

た。

鉄鉱石の仕事指数 (work index) を基準にして、被粉碎性の異なる3種の鉄鉱石を選び、破碎比を変化させて破碎試験を行なった結果、破碎比が大になるほど粉鉱の生成割合が増加する傾向が明りように認められた。

微粉の生成割合を定量的に求めるために、破碎産物の粒度分布を数式で表示することを検討し、GAUDIN-MELOY 式がきわめてよく適合することを確認した。

つぎに任意の破碎比をとる場合にも拡大計算を行なうために、GAUDIN-MELOY 式の粒子比 r と破碎比との関係を検討し、両者の対数の間に明りような直線関係が保たれることを確認した。この r と破碎比との関係を利用して、任意の破碎比における破碎産物の粒度分布を計算によって求めることが可能になる。

破碎産物の粒度分布を数式により表示することから、1段破碎、2段破碎および3段破碎のそれぞれの場合について破碎機のセット間隔およびスクリーンの目の大きさを任意に設定した場合の最終破碎産物の粒度分布を求める計算法を確立した。

この計算法を用いて、破碎段数と整粒効果との関係を

検討した結果、破碎段数が多い場合は微粉の生成が少なく、かつ目的とする粒度の産物が多いことを確かめ、多段粉碎は整粒粉碎にきわめて有効であることを確認した。

さらに、粒度分布をもつ給鉱を破碎する場合の開回路ならびに閉回路過程に対するマトリックス解析を試み、最終産物の粒度分布を計算によって求めた。この結果に基づき、多段粉碎は整粒粉碎法としてきわめて有効であることを確認した。

本研究を遂行するにあたり八幡製鉄株式会社の援助を受けた。ここに感謝の意を表する次第である。また本研究の実験を担当した小林昌夫君に謝意を表する次第である。

文 献

- 1) 向井 滋, 一伊達稔, 小林昌夫: 浮選, 第33号 (1967), p. 22~28
- 2) A. M. GAUDIN and T. P. MELOY: Trans. Soc. Min. Eng. AIME, 223 (1962), p. 40~43
- 3) S. R. BROADBENT and J. G. CALLCOTT: J. Inst. Fuel, 12 (1956), p. 524~539

自溶性ペレットの製造ならびに高炉使用について*

藤井成美**・田村節夫**・田口和正**・国井和扶***・西田礼次郎***

Study on the Manufacture of Self Fluxed Pellets and the Use to Blast Furnace

Shigeyoshi FUJII, Setsuo TAMURA, Kazumasa TAGUCHI

Kazuo KUNII and Reiji NISHIDA

Synopsis:

The paper presented the development of self-fluxing pellets and the availability in them to blast furnace of Kobe Work Ltd.

Several phases of the pelletizing process are discussed individually, and also their relation to performance in blast furnace operation. Special emphasis is placed on proper preparation of the limestone added to the raw materials, and indurating at optimum conditions.

Better quality of pellet will be gained by the proper size distribution of raw material the control of indurating temperature.

The performance of blast furnace with self-fluxed pellets are also discussed.

(Received Apr. 17, 1968)

1. 緒 言

自溶性ペレットの製造に関する研究¹⁾²⁾³⁾はかなり古くから行なわれているが、これを工業的に製造し、かつ高炉で安定使用している事例は現在のところ見られない。

自溶性ペレットの工業化されない技術上の問題としては焼結鉱のごとく自溶性化による被還元性の向上が期待

* 昭和43年4月17日受付

** (株)神戸製鋼所 神戸工場

*** (株)神戸製鋼所中央研究所

されないことも挙げられるが⁴⁾、米国における自溶性ペレットの高炉使用結果がかなり悪くなかったという事実が最も大きい理由と考えられる。

この報告⁵⁾によると自溶性ペレットの使用によつてコークス比は低下するが著しい炉況悪化を招き、自溶性ペレットの還元性状の本質的な欠陥がその一原因であると指摘されている。

当社神戸工場ではペレット工場稼動以来全成品を第3高炉に集中使用しているが、高炉における燃料比の低下を主目的としてペレットの自溶性化を企図し、自溶性ペレット製造上の問題を解明するとともに、品質とくに還元性状に対する検討を続けた結果、焼成条件を適当に選ぶことによつて高炉における大量使用に十分耐えうる自溶性ペレットの得られる見通しを得た。

そこでペレット工場において 1966 年 11 月から低塩基ペレットの製造を開始し、翌年 4 月塩基度 1.4 の完全自溶性ペレットに移行し現在に至っている。

一方、高炉においては完全自溶性ペレットの高配合試験、あるいは通常操業の結果からペレットの自溶性化や配合率の上昇によつて燃料比の低下、出鉄比の向上が認められ所期の目的を達成することができた。

以下これらの経過について報告したい。

2. 製造上の検討

自溶性ペレットは微粉のペレット原料鉱石に粉碎した石灰石を配合して製造するが、生ペレットや焼成ペレットの品質におよぼす石灰石の影響については一致した結論が得られていない。

これは石灰石の配合量以外にその粒度や焼成条件も大きい影響をおよぼすものと想像される。

また石灰石を配合したペレットの乾燥→焼成過程の化学ならびに鉱物組成の変化について現在のところ全く不明である。

したがって自溶性ペレットを製造するに当たってはこれらの点をあらかじめ検討しておく必要がある。

2.1 造粒に関する検討

造粒上の問題としては生ペレットの強度におよぼす石灰石配合量ならびに粒度の影響を明らかにすることである。

そこでこれらの点を実験室的に検討した。

2.1.1 生ペレットの強度におよぼす石灰石配合の影響

使用したペレット原料鉱石はゴアならびにソ連 (Kri-voi-Rog) 産ヘマタイト鉱およびオーストラリア産の低品位ヘマタイト鉱の混合物で神戸ペレット工場の粉碎系

統に供給される一般的なものである。また石灰石は冶金用に使用されている国内産を用いた。

実験用ボール・ミル (内径: 180 mm, 長さ 190 mm) を使用して鉄鉱石混合物を臨界回転数の約 60% の回転数で 60 min 間粉碎した。石灰石も同じ条件で 20 および 60 min 粉碎し、これらの粒度分布を湿式遠心法で測定した。その結果は後述の Fig. 2 に示すように粒度分布の代表値として 10μ 通過%で表わすと鉄鉱石混合物では 31.9%, 石灰石では 33.0% および 50.0% である。

このようにして得られた一定粒度の鉄鉱石混合物に粒度分布の異なる石灰石をそれぞれ単独で 3.45, 7.54, 11.63, 15.91% 配合した後タイヤ・ペレタイザーを用いて直径約 16 mm の生ペレットに造粒した。

