



要素で考えられる。(1) 酸化率, (2) 強度, (3) 気孔率 (4) 鉄分, (5) 化学的結合組成。

以上の各要素について調査研究し, 焼結鉄の品質の向上に努めた。そのおもなる点についてのべると, 酸化率については従来の強度のみを主体とした熔融型焼結鉄より脱却し, 原料粒度および燃料コークスの適正化をはかることによつて, 酸化率の高い拡散型焼結鉄の製造にすすみ, また強度については fayalite の形成による強度に頼らず magnetite および硫酸滓に含有される S の酸化熱による粒子間に賦与される結合力によつて, 強度の確保につとめ, 目標を落下強度 (学振法) 70 以上, 耐圧強度  $50 \text{ kg/cm}^2$  以上とした。気孔率は目標を 35~40% と決め拡散型に移行することによつて一応目的が達せられた。

つぎに焼結鉄の化学的結合組成は最も重要なことであり, 従来の熔融型の難点である fayalite, ilmenite 生成の排除のために粉石灰石添加がその第一義的の目的であつた。すなわち珪酸質の matrix の解消が期待できた。以上のような観点に立つて, 高炉原料としての完全自溶性焼結鉄としての品質の向上をはかつた。

## 2. 自溶性焼結鉄への発展

発展の経過についてのべると, (1) 当所では終戦後焼結鉄が高炉原料として, 技術的にも経済的にも優位であるとの認識のもとにその増産をはかつた。(2) 昭和30年にいたり, 焼結原料中に一部石灰石を添加することの試験研究を開始した。この目的は高炉で直接装入される石灰石の一部を軽減し, 石灰石の仮焼に要する熱量を安価低質のコークスから得んとすることが主であつた。数次にわたる試験の結果, 石灰石の粒度がきわめて重要な要素であることが判明した。石灰石添加量は 5% であり, 適性粒度は +3mm : 0%, 3~1mm : 33%, 1mm : 67% さらに石灰石を添加することにより既述の還元性の向上に関しての効果が確認された。(3) 昭和 30 年 10 月より焼結工場 (D.L 式) において, 石灰石 5% 添加の石灰焼結鉄の量産を開始し, 高炉に 50~60% 使用することによりコークス比の低下と生産量の増大とに寄与した。(4) 昭和 31 年初頭より石灰焼結鉄の有利性をさらに前進せしめるため完全自溶性化についての研究を開始するとともに内外文献の調査をおこなつた。さらに 31 年夏 Sweden, Domnarfvet 製鉄所における自溶性焼結鉄の製造と, 100% 装入による高炉操業の実情を調査検討し, 彼我の原料条件および高炉操業条件の相違を比較検討し, 焼結原料として特に hematite 系ベース (硫酸滓) と石灰石との mixture について trace した。

(5) 32 年 2 月より 3 月にかけて, 試験焼結機により完全自溶性焼結鉄の焼結試験を数次にわたり実施し, 日本の製鉄原料条件に適合した成品の試作に成功した。(6) 32 年秋さらに焼結試験機により種々の原料配合条件下における試験を実施して, 確性試験を行うとともに粉石灰石の確保に務めた。(7) 33 年 3 月粉石灰石の量的確保の見透しがついたので完全自溶性焼結鉄の量産 (日産 900t) を開始した。(8) 33 年 5 月焼結工場の生産が軌道に乗り安定したので第 1 高炉において, わが国最初の 100% 自溶性焼結鉄による実際操業を 1 カ月間実施した。(9) その後引き続き 100% 自溶性焼結鉄使用を実施し現在にいたつている。

## III. 自溶性焼結鉄の基礎的研究

自溶性焼結鉄の製造および使用に先立つて, 次項のごとき基礎的研究がおこなはれた。以下その要点のみについてのべる。

1. 各種石灰石の適正に関する研究: 本研究は使用されている各種石灰石を結晶質, 非結晶質に区分して煅焼速度, 煅焼後の強度, 粉化性, 結晶粒度などを調査し, その特性に適した用途を見出すことを目的としたもので研究の結果生産地ごとの特性が判明した。これにより高炉用, 焼結用の使い分けが可能になり, 原料面の調整が容易になつた。

2. 自溶性焼結鉄の脱硫に関する研究: 焼結鉄の脱硫は高炉操業上きわめて大切なことであるが, 自溶性焼結鉄製造の場合, 石灰石の添加量が増えるので脱硫率の低下が見られる。本研究は脱硫率低下の原因と考えられる  $\text{CaSO}_4$  の生成と温度的変化および  $\text{CaSO}_4$  を分解せしめるための C (Coke) の添加とその適正量および slagging と脱硫などについて実験により解明した。

