
		Mn	Fe	SiO <sub>2</sub>	名 稱	Mn	SiO <sub>2</sub>	量		名 稱	Mn	Si	量	旋盤屑	スケール	固定炭素	
119	2	14.8	0.8	31.2	—	—	—	5510	珪素鐵屑 FeSi	—	Si 50 SiO <sub>2</sub> 20	102	160	—	80	444	—
120	2	16.7	1.3	33.2	—	—	—	5950	マンガン 鐵 屑 FeMn	70.0	3	156	25	—	79	476	—
121	2	13.4	1.3	33.8	—	—	—	6600	マンガン 鐵 屑 FeMn	70.0	3	110	26	85	81	378	—
122	2	14.5	1.1	32.8	—	—	—	5480	—	—	—	—	372	—	80	430	—
123	2	15.2	1.8	30.3	FeSiSlag Sand Ore	— 70.0 52.3	8 7.4 7.4	8000	—	—	—	—	8	—	79	621	—
124	2	16.7	1.1	30.8	FeSi Ore	— 52.3	250 53	5953	—	—	—	—	91	—	78	566	—
125	2	21.0	0.9	29.8	Sand Scrap	— 70.0	120	5095	—	—	—	—	187	—	80	681	—
126	1	34.6	5.8	24.8	Brick FeSiSlag	— 70.0	268 171	2585	—	—	—	—	—	—	80	636	253
127	1	16.7	1.3	30.6	Sand	—	14	6406	マンガン 鐵 屑 FeSi	—	68	26	9	26	79	337	—
128	1	14.7	0.9	37.5	Sand	—	277	6615	—	—	—	—	49	—	80	354	—

めたが、Holgate の式は良く實際と一致するが  $\alpha$  の値は易に彼のものより稍小さい値を示す。これは此種の合金は、容炭素を過飽和状態に含むので、試料の採取法による誤差も考へられる。普通此種の合金が凝固する時、その上面の部分は他の部分に比して著しく炭素の量が多い。殊に珪素の多い合金程此現象は顯著である。

珪滿鐵を製造するには種々の方法がある。

第 12 表

番號	製品%		鍍 %					電力		
	Mn	Si	MnO	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	適量	平均入力	
119	61.5	16.4	5.42	35.10	40.80	13.68	4.00	4470	6740	890
120	68.6	17.3	5.21	37.90	39.25	14.29	2.35	3430	7700	905
121	65.6	13.8	6.57	38.90	38.00	13.10	2.43	3920	7880	845
122	55.1	10.1	7.75	37.12	38.53	12.33	3.27	3230	6300	680
123	66.8	17.4	5.40	40.39	37.35	13.39	2.47	6060	10200	770
124	67.3	16.3	5.80	36.93	39.62	13.33	3.32	4835	7880	665
125	65.2	12.2	10.00	36.78	36.46	12.67	3.09	2781	6268	570
126	64.5	16.7	9.95	37.67	33.28	12.92	5.18	423	6530	770
127	68.2	17.4	5.75	38.70	40.64	12.23	1.68	3540	7530	990
128	66.9	16.8	6.23	37.90	38.84	13.51	2.52	3780	6668	1080

- (1) 炭素による珪酸質鍍石の直接還元,
  - (2) マンガン富鍍と珪石の混合原料を炭素で還元,
  - (3) 熔融フェロマンガンを熔融フェロシリコンの混合
  - (4) マンガンを含む鍍類の炭素による還元,
  - (5) フェロマンガンを加へた珪石の炭素による還元,
- 等であつて此内第5の方法は特に珪素の多い合金を製造する際に使用される方法である。

興味のあるのは第4の方法である。一般に普通のフェロマンガンを製造する際に生ずる鍍はなほ 8~20%のマンガンを含む。此鍍は珪滿鐵の原料として技術上並に經濟上十分使用できるものであつて、我國にとつてはマンガンの貴重なる原料の一つであるにも拘らず、従來往々棄却されてゐたものである。

之を精煉した記録は、第11表、第12表、第13表であつて、之等を以て先にフェロマンガンの場合と同様にどの値を計算して見ると、第14表の如くである。

此場合の  $K''$  の平均値は、 $1.170 \cdot 10^{-4}$  であつてフェロ

第 13 表

番號	装入物中の量		鍍中のマンガンの量	マンガンの損失 %		採取率 %		装入物中の比		石酸化マンガンに對する炭素	鍍中の比		鍍の生成速度
	Mn	SiO <sub>2</sub>		鍍	揮散	Mn	Si	SiO <sub>2</sub> /Mn	石灰		Mn/SiO <sub>2</sub>	CaO/SiO <sub>2</sub>	
119	815	1883	134	16.4	8.2	75.4	18.7	2.64	2.36	0.47	0.12	1.16	473
120	1102	2023	196	19.7	18.1	62.2	18.3	1.84	2.23	0.41	0.11	1.03	403
121	970	2282	200	20.6	10.3	68.7	12.9	2.35	2.21	0.36	0.13	0.98	420
122	796	1834	194	24.3	6.5	69.2	11.8	2.31	2.25	0.46	0.16	1.04	349
123	1215	2475	254	20.9	24.1	55.0	15.1	2.02	2.44	0.39	0.10	0.92	389
124	987	1864	217	22.0	9.6	68.4	19.9	1.89	2.29	0.49	0.12	1.07	408
125	1045	1538	216	20.7	17.0	62.3	17.0	1.47	1.98	0.55	0.21	0.99	253
126	894	695	33	3.8	21.2	75.0	51.7	0.77	0.37	0.56	0.21	0.88	50
127	1070	2205	158	15.2	21.2	63.6	16.9	2.16	2.06	0.28	0.12	1.05	466
128	972	2506	133	18.8	12.2	60.0	14.4	2.58	-1.91	0.32	0.13	1.02	613