なおこれらの配合量は塩基度 0.5, 1.0, 1.5, および 2.0 にそれぞれ対応するものである。

生ペレットの強度として圧潰強度および落下抵抗値 (高さ 500 mm から鉄板上に落下せしめ破壊に至る回数) を選び上記の各配合原料における石灰石配合量と強度との関係を示したものが Fig. 1 である。

これによると 10μ 通過 32% の粒度を有する鉄鉱石混合物に対し 10μ 通過 50% のかなり微細な粒度の石灰石を配合しても生ペレットの強度はほとんど変化しな

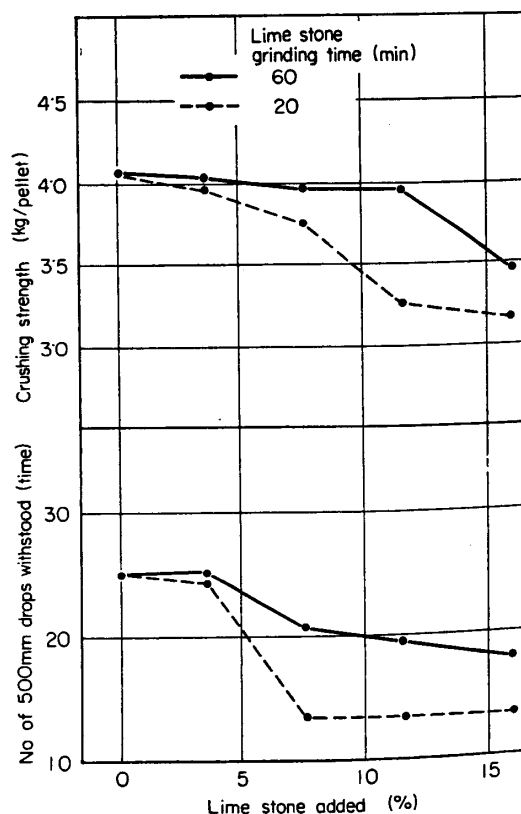


Fig. 1. Relation between amount of lime stone added and strength of green pellets.

いが、同程度の粒度を有する石灰石の場合、圧潰強度はその配合量とともに低下し、落下抵抗は約7%付近で急激に低下する。

したがって石灰石を配合して自落性を製造するにはまず石灰石の粒度を鉄鉱石よりもかなり微細にし、生ペレットの強度低下を最少限に止めることが必要である。

2.1.2 配合石灰石の粉碎方式に関する検討

前項において述べたごとく自溶性ペレット製造上、石灰石の粒度をかなり微細にする必要が認められた。石灰石の粉碎方式としては、これを別個に行なう場合と同時に処理する方式が考えられるが、後者の方式であると新たに粉碎設備を要せず、また鉄鉱石と同時に粉碎されるので配合石灰石の混合上も有利であると考えられたので鉄鉱石と石灰石との混合粉碎に関する基礎的検討を行なった。

検討に先だち鉄鉱石と石灰石との粉碎性を調査した。鉄鉱石としてはすでに述べたペレット原料鉄石の混合物である。粉碎性の調査も前記の実験用ボール・ミルを用い粉碎時間としては20, 35 および60 minを選定した。

Fig. 2 に鉄鉱石混合物および石灰石の粉碎産物の粒度分布を示すが、これによると石灰石は鉄鉱石混合物に比べて粉碎性はかなり良好であると判断され、この結果から鉄鉱石混合物と石灰石を混合粉碎すれば石灰石が選択

あると予想される。

そこで鉄鉱石混合物に石灰石を約7% (塩基度 1.0) 配合し前記の条件で粉碎試験を行ない混合粉碎物の粒度分布を測定し、さらに粒度別の TFe, SiO₂ および CaO の分析値から混合粉碎産物中の鉄鉱石類と石灰石との粒度分布を推定した。

この結果は Fig. 2 に併記しているが鉄鉱石類は混合粉碎によつて粉碎時間の短い場合、やや粗い粒度分布を示すが、35および60min 粉碎になるとほとんど同一の粒度分布を示す。一方、石灰石ではいずれの場合も単独粉碎に比べて微細な粒度分布を示している。すなわち石灰石の粉碎効率は鉄鉱石と混合粉碎することによって向上し、しかも鉄鉱石の粉碎効率はそこなわれないということが明らかにされた。

この結果から配合石灰石の粉碎は鉄鉱石の粉碎システムを利用することによつて、設備的にもまた生ペレットの強度維持の面からも最良の方式であるという結論を得た。

2.2 生ペレットの乾燥、予熱過程におよぼす石灰石配合の影響

神戸ペレット工場の焼成設備は移動グレートとロータリ・キルンを組み合わせた、いわゆるグレートキルンで型式は米国アリス・チャルマーズ社方式である。

このグレート・キルンによつて自溶性ペレットを焼成する場合には、移動グレートにおける生ペレットの乾燥予熱過程の諸変化ならびに予熱されたペレットの圧潰強度に対する石灰石の影響を明らかにしておく必要がある。そこで石灰石配合量の異なる生ペレットの乾燥、予熱試験を実施した。

2.2.1 試験方法

造粒実験に用いた鉄鉱石混合物を粉碎し、これに微粉磁鉄精鉱を配合したものを実験試料としたが平均化学組成は TFe : 62.59%, FeO : 8.47%, SiO₂ : 3.65%, CaO : 0.21%, Al₂O₃ : 1.25% である。なお、比表面積は 2300cm²/g である。このような原料鉄石に石灰石を 9.4, 11.7 および 14.0% 配合し塩基度をそれぞれ 1.3, 1.6 および 1.9 に調整した後造粒しポットグレート炉による試験に供した。

ポット・グレート炉はその概要を Fig. 3 に示す。炉体の試料ペレット充填部の断面積 (grate area) は 0.092 m² で充填高さは今回の試験の場合実操業とほぼ同一の 180 mm とした。

乾燥ならびに予熱用の熱ガスを両側の燃焼室においてあらかじめ発生せしめ、これらが安定したところで、乾燥用熱ガスを所定時間ペレット層に流通せしめる。その後燃焼室に設けられた耐火物製のバルブおよびスタック・