3. 自溶性焼結鉄の組織と被還元性に関する研究: 焼結鉄の matrix がその還元性, 強度などにおよぼす影響はきわめて大きいと考えられるにもかかわらず, この方面の研究は大きな成果を見るにいたつていないので, 当所においては合成試料により焼結鉄の matrix に含まれているであろうと推定される calcium ferrite, fayalite, olivine などを合成し, これを標準試料として, 焼結鉄の顕微鏡観察, X線回折, 還元試験などをおこなつた。その結果焼結鉄の matrix 中には多量の  $3\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$  とともに  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  および  $\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  が存在し, また  $\text{SiO}_2$  の結晶もかなり見られわずかに  $\text{CaO}\cdot\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$  も認められた。

Table 1. Blending ratio of raw materials (%).

No.	Purple ore	Fine purple ore	S. F. Larap	Wabuska	Scale	Iron sand	Dust of B.F.	Fine Lime stone
A	35.0	5.0	10.0	11.0	10.5	9.5	4.0	15.0
B	37.0	5.3	10.5	12.0	11.0	10.0	4.2	10.0
C	39.0	5.5	12.0	12.0	12.0	11.0	4.3	5.0
D	41.0	6.0	12.0	12.0	12.5	12.0	4.5	0

IV. 自溶性焼結鉄の製造について

前に述べたような特質を有する自溶性焼結鉄はおもに スーデンなどで生産され使用されて来たが、これは磁鉄鉄が主原料であり、当所においては国内原料すなわち、硫酸滓などを主原料とした、完全自溶性焼結鉄(高炉では石灰石を使用しない)の製造である。この点が当所として苦心研究を払ったところであり、以下その経過を記す。

1. 製造の基礎試験：工場生産に移る前に試験鍋による焼結試験をおこない、自溶性焼結鉄製造上の重要因子である石灰、コークスの添加量について検討をおこない、これら添加量を変えた場合の焼結生産性、成品々質に

およぼす影響を調べた。

(1) 配合割合 Table 1 のごとく各配合のものに粉石灰添加量を 0~15% に変化せしめた。

(2) 測定項目および結果 250mmφ, 250mm高さの試験鍋にて石灰 0~15%, コークス 2~5% の範囲で変化させ、つぎのごとき測定をおこなった。排気温度、焼結時間、焼歩留、+10mm 歩留、落下強度、脱硫率、酸化度、焼結温度、適正水分量、

A. 石灰添加量を一定にして、コークス量を変えた場合

a) 成品落下強度 コークス量を増すにしたがつて、強度は大となる。 b) +10mm歩留 コークス使用量は

Table 2.

(1) Materials combination.

Purple ore	S.F. Larap	P.O. Larap	S.F. Dungun	Mn ore	Scale	Iron sand	Domestic ore	Fine lime stone	Coke	Return ore
34.7	8.7	6.6	15.7	1.6	10.5	6.9	0.1	15.2	3.6	36.8

(2) Chemical analysis of materials (Raw mix).

T.Fe	FeO	S	Cu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mn	P
52.47	14.00	0.567	0.108	5.85	1.80	0.45	0.050

(3) Chemical analysis of sinter.

	T.Fe	FeO	S	Desulphurization rate	Cu	CaO	SiO <sub>2</sub>	Mn	TiO <sub>2</sub>	Basicity
10% CaO	56.11	10.62	0.065	88.5	0.118	9.79	7.94	0.72	0.96	1.23
5% CaO	59.33	15.39	0.037	95.1	0.146	45.3				

(4) Actual results of sinter produced.

Production T/mon	Production T/pallet	T/H	T/D	Return ore %
28,267	360	43.4	975	36.8

(5) Size and strength of sinter.

+100mm	100-75	75-50	50-25	25-15	15-10	-10	Strength %	Fine lime stone %
13.3	10.9	13.9	15.5	18.7	12.9	14.8	62.0	10
10.5	13.2	14.9	13.6	19.8	14.1	13.6	62.2	5

3~5% においては焼けもよく、+10mm 歩留も大差ないので、+10mm 歩留については、コークスを3%以上増しても意味がない。c) 焼歩留 コークス添加量が増すと、焼歩留は若干低下の傾向を示す。d) 焼結時間 コークス2%では焼けが悪くて時間を要し、3%が最も早く、4~5%は少し時間が長くなる。e) 脱硫率 添加石灰量にもよるが、コークス量を5%に増すと、脱硫率は低下する。この傾向は15%石灰の場合、とくにいちじるしい。f) 酸化度 コークス量が増すにしたがつて低下の傾向にある。g) 適正水分 コークス3%、石灰量15%の時水分11%が最適であった。以上のごとく自溶性焼結鉱(15%石灰)においてはコークス添加量がこれら諸因に大きく影響することがわかる。