第 14 表

番號	モル					全モル數	$\Sigma$ MnO	CaO/SiO <sub>2</sub>	(MnO)/ $(\Sigma$ MnO)	(MnO)	[Si]	$K'' \times 10^{-4}$
	MnO	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO							
119	0.076	0.585	0.730	0.134	0.100	1625	0.047	1.16	0.64	0.030	0.1640	1.48
120	0.072	0.632	0.701	0.140	0.059	1604	0.045	1.03	0.49	0.022	0.1730	0.84
121	0.093	0.648	0.678	0.128	0.061	1608	0.058	0.98	0.44	0.026	0.1380	0.93
122	0.100	0.642	0.687	0.121	0.082	1632	0.061	1.04	0.50	0.031	0.1010	0.97
123	0.076	0.674	0.669	0.131	0.062	1612	0.047	0.92	0.38	0.018	0.1740	0.56
124	0.082	0.615	0.707	0.131	0.083	1618	0.051	1.07	0.53	0.027	0.1630	1.19
125	0.141	0.613	0.651	0.124	0.077	1606	0.088	0.99	0.45	0.040	0.1220	1.95
126	0.128	0.644	0.594	0.127	0.130	1623	0.079	0.88	0.35	0.028	0.1670	1.31
127	0.081	0.645	0.725	0.120	0.042	1613	0.050	1.05	0.51	0.026	0.1740	1.18
128	0.088	0.632	0.593	0.132	0.063	1508	0.058	1.02	0.48	0.028	0.1680	1.32

マンガンの場合とよく一致する。原料の成分が甚だしく異なり、製品の成分も異なる之等の場合に於ても、 $K''$  の値が同様であることは、之等の反應に對する擬平衡の考が正しく適用されることを示すものである。又所要電力量に就てもフェロマンガンの同様の關係があることは興味のあることである。

低炭素のフェロマンガンは特別の用途に使用されるものであるが、普通珪素の上記の如き炭素の飽和量を減少せしめる質を利用して、先づ所要の炭素量となるべき珪素量を

含む、マンガン珪素合金を造り、次で之を他の電氣爐で、マンガン鑛石を以て珪素を酸化除去し、石灰を以て生成する珪酸を中和して、容易に得られる。此場合製品の炭素量は、原料珪滿鐵の炭素百分比と大略同様のものとなる。

フェロマンガン鑛の利用は之を強行すべきものであつて、假に年額 5 0000t のフェロマンガンを製産するものとすれば、之によつて大略 4 0000t の鑛が生成し、その 70% が利用されるものとしても 60% マンガンの珪滿鐵 5600t を得られるのである。

## 直接通電による鐵鑛の還元

(日本鐵鋼協會第 26 回講演大會講演 昭 16. 10. 於東京)

藤 井 寛\*

### REDUCTION OF IRON ORE BY PASSING ELECTRIC CURRENT DIRECTLY.

Yutaka Huzii

**SYNOPSIS:**— The cryptol furnace process may be followed for the reduction of iron ores and the production of iron and steel therefrom. It was confirmed in this experiment that the reduction and smelting by passing electric current through the charge itself and the container (crucible) is more profitable than passing the current only in the cryptol and conducting to the charge the heat evolved there. While the experiment was carried out in laboratory scale and the data were of qualitative nature, the results showed that they are offering many hints to the smelting and producing of iron and steel in the technical scale as far as the cryptol furnace is adopted.

#### 目 次

- I. 緒 言
- II. 實驗装置
- III. 實驗材料
- IV. 單一熔解實驗
- V. 單一熔解實驗結果
- VI. 連續熔解實驗
- VII. 試驗成績
- VIII. 結 論

#### I. 緒 言

鐵合金の製造の場合と同様に低爐式電氣爐に所定の鐵鑛を装入しこれに電極を挿込んで、通電し製銑又は製鋼することは普通行はれて居ることであるが本實驗ではクリプトール爐を用ひて同様の目的を達せんと試みた。

元來クリプトール爐は金屬又は合金を再溶解或は鑛石を製鍊して金屬を回收するには屢用ひられるがそれには坩堝をクリプトールに埋め後者に通電し發生した熱を坩堝を通じて装入物に傳播せしめるを普通とする。本實驗では鐵鑛

を装入し還元製鍊して銑又は鋼を得んとするものであるが之にはクリプトールに通電して發熱せしめ其熱を坩堝を通して装入物に傳播せしめるよりも坩堝及び装入物自體に電流を通して發熱せしめた方が有利だらうとの想定の下に種々の點に就て検討した。

尙還元を好調ならしめる爲には如何なるクリプトール及び坩堝を使用すべきかを研究すると共に使用電力量、連續製鍊の可能性、製品の性質等に就いても考究した。

#### II. 實 驗 装 置

##### 1. 實 驗 爐

第 1 圖は炭素電極より流れる電流は必ず坩堝又は坩堝及び装入物を通り、クリプトールのみを通らない様に坩堝の兩側並に底部に耐火煉瓦を嵌め込んだ有様を示して居る。

クリプトール内に發熱し其の熱を坩堝内の装入物に傳播せしめる場合には同圖坩堝の兩側並に底部の耐火煉瓦をとり去つてクリプトールを充填した。

第 2 圖は第 1 圖の爐の寸法を精しく示して居る。

\* 大阪帝國大學工學部冶金學教室