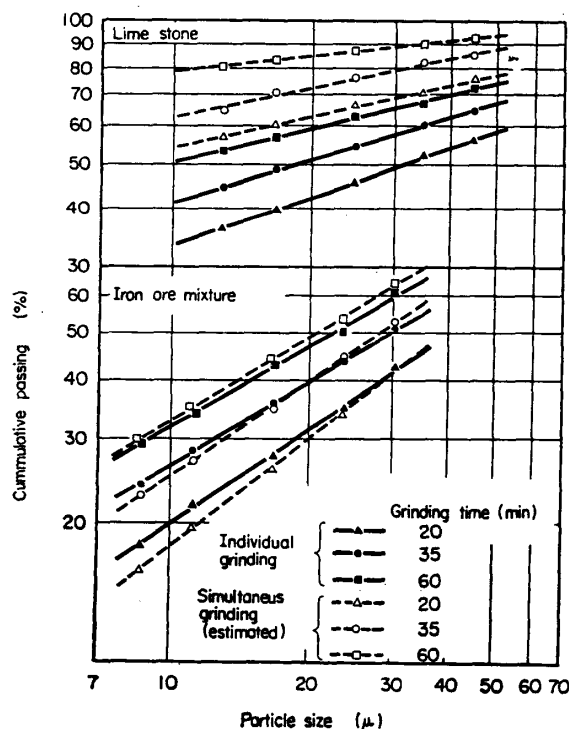


Fig. 2. Size distributions of grinds of iron ore mixture and lime stone, estimated of individual size distribution of iron ore mixture and lime stone ground simultaneously.

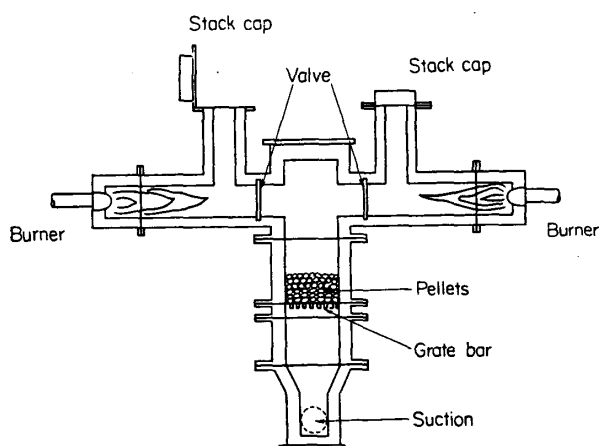


Fig. 3. Schematic arrangement of pot grate furnace.

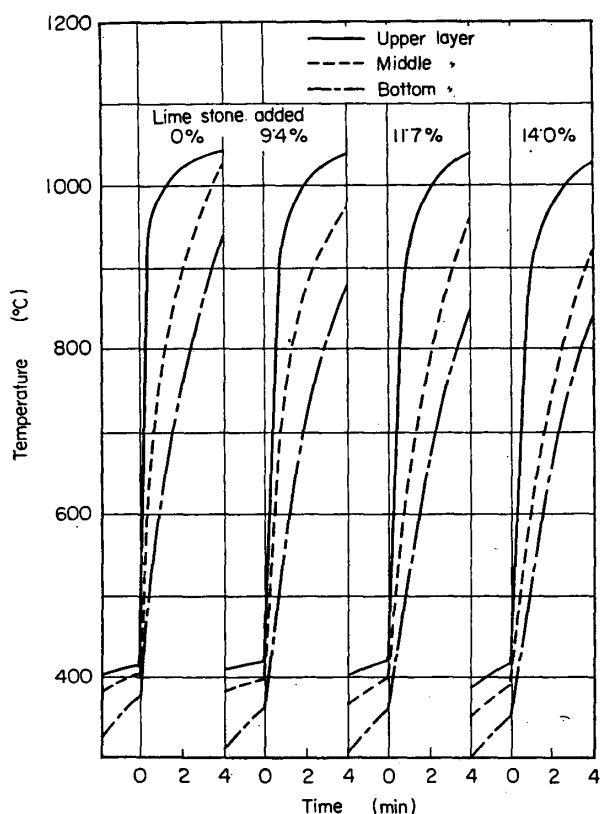


Fig. 4. Temperature of pellet bed in preheating stage.

キャップの開閉によつて予熱用熱ガスに切り替え所定時間の予熱を行なう。

ペレット層の上、中および下部に熱電対をそう入しペレット層の測温をまた炉体各部にそう入されている熱電対によつて加熱ガス、排ガスの温度も測定する。

今回の試験では乾燥予熱条件をペレット工場の移動グレート部に合致せしめ石灰石配合量のみの影響を調査した。

すなわち乾燥においては $260^{\circ}\text{C} \times 5 \text{ min}$ 、離水（結晶的に微粉碎され自溶性ペレット製造上きわめて好都合で

水除去工程）では $420^{\circ}\text{C} \times 4 \text{ min}$ 、予熱には $1040^{\circ}\text{C} \times 4 \text{ min}$ 間それぞれ熱ガスをペレット層に流通せしめた。

また試験後予熱ペレットの圧潰強度を測定し予熱強度におよぼす石灰石配合の影響を調べた。

2.2.2 試験結果

Fig. 4 にペレット層各部の温度変化のうち石灰石配合の影響を受ける予熱過程を示した。

これによるとペレット層各部の昇温速度は石灰石配合量の増加とともに低下するが、上部ではその影響が軽微であるに反し中、下部では顕著である。

これは予熱ガスがペレット上層部を通過する際、ペレット中に含まれる石灰石の分解による吸熱反応がおり予熱ガスの温度が低下するため必然的に中層以下のペレットの温度も低下するものと考えられる。

また、このような加熱曲線から予熱過程では配合石灰石の一部が仮焼されるのみで、未仮焼の石灰石を含んだ予熱ペレットが次工程であるロータリ・キルンに送られるものと考えられる。

Fig. 5 は石灰石配合量と予熱ペレットの圧潰強度との関係を示したものである。

グレート・キルンによつてペレットを製造する場合には予熱ペレットの強度を一定値以上に維持する必要がある。しかし Fig. 5 によると石灰石配合量の増加によつて強度は著しく低下し、実操業において予熱ペレットがロータリ・キルン内において破壊し種々の問題を惹起するものと予想される。

このような予熱ペレットの強度低下は石灰石の分野による中下層の温度低下がその主因と考えられるので、こ

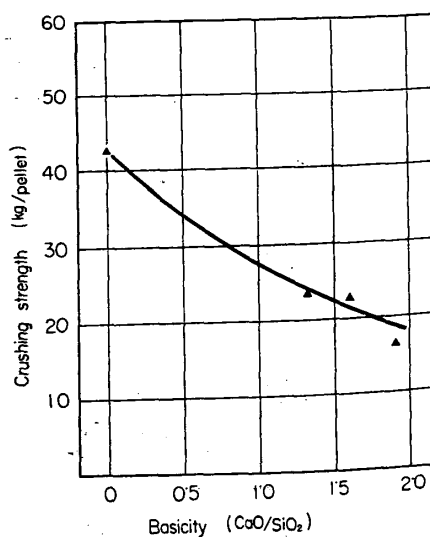


Fig. 5. Relation between amount of lime stone added and crushing strength of preheated pellets.