B. コークス添加量を一定にして、石灰添加量を変えた場合

a) 成品落下強度 石灰量を増すと、落下強度は低下の傾向を示す。b) +10mm歩留 石灰量を増すと、+10mm歩留は少し低下の傾向を示す。c) 焼歩留 石灰石が多くなれば、当然焼結歩留は若干低下し、石灰15%コークス4%の場合は92%となる。d) 焼結時間 石灰量を増すと、焼結時間は少し早くなる傾向を示す。e) 脱硫率 石灰添加量の増加とともに脱硫率は低下する。とくにコークス5%の場合は、その傾向はいちじるしい。f) 酸化度 石灰量を増すとともに酸化度はわずかであるが向上する。

2. 顕微鏡観察による成品の組織: CaO 5%の石灰石焼結鉱に比し、磁鉄鉱の結晶は可成り小さくなり一部酸化されて、赤鉄鉱となつてはいるが CaO 15%の焼結鉱では一般に、磁鉄鉱は発生したCO<sub>2</sub>のために、さらに微細化せられ、かつ酸化された赤鉄鉱部が多くなつて拡散型結合となり、気孔率にも富んでいる。2本プラントにおける製造基礎試験結果にもとづき、昭和32年12月より工場生産に移つた。Table 2は昭和33年5月の操業の1例を示す。

3. 考察: 自溶性焼結鉱の製造に当つては、コークス、石灰の粒度とその添加量の管理を適正化すれば、試

験鍋の試験の結果と大差なく、成品々位は石灰の存在により脱硫率は幾分低下する程度でFeO%は少く、還元性は向上するとともに強度的にも普通の石灰焼結鉱となら変わりなく均一な成品となり、操業もさしたるトラブルなく続けることができることが実証された。

## V. 自溶性焼結鉱100%装入による高炉操業

### 1. 試験操業

昭和32年4月当時吹下直前の旧第2高炉(公称能力350t全内容積516m<sup>3</sup>)において約1週間100%自溶性焼結鉱による試験操業を実施した結果Table 3のような優秀な実績がられた。

この試験期間にはほとんど棚吊、スリップは皆無で炉況はきわめて順調であり、当初懸念されていた炉頂温度およびシャフト温度の上昇もほとんどなかつた。

### 2. 実際操業

試験操業によつて確信が得られたので引続き焼結原料の手配および研究をおこない、昭和33年5月第1高炉にて自溶性焼結鉱100%配合の操業を1カ月間連続操業を実施した。月間を通じて1回の棚吊、スリップもなく風圧も安定しました高温送風も可能となり、炉況もきわめて順調でOre/Cokeも2.9~3.1の範囲でコークス比も530~570(kg)の間で1月間安定操業を継続し得た。操業諸因および月間の毎日の操業状況はTable 4, Fig. 1に示すとおりである。

### 3. 高炉操業諸因に対する考察

(1) 生産量 生産計画にもとづき焼結工場の生産能力とbalanceをとりつつ生産量の制限を受けたため、full生産は実施できなかつた。したがつて今回の1カ月の操業では100%自溶性焼結鉱による高炉操業が、高炉の生産能率にいかなる影響をもたらすかは実績より結論を下すことはできなかつた。実績では1分間の送風量650m<sup>3</sup> constantで550t/dの生産量である。すなわち鉄t当りの送風量は1530m<sup>3</sup>であつた、従来の高炉操業に比してきわめて低い値を示している。生産量を決

Table 3. Operation results.

Out put	Coke rate	Blast volume	Blast pressure	Blast press. /Blast vol.	Blast temp.	Top temp.	Slag basicity			
458 t/d	577 kg	635 m <sup>3</sup> /mn	493 g/cm <sup>2</sup>	0.78	649°C	241°C	1.14			
Chemical analysis of Top gas (%)				Chemical analysis of pig iron (%)						
CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CO/CO <sub>2</sub>	C	Si	Mn	S	P	Cu	Cr
16.4	23.8	2.1	1.45	4.29	0.74	1.18	0.049	0.129	0.145	0.067

Table 4. Equipments and operating data of No.1 blast furnace.

Effective volume	5.43m <sup>3</sup>	
Number of tuyere	12	
Total area of tuyeres	1596cm <sup>2</sup>	
Number of hot stove	2	
Heating surface of one hot stove	13000m <sup>2</sup>	
Coke	Mean ash content	12.3%
	Mean moisture content	3.4%
	Mean grain size	48.1 mm
	Coke rate	548 kg /t.pig
Sinter	Mean grain size	23.0 mm
	Content of the under size of 10mm	27%
	Content of the up size of 50 mm	9%
	Consumption (ore rate)	1.641 kg /t. pig
Blast	Blast pressure	0.61 kg /cm <sup>2</sup>
	Blast volume	1.530m <sup>3</sup> /t.pig
	Blast temperature	836°C
Pig iron	Analysis	
	C	4.38%
	Si	0.67%
	Mn	1.17%
	P	0.175%
	S	0.033%
Temperature of molten pig iron	1.328%	
Output (daily)	555 t	
Slag	Analysis	
	SiO <sub>2</sub>	34.97%
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.20%
	FeO	0.84%
	CaO	40.75%
	Basicity of slag (CaO/SiO <sub>2</sub> )	1.16
	Slag volume (calculated)	439 kg /t.pig
Temperature slag	1352°C	
Top gas	Analysis	
	CO <sub>2</sub>	17.2%
	CO	22.8%
	H <sub>2</sub>	1.2%
	N <sub>2</sub>	58.8%
	Temperature of top gas	230°C
	Gas produced	1944m <sup>3</sup> /t.pig
Dust	18.0 kg /t.pig	

定する主要因子としては、高炉内装入物を通過するガス量、すなわち1日のコークス燃焼可能量が考えられる。第1高炉の炉床径は5.6mであるので1日のコークス燃焼可能基準量は400tと考えられる。(資料：製鉄部会編、製鉄技術の展望 p. 328) 今回の操業実績では日産555t/d. コークス比548kgであつたので1日のコークス燃焼量は平均約300tであつた。したがつて炉容から見ればまだ生産能力に対して、低い操業度であつた

と考えられる。この1日のコークス燃焼基準量400tをベースとしてコークス比570(kg)とすれば日産700tとなり、全内容積(543m<sup>3</sup>)1m<sup>3</sup>当り1.3t/dの生産能率が期待される。

(2) コークス比 今回の操業は1カ月間であつたがコークス比は予期以上に低下し548kgと月間記録としては世界最低の値を示した。最近わが国の高炉操業においては適正生産量をもつて、原料粒度の改善と高温送風とにより、炉況の安定化をはかるとともに炉内ガス分布の改善をはかりコークス比はいちじるしく低下の傾向を示すにいたつた。しかし、自溶性焼結鉄100%操業により得られたコークス比はこれをさらに下廻るものであり、以下その要因となり得る事項について考察することとする。

A. 自溶性焼結鉄の還元性：焼結鉄自体はその原料条件にもよるが、必ずしも還元性が一般鉄石に比して良好であるといえない。それにはかかわらず焼結鉄が実際操業において一般生鉄石に比し有利であるのは主としてその通気性にあと考えられる。しかしこれに充分細粒された石灰石を、添加することにより、難還元性の fayalite の生成を阻止するかあるいは、消失せしめさらに酸化鉄を包圍している還元ガスに有害なる、ガラス質珪酸塩を解消せしめることが、自溶性焼結鉄の還元性向上の大きな要因となつている。この間接還元性の向上により還元ガスはきわめて有効に使用され、鉄1t当りに必要な還元ガス量を減少せしめている。Table 5は各種原料条件による高炉操業における炉頂ガス成分の比較をしたものである。この数値からして自溶性焼結鉄の被還元性の良

Table 5. Top gas volume and analysis in different burden.

Burden	Top gas			Gas volume/t.pig
	CO	CO <sub>2</sub>	CO /CO <sub>2</sub>	
Self-fluxing sinter 100%	23	17	1.35	2.000m <sup>3</sup>
(Conventional) sinter 50%	25	15	1.67	2.400
Raw iron ore 100%	26	14	1.86	2.700

Type of ore burden.

	Sinter	Hematite	Magnetite
Conventional sinter 50%	50	35	15
Raw iron ore 100%	0	85	15

いことがわかる。さらにこの場合は高炉内で石灰石の解離により発生する CO<sub>2</sub> がまつたくないことを考慮に入れば、さらに還元性の差は大きくなるものと考えられる。さらに興味ある試験として当所第2高炉で短期間自溶性焼結鉱 100% の操業を行つた際 charging line を下げて約1昼夜操業を行つた。通常操業：有効炉高(charging line←→羽口水準)19・3m<sup>3</sup> 試験操業：有効炉高(charging lineを5m下げた)14・3m<sup>3</sup> 有効炉高短縮時のガス成分(3時間ごとに測定せる平均値)はつぎのごとく通常操業と相違なかつた。CO: 26・4%, CO<sub>2</sub>: 15・4%, CO/CO<sub>2</sub>: 1・60, これは自溶性焼結鉱の場合は間接還元性が良好であるため有効