の対策としては予熱ガスの増量（石灰石分解の熱補償）や予熱帯の滞留時間の延長が挙げられる。

2.3 焼成温度に関する検討

ペレットの品質に対する焼成温度の影響のきわめて大きいことはすでに報告⁶⁾したが、とくに自溶性ペレットにおいては CaO の存在によつて鉱物結合やスラグ組成が複雑化するので焼成温度と品質の関係も普通ペレットに比べて一層重要になるものと考えられる。

したがつて自溶性ペレットの製造に当たつて焼成温度と品質との関係について調査を行なつた。

2.3.1 焼成温度と常温強度との関係

焼成実験は実操業にできる限り近似せしめる目的で内径 600 mm、長さ 800 mm のバッチ型ロータリ・キルンを使用した。焼成方法はあらかじめキルン内を 1100°C に加熱しておき、ポット・グレート炉において予熱されたペレット約 25 kg をそう入し焼成温度まで約 20 min で昇温するものである。

今回の実験では焼成時間はいずれも 15 min で焼成雰囲気中の O_2 分圧は 15% に調節した。

実験に使用したペレット原料は 2.2 項と同じもので、これに石灰石を 0, 1.38, 4.39 および 8.02% 配合したものでこれは塩基度として 0.3, 0.5, 1.0 および 1.5 に相当する。

焼成ペレットの常温強度として圧潰強度および回転強

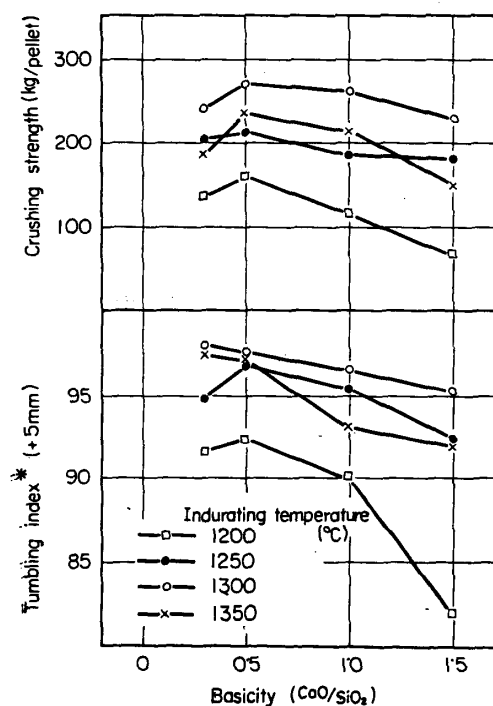


Fig. 6. Relation between basicity and strength of pellets.

*Sample weight 11.5 kg

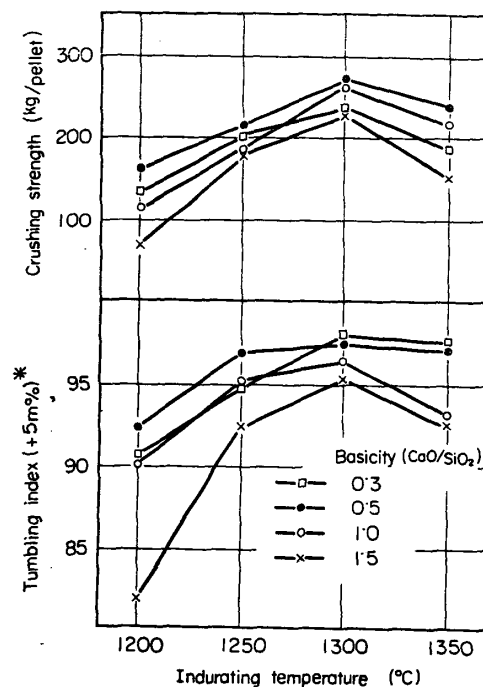


Fig. 7. Relation between indurating temperature and strength of pellets.

*Sample weight 11.5 kg

度を選び、塩基度ならびに焼成温度との関係を示すと Fig. 6, 7 のようになる。

圧潰強度におよぼす塩基度の影響を見ると塩基度が 0.5 に上昇した場合いずれの焼成温度においても強度は向上する。しかし塩基度が 1.0 以上になると、その上昇とともに強度はかえって低下する。

回転強度指数においても前述の圧潰強度とほぼ同様の傾向が認められるが、 1300°C 以上で焼成した場合には塩基度の上昇とともにわずかに低下する現象が見られる。

次に焼成温度の影響を Fig. 7 について見ると圧潰強度、回転強度ともいずれの塩基度においても 1300°C で最も高い値を示す。また圧潰強度におよぼす焼成温度の影響は塩基度によってほとんど変わらないが、回転強度の場合には塩基度が 1.0 以上になると焼成温度の影響が大となり、 1300°C 以外の温度で焼成すると回転強度はかなり低下する。

このように自溶性ペレットの強度、とくに回転強度は焼成温度に非常に敏感で焼成温度の調節がきわめて重要である。

2.3.2 焼成温度と還元性状との関係

ペレットの品質のうち、還元性状は非常に重要で高炉使用に十分耐えうるものでなければならない。

還元性状も焼成温度の影響を受けるものと予想されるので、代表的な性状として被還元性ならびに還元過程における軟化現象をとり上げ焼成温度ならびに塩基度との

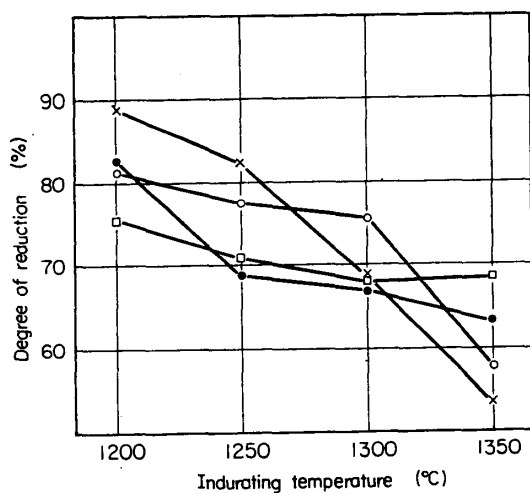


Fig. 8. Relation between indurating temperature and degree of reduction of pellets (by JIS method).