炉高を短縮しても、ガス還元が充分余裕をもつておこなわれることを示すものと考えられる。またその間生鉄下りもなく鉄成分は通常の値を示した。

B. 高温送風：コークス比を低下せしめる直接の手段として、高温送風は有効な手段である。一般に 800°C ~900°C は高温送風と考えられるが、これを可能ならしめる条件としては、

- i. 炉内ガス分布が均一で通気度良好なること。
- ii. 棚吊, スリップがなく炉況が安定していること。
- iii. 熱風炉能力に余裕のあること。
- iv. 熱風炉熱効率が低いこと(85%以上が望ましい)
- v. 熱風管系統(羽口支管を含む)に耐熱性のあること。

があげられる。本操業においては 840°C の高温送風下においても、棚吊, スリップなどのトラブルが全然なかつた。すなわち既述の5条件がほぼ満足されたため高温送風が可能となり、コークス比低下の一因となつた。当所の従来の平均送風温度は 750°C であつたので熱量計算より約 20kg のコークス比の低下に寄与したものと考えられる。

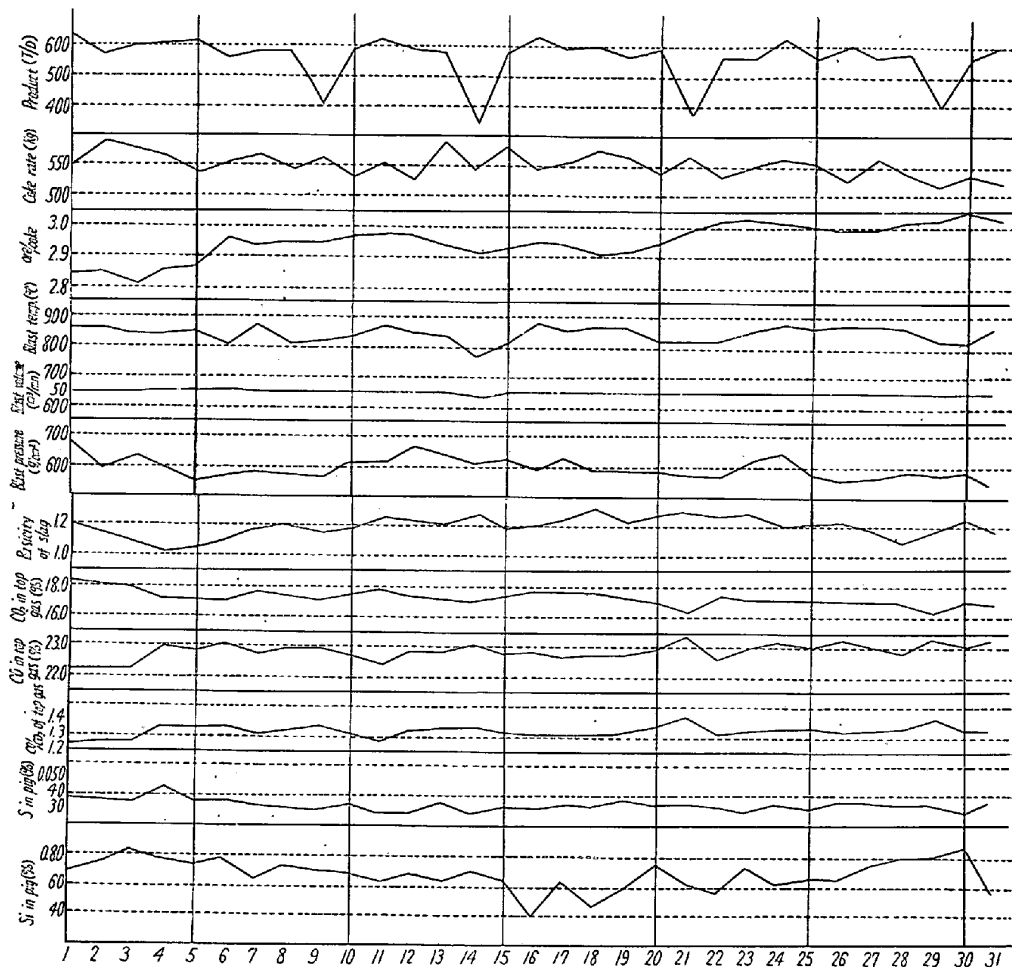


Fig. 1. Operating data of No.1 blast furnace (May 1958).

C. 石灰石の分解々離熱の排除：完全自溶性焼結鉱 100% 装入の高炉操業においては flux としての石灰石はすべて焼結原料中に装入される。しかも石灰粉は充分細粒化され(+3mm・4%以下)適正粒度になつている。焼結技術の向上により焼結原料中の石灰石は安価なコークスブリーズの燃焼熱により、すべて CaCO<sub>3</sub>→CaO の安定した形となつて焼結鉱成品中に含有されている。したがつて高炉内においては炭酸塩の解離(CaCO<sub>3</sub>→CaO +CO<sub>2</sub>)に必要な熱量を必要としない。またこれは装入物から発生して、ガス中に入る CO<sub>2</sub> 量を減少させるため、コークス t 当りのガス量は減少し、したがつて熱損失量が減ずる。ここに一般操業法(高炉装入石灰石原単位鉄 t 当り 250kg とする)と本操業法(高炉装入石灰石は 0)との熱的考察を鉄 t 当りについて試みると、石灰石 250kg の分解々離熱: 110,000 kcal…… a コークス(固定炭素86%)が燃焼して CO<sub>2</sub> 15% CO 25% のガスとなる場合のコークス 1kg 当りの発熱量: 3600 kcal/kg…… b 石灰石 250kg の分解により発生する CO<sub>2</sub> 量 51m<sup>3</sup>(比熱 0・44 kcal/m<sup>3</sup>)に相当するガスの熱損失量: 22 kcal…… c 以上の計算から鉄 t 当り

250 kg の石灰石の解離がないとすれば、コークス比の低下  $a + c/b \approx 31 \text{ kg}$  が見込まれる。

D. 炉内ガス分布の均一化: コークス比を左右する要素として, heat balance 上直接の数値としてはあらわれないが, しかも非常に重要な因子としてシャフト部を上昇するガスの分布がある. 炉内各部を通過するガス量が均一でしかも上昇速度が均一であることは炉内還元を一よりにかつ円滑におこなわしめ, ガスの化学的熱量を有効に利用するための最大の条件である. このためには焼結鉱は通気度の改善に関しては有利な条件を具備しているといえよう. さらに今回の操業においては炉内装入物の分布を改善するために 6mm 以下の粉鉱の装入を炉前選別により極力排除した. すなわち装入前の粒度構成は月間の平均値 (毎日 3 回測定, 月間 93 回測定の平均値) としてつぎのとおりであった.

Table 6. Grain size of sinter.

mm -10	10~20	20~35	35~50	mm +50	Mean grain size
27%	34%	20%	10%	9%	23 mm

この炉内ガス分布の均一性の点に関して自溶性焼結鉱 100% 装入はきわめて満足すべき結果を示している. すなわち (Fig. 2) はドイツ式の炉内ガス測定装置 (炉頂より 6m 下に炉内を東西に横断して設置されている. Zimmermann type continuous gas measuring equipment) により測定された炉内各部のガス温度およびガス中の CO<sub>2</sub> 量を測定した結果を示したもので, つぎの 3 種のことなつた原料条件による操業時の比較である. すなわち

- i. 100% 自溶性焼結鉱 (6mm以下の粉を排除)
- ii. 50% 焼結鉱, 50% 生鉱石
- iii. 100% 生鉱石

## VI. 製鉄技術上における本方式の問題点

### 1. 高炉操業上の問題点

(1) 設計諸因のことなつた炉型に対する適応性 当小倉製鉄所における第 1 高炉と第 2 高炉とはその設計上の諸因がことなり, また普通操業法 (焼結鉱 50% 配合) においても明かな操業諸因の相違を示している.

以上のごとく第 1 高炉と第 2 高炉とは設計的にもまた操業諸因においても普通操業条件下においてはいちじるしい相違を示した. この両高炉に対する 100% 自溶性焼結鉱による操業結果はつぎのとおりである. (第 1 高炉は昭和 33 年 5 月および 8 月の実績平均, 第 2 高炉は 9 月実績)