関係を調査した。

焼成温度と被還元性(JIS法によつて測定した還元率)との関係を Fig. 8 に示す。

これによるといずれのペレットも焼成温度の上昇によつて還元率は低下するが塩基度 1.0 以上では、この傾向はきわめて大である。

したがつて塩基度と還元率との関係も Fig. 9 に示すごとく非常に複雑で一般に低温で焼成した場合には塩基度の上昇によつて還元率は増大するが高温焼成では全く逆の関係が認められた。

次に還元過程における軟化現象を調べるため Fig. 10 に示すような装置を用いた。

試験方法としては、反応管に層高が 100 mm になるように約 1 kg のペレットをそう入し Table 1 に示す昇温条件、還元ガスによつて加熱、還元する。試験過程において試料層高さの変化から収縮率を記録するとともに試料ペレット層を通過する還元ガス流の圧力損失を測定する。

試験中、試料の上面に 2 kg/cm^2 の荷重を加える。また還元ガスの流量は 15 Nl/min に一定した。

この試験によつて得られる温度—収縮率、ガス圧損失曲線の一例を Fig. 11 に示す。収縮率やガス圧損失のバ

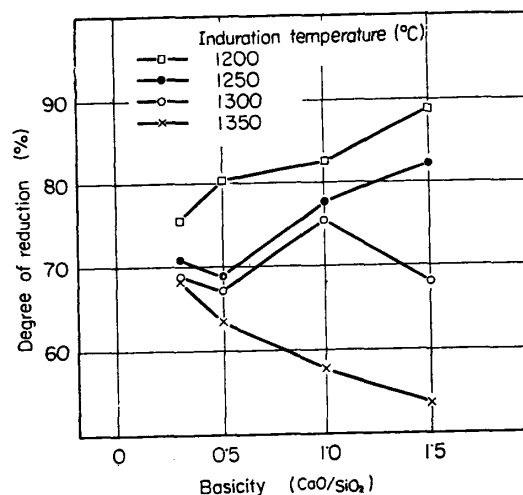


Fig. 9. Relation between basicity and degree of reduction of pellets (by JIS method).

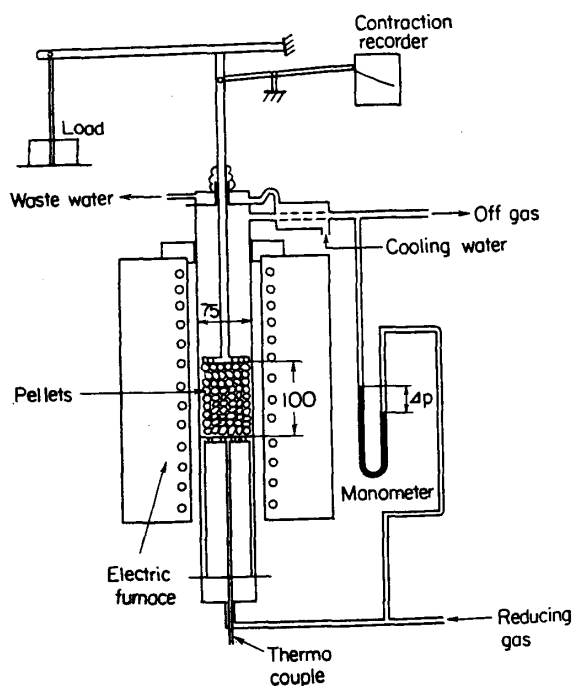


Fig. 10. Schematic arrangement of reduction test under load.

Table 1. Condition of reduction test under load (R.U.L.).

Temperature (°C)	Heating rate (°C/min)	Time schedule (min)	Composition of reducing gas (%)			
			CO	CO ₂	H ₂	N ₂
200~800	12	0~50	27	13	2	58
800~1100	1.4	50~110	32	8	2	58
		110~160	40	2	2	56
		160~270	40	0	2	58

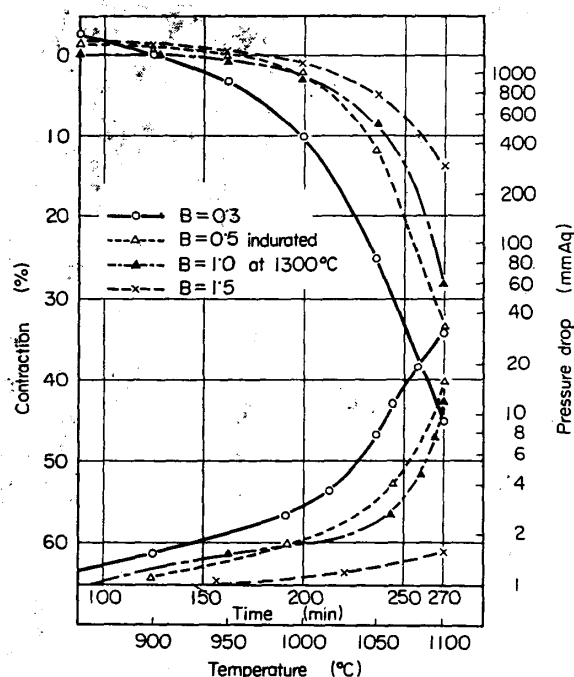


Fig. 11. Pattern of contraction and pressure drop during reduction test under load.

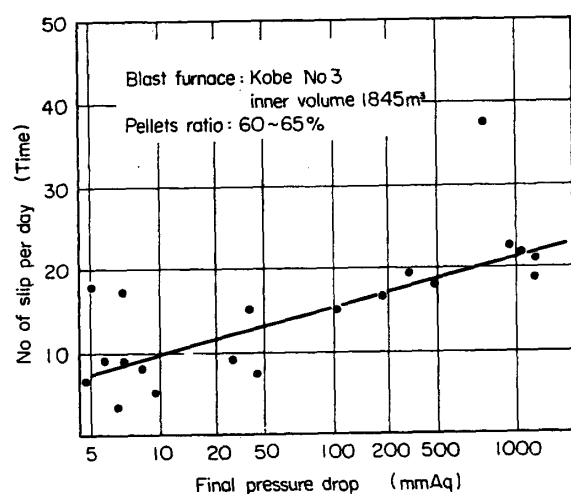


Fig. 12. Relation between final pressure drop at reduction test under load and No of slip per day in blast furnace.