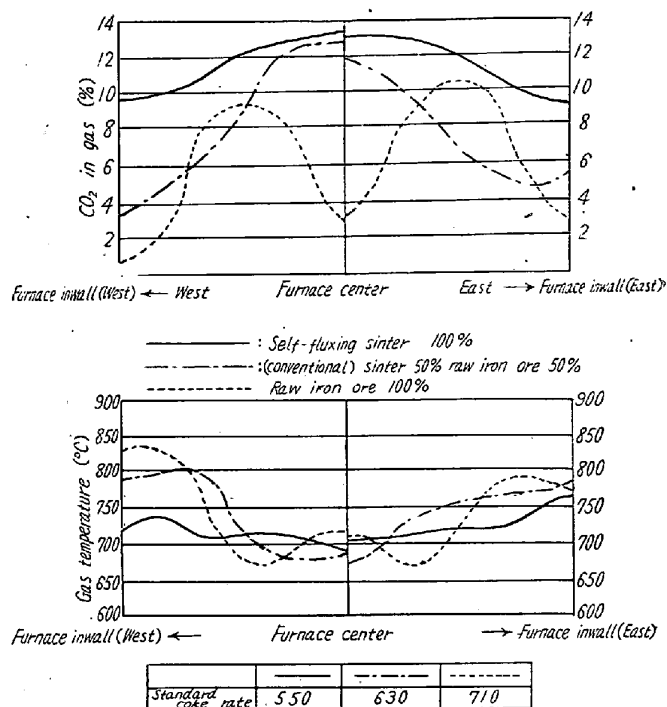


Fig. 2. Gas distribution in furnace under the various burden-combination.

以上のごとく普通操業法においては炉況の不安定, 操業諸因の不良を示した. 第 2 高炉においても 100% 自溶性焼結鉱の操業条件下においては, 炉況は安定し, 第 1 高炉と同様な操業成績を示している. この事実は 100% 自溶性焼結鉱装入による操業法がきわめて高い普遍性を有することを立証するものである. すなわち高炉操業においてその操業成績を左右する要因は種々あるが, 原料要因を除く他の内部要因の変動に対し本方式が高い安定性を有することを示すものである.

### 2. 原料選択上の問題点

(1) 硫酸滓 焼結鉱の品質改善の項においてのべたごとく, 最も良質な焼結鉱を得るためには適当な粒度を有する Magnetite base が望ましい. しかし, わが国の焼結原料条件下においては硫酸滓の使用は多少の差は免れがたい条件である. 硫酸滓中には約 0.5% の Zn およびその他微量の Sn, Pb などの揮発性非鉄金属を含有している. これらの金属は焼結過程では除去されず, ほとんどすべて高炉内に装入される. 硫酸滓を, 35% 配合せる焼結鉱の Zn 含有量は約 0.25% であるので, 1 カ月に高炉に装入される Zn 量は Table 9 のごとくなる.

高炉内に装入された Zn の大部分はダスト中に含まれて炉外に排出されるが, その一部は炉内に滞留して炉壁その他に deposit を形成し profile を変化せしめ棚吊その他の炉況の不安定を誘発する原因となるものと考えられる. この傾向は当小倉製鉄所の第 1 高炉におい

Table 7. Planning conditions for No. 1 and 2 blast furnace.

	No.1 B. F.	No.2 B. F.	Note
Inner volume (m <sup>3</sup> )	543	770	
Bosh angle	82°08'48"	79°59'31"	
Hearth diameter (mm)	5·600	6·000	
Hearth height (mm)	2·600	3·200	Except the lower part
Hearth area/inner volume	0·0453	0·0367	
Cooling system	The distance between the inner end of cooling box and furnace wall surface in 230mm	The distance between the inner end of cooling box and furnace wall surface is o, i, e the end is exposed	
Type of furnace	Low bosh and wide hearth type	High bosh and narrow hearth type.	

Operation condition (normal operation under the same burden and operating degree).

	No.1 B. F.	No.2 B. F.
Blast volume m <sup>3</sup> /t.pig	1·812	2·030
Coke rate kg/t.pig	626	692
CO/CO <sub>2</sub> of top gas	1·47	1·64
Ore/Coke	2·47	2·35
Rate of the pig containing S<0·04% for all pig produced (%)	42	25
Furnace condition	Generally stable	Unstable
Frequency of hanging (per month)	14	26
Frequency of slip (per month)	9	76

Table 8. Result of operating No.1 and No. 2 B.F. in all self-fluxing sinter burden.

	No.1 B.F.	No.2 B.F.
Blast volume m <sup>3</sup> /t.pig	1·555	1·604
Coke rate kg/t. pig	564	576
CO/CO <sub>2</sub> of top gas	1·46	1·43
Ore/coke	2·93	2·89
Furnace condition	Stable	Stable
Frequency of hanging	3	11

Table 9. Quantity of Zn brought in B.F. per month.

Pig produced /month	Ore ratio	Coke consumption/month	Zn brought /month
18,000 t	1·65	29,000 t	24 t

て 100% 自溶性焼結鉱 (硫酸滓配合比 35~40%) による操業を約 3 カ月間継続した場合にもその兆候があらわれている。この問題は硫酸滓を主原料とする本焼結鉱の 100% 使用の場合当然考慮すべき問題であるとともに 100% 自溶性焼結鉱操業法における硫酸滓の使用量にある限界のあることを示唆している。あるいは一定期間の本操業法ののちに炉内 cleaning を実施する必要がある

と考える。この場合の炉内 cleaning の方法としては揮発性金属を含有しない全生鉱石による操業あるいは light charge による増風急速操業が考えられる。

(2) 砂鉄 砂鉄もまたわが国の焼結原料としては重要なものである。しかし砂鉄中に含有される TiO<sub>2</sub> はその量が多い場合は high TiO<sub>2</sub> slag となり slag の流動性あるいは分離性を阻害して高炉作業上のトラブルとなることは、従来われわれの経験したところである。最近のごとく湯溜り以下に carbon lining を使用する場合はとくにこの傾向がいちじるしい。しかし 100% 自溶性焼結鉱の操業においては slag の basicity を下げても比較的脱硫が良くおこなわれる。その理由としては、

A. コークス比の低下によりコークスよりの S 装入量が軽減される。 B. 良質な焼結鉱は S 含有量が低い。 C. 生鉱下りなどがなく炉況が安定しているので炉床における着熱状態が改善される。 D. ソ連などの高炉実験によると脱硫反応がすぐれているといわれている。したがって本操業においてはある程度 slag の basicity を下げることにより (1·3→1·15) 砂鉄中の TiO<sub>2</sub> の悪影響を軽減できるので、砂鉄の活用の巾が増大するものと考えられる。



## VII. 結 言

住友金属小倉製鉄所では昭和 30 年より自溶性焼結鉍の製造技術について研究し、その実際高炉操業試験に成功した。その詳細については以上のべたとおりである。現在もこの操業をおこなっているが、上記にのべたごとく生産上および使用上の多少の問題点は残るけれども、自溶性焼結鉍の使用によりコークス比は、飛躍的に低下し得ることは明白となり、わが国の製鉄技術の向上に寄与し、その新分野を開拓したものと考え。最近、高炉操

業技術として、酸素富化操業、調湿操業、高圧操業および全自溶性焼結鉍操業などが新しい高炉操業技術として世界的に脚光を浴びており、酸素富化操業などはわが国でも最近実験的に実施されている。このように、製鉄技術の発展は目覚ましいものがあり、当所としてもこの情勢におくれることなく、一層の研究努力を重ね、この操業法をさらに発展させるとともに、前記製鉄の新技术をも積極的に取入れ、わが国鉄鋼業界の発展に寄与したいと考えるしだいである。(昭和34年2月寄稿)

## 高炭素鋼の黒鉛化におよぼす各種添加元素の影響について (その2)\*

(高炭素鋼の黒鉛化に関する研究—II)

山中直道\*\*・日下邦男\*\*\*

## Influence of Various Elements on the Graphitization of High Carbon Steel (Part 2)

(Study on the graphitization of high carbon steel—II)

Naomichi Yamanaka, Dr. Eng. and kunio Kusaka

## Synopsis:

The authors studied upon the influence of various elements on the graphitization of high-carbon steel made from electrolytic iron or sand iron with 0.01% or 0.05% aluminum addition. Samples were water-quenched from 870°C or cold drawn from 10φ to 8φ, and then heated for 24, 48, 72, 100 and 150 hours at 650°C. Results obtained were as follows:

(1) Silicon promoted the graphitization of the high carbon steel after water-quenching and cold drawing, and manganese inhibited the graphitization.

(2) The carbide forming elements such as chromium, molybdenum and tungsten inhibited graphitization and chromium was most effective.

(3) Titanium, zirconium and boron promoted the graphitization very markedly after water-quenching and accelerated the graphitization after cold drawing. Vanadium restrained the graphitization after cold drawing, but accelerated graphitization after water-quenching as the vanadium increased to over 0.1%.

(4) Nickel promoted the graphitization after cold drawing and copper had little effect on the graphitization. Columbium inhibited the graphitization after cold drawing, but accelerated the graphitization after water-quenching.

(5) Tin inhibited the graphitization very markedly after water-quenching and cold drawing. Phosphorus, tellurium, antimony and arsenic restrained the graphitization. High carbon steel made from ordinary scrap was highly resistant to graphitization in the presence of small amounts of tin.

## I. 結 言

著者らは前報において可溶 Al が黒鉛化をいちじるしく促進することまた可溶 Al が同じでも電解鉄を原料とした場合、砂鉄系原料をもちいた場合および普通の屑

鉄溶解による場合とで黒鉛化速度に大きい差異があらわ

\* 昭和 32 年 4 月本会講演大会において講演

\*\* 特殊製鋼株式会社, 工博

\*\*\* 同, 研究所