ターンは高炉内におけるペレット層の性状変化や、これに伴う通気性の低下に対応するものと考えられるが、高炉炉況との関係については最終ガス圧損失量 (1100°Cにおけるガス圧損失量) とスリップ回数との間にFig. 12に示すような相関が得られている。

そこで還元性状の代表値として最終ガス圧損失量を選び焼成条件ならびに塩基度との関係を調査した。

Fig. 13 は各ペレットの焼成温度と最終ガス圧損失量との関係を示したもので、これによるといずれの場合も焼成温度の上昇に伴ってガス圧損失は減少するが塩基度

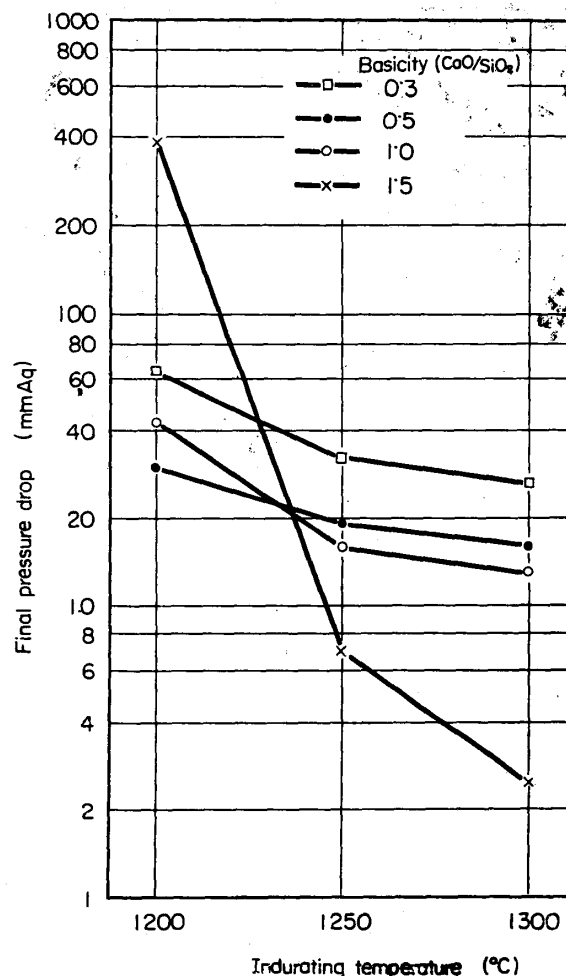


Fig. 13. Relation between indurating temperature and final pressure drop at reduction test under load of pellets.

1.0 以上ではこの傾向がとくに大きいことが認められる。すなわち還元性状の改善に対する高温焼成の効果の大きいことがわかる。

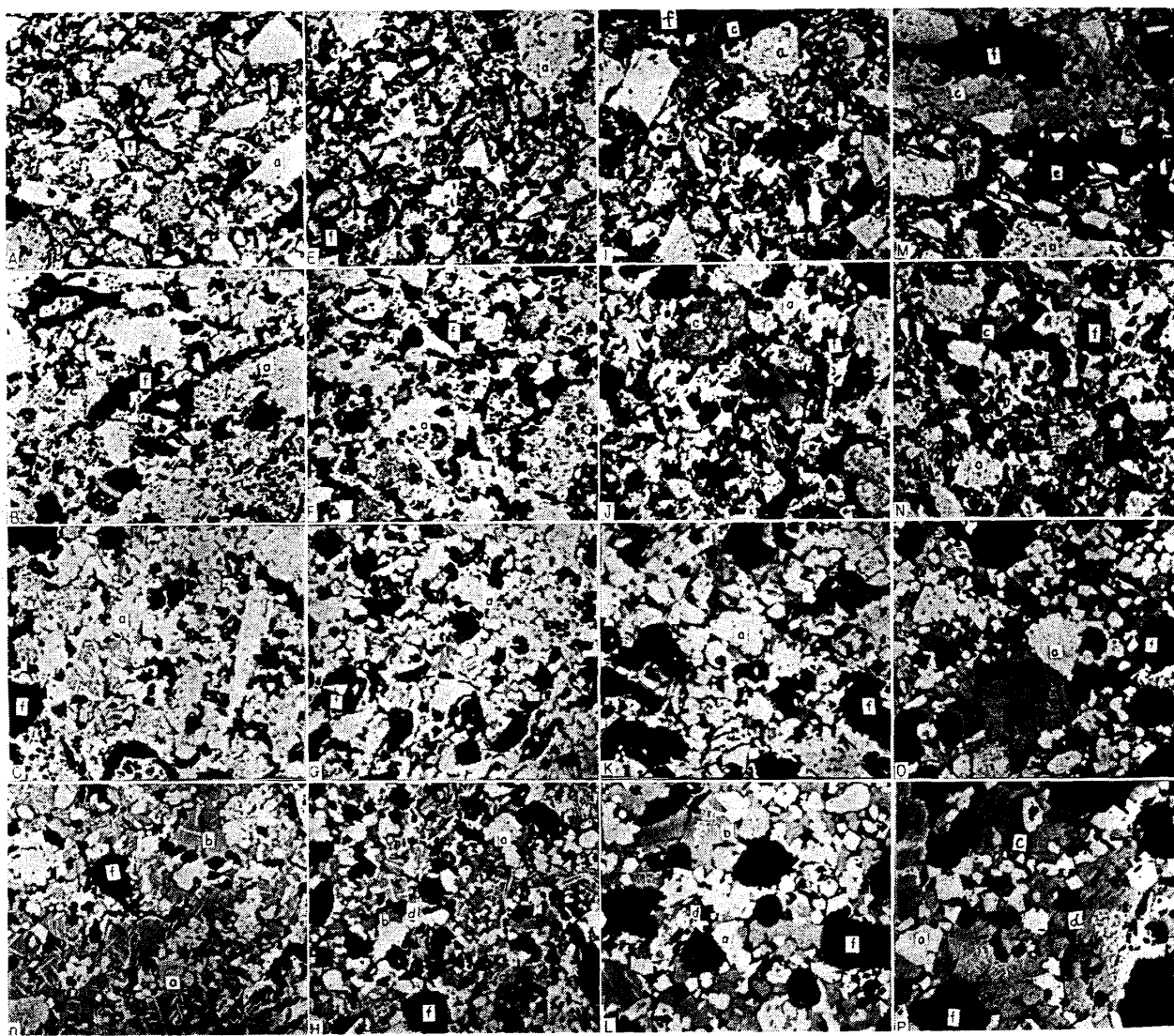
また Fig. 14 に塩基度の影響を示すが 1200°C において焼成された場合には塩基度が 1.0 以上になるとガス圧損失量が急増するが 1250~1300°C で焼成したものでは逆に塩基度の上昇によつてガス圧損失量は低下する。

2.3.3 焼成温度と顕微鏡組織との関係

自溶性ペレットの顕微鏡組織は CaO の存在によつて普通ペレットに比べかなり複雑になることはすでに報告⁷⁾しているが今回の焼成実験において得られた焼成ペレット試料を用いて焼成温度と顕微鏡組織との関係を説明したい。

Photo. 1 は塩基度の異なる各ペレットの顕微鏡組織であるが、塩基度 0.5 以下と 1.0 以上では構成組織に本質的な相違が認められる。

すなわち前者においてはヘマタイト粒子の結合組織が



a : Hematite b : Magnetite c : Ca-ferrite d : Slag e : Gangue f : Void

	Basicity	Ind. temp. °C						
A :	0.3	1200	F :	0.5	1250	K :	"	1300
B :	"	1250	G :	"	1300	L :	"	1350
C :	"	1300	H :	"	1350	M :	1.5	1200
D :	"	1350	I :	1.0	1200	N :	"	1250
E :	0.5	1200	J :	"	1250	O :	"	1300
						P :	"	1350

Photo. 1. Microstructure of pellet. (×200)

おもで焼成温度の上昇にしたがつて結合組織が発達する。しかし 1350°C になると多量のマグネタイトの発生が認められる。

一方塩基度 1.0 以上ではヘマタイト粒子結合以外にカルシウム・フェライトが存在する。このカルシウム・フェライトは焼成温度の上昇によつて形態が変化する。また顕微鏡組織から判定すると 1300°C 以上ではペレットに溶融部分の存在することが認められる。

2.3.4 ペレットの品質から見た適正焼成条件

前述した焼成温度とペレットの品質との関係から常温強度、被還元性および還元性状（荷重還元試験における

最終ガス圧損失量）の最もすぐれたものが得られる焼成温度としては被還元性を除けばいずれも 1300°C である。一方被還元性のもつとも高いペレットは塩基度にかかわらず 1200°C において焼成されたものである。

高炉に使用されるペレットの品質としては還元性状が最も重要視されるが被還元性を全く無視することもできない。

前者のみを考慮して適性焼成温度を選べば 1300°C になるが塩基度が 1.0 を越えると被還元性がかなり低下する。

しかし 1250°C において焼成した場合には被還元性を

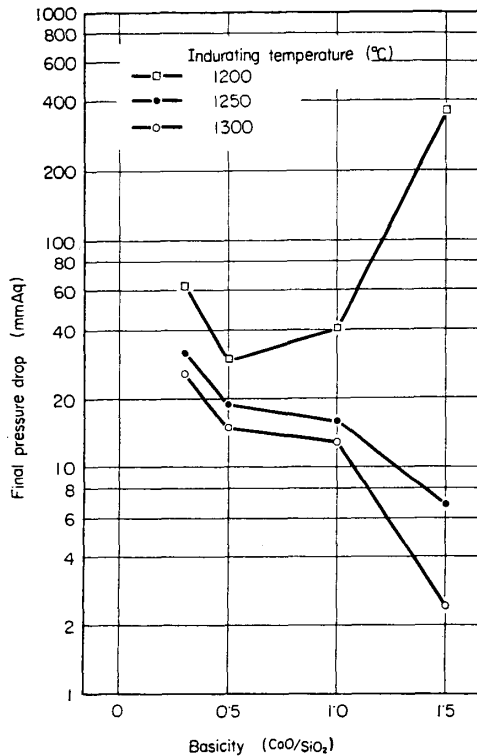


Fig. 14. Relation between basicity and final pressure drop at reduction test under load of pellets.

そこなうことなく、かつ還元性状もほとんど影響を受けずにすむものと考えられる。

したがって塩基度 1.0 以上の自溶性ペレットの焼成温度としては 1250°C が適当と考えられる。

3. 自溶性ペレット製造上の 2, 3 の問題点

前項に述べた自溶性ペレットの製造上の検討結果にもとづき神戸ペレット工場では 1966 年 11 月からペレットの塩基度を順次上昇せしめ 1967 年 4 月には塩基度 1.4 の完全自溶性ペレットの製造に移行し現在に至っている。

この間の操業実績から自溶性ペレットの製造上の問題点ならびに焼成温度と成品品質との関係についてふれた。

3.1 操業上の問題点

神戸ペレット工場の設備概要についてはすでに報告⁸⁾したとおりであるが自溶性ペレットの製造に当たって石灰石の供給系統を新たに設けた。

配合石灰石の粉砕は検討結果に従ってペレット原料鉄鉱石と同時に粉砕することによって生ペレットの強度維持を計ることが可能になっている。

また石灰石配合による予熱ペレットの強度低下の防止には移動グレートの予熱室に補助バーナーを設け石灰石

の分解による吸熱を補償することによって対処した。

しかし実操業においては次に述べるような問題点が認められた。

3.1.1 脱硫率の低下について

ペレットの自溶性化に伴って焼成ペレットの S 含有量の上昇が認められたので、この原因を追求するため、加熱工程におけるペレット中 S の挙動を普通ペレットの場合と対比して調査した。また同時に酸化ならびに石灰石の分解状況についても合わせて調査を行なった。

調査方法は移動グレートの乾燥、離水および予熱室出口のペレット、ロータリ・キルンならびに冷却器出口のペレット(成品)をそれぞれ採取し、S, FeO および CO₂ 量を分析した。その結果を Fig. 15 に示す。

ペレット中の S は普通、および自溶性とも離水工程で若干減少し、予熱工程でかなり上昇する。その後普通ペレットではキルン内で脱硫が十分進行するに反し自溶性ペレットにおいては脱硫の進行が緩慢で S 含有量が高く、このため冷却器においても脱硫反応が起こっているが、結果としては成品中の S 含有量は普通ペレットに比べて高い値を示す。

予熱工程における S の増加は予熱室に導入されるキルン排ガス中に含まれる SO₂ が吸着されるためであるが自溶性ペレットの場合には CaO の存在のために SO₂ が

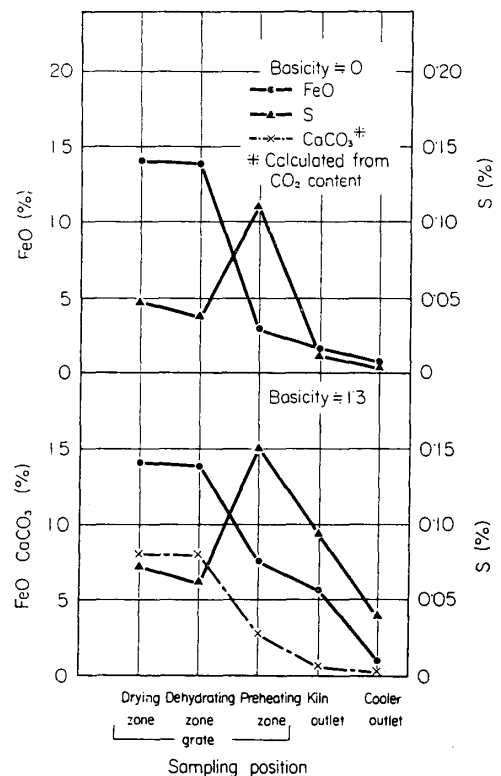


Fig. 15. Behavior of S, FeO and CaCO₃ in pellets, in commercial pelletizing process.

固定されキルン内における脱硫反応が阻害されるものと推定される。

ペレットの酸化の進行状況を FeO 含有量の変化によって推定すると普通ペレットでは大部分の酸化が予熱工程において生じているのに反し、自溶性ペレットの場合は予熱工程の酸化は約 50% 程度で、キルンや冷却器内においても酸化が進行する。自溶性ペレットでは後述するように予熱室やキルンにおいて石灰石の分解による CO_2 の発生のためペレット内の O_2 分圧の低下あるいは CaO の存在によるマグネタイトの安定化などの理由によって酸化が阻害されるものと想像される。また、このような予熱室における酸化の停滞は予熱ペレットの強度低下の一因になると考えられる。

次に自溶性ペレットに含まれる石灰石の分解は予熱工程のみにとどまらずキルン内において完了する。

この調査結果から自溶性ペレットの製造においては脱硫率は本質的に低下することが判明した。

また冷却器内で脱硫ならびに酸化反応が生じ成品品質維持に寄与しているが、冷却効果は低下すると判断される。

3.1.2 キルン・リングの発生について

グレート・キルンによるペレット製造上の問題の1つにキルン・リングの発生が挙げられる。

普通ペレットから自溶性ペレットの製造へ移行するに伴ってキルン・リングの発生が認められるようになった。

キルン・リングの発生原因としてはロータリ・キルン

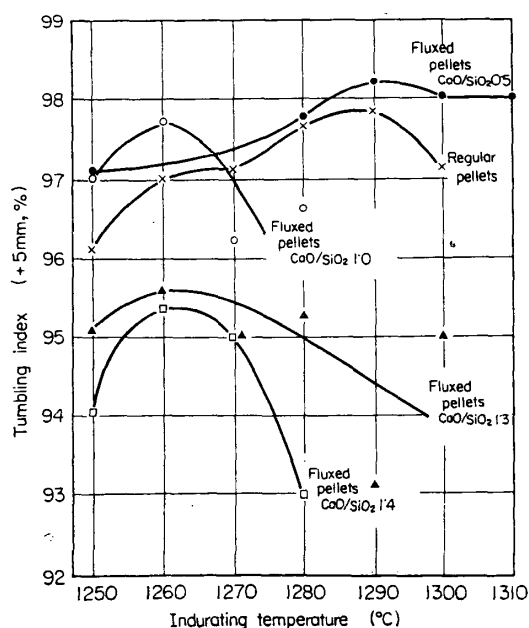


Fig. 16. Relation between indurating temperature and tumbling index of current products.

にそう入される予熱ペレットの粉化、ペレット中に含まれる低融点鉱物の存在あるいは過度の昇熱などが考えられる。

自溶性ペレットの製造工程における予熱ペレットの強度は一般に低下傾向を示し、また顕微鏡組織から明らかなごとく低融点鉱物であるカルシウム・フェライトが存在するところからキルン・リングの発生が認められたものと推定される。

現在のところキルン・リングの発生は製造工程の支障に至っていないが、今後の問題として、発生機構の究明防止対策について十分検討する必要がある。

3.2 成品ペレットの品質について

すでに述べたようにペレットの品質におよぼす焼成温度の影響は非常に大きい、実操業においても全く同様の傾向が認められた。

3.2.1 焼成温度と常温強度との関係

Fig. 16 は常温強度として回転強度を選び焼成温度との関係を求めたものである。

これによると普通ペレットに比べ塩基度 1.0 以上の自溶性ペレットでは焼成温度の影響がきわめて大きいことがわかる。

また最高強度を得る焼成温度は塩基度が 0.5 までは 1290°C 付近であるが 1.0 以上では 1260°C 付近で先に述べた焼成実験の場合と若干異なつた結果が得られている。

3.2.2 実操業の成品品質について

実操業において得られる自溶性ペレットの品質を普通ペレットと対比して示すと Fig. 17 および 18 のごとくなる。

焼成温度は先に述べた焼成実験の結論に従って塩基度

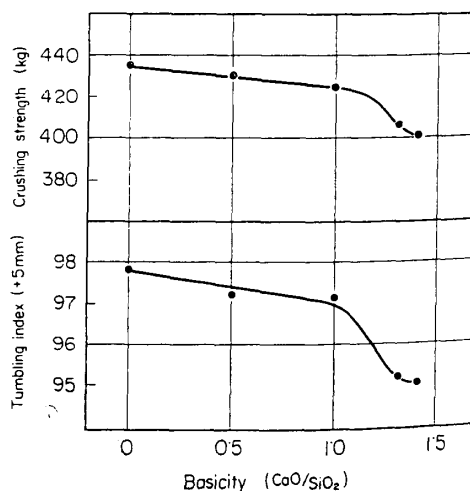


Fig. 17. Relation between basicity and crushing strength and tumbling index of current products.

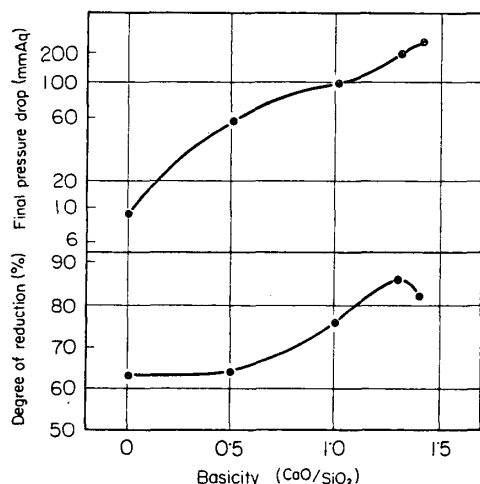


Fig. 18. Relation between basicity and reducibility and final pressure drop of current products.

0.5 までは 1300°C 付近、塩基度 1.0 以上では 1270°C 付近である。

常温強度は Fig. 17 に示すように圧潰強度、回転強度とも塩基度が 1.0 以上になるとかなり低下し、1.4 では前者では 400 kg/pellet、後者は 95% になるが実用上差支えない程度のもので得られている。

一方被還元性 (JIS 法による還元率) は Fig. 18 に示すように塩基度の上昇にともなう向上し 1.4 で低下の傾向を示す。

かかる傾向は前記の Fig. 9 に示した焼成実験の結果と一致するが還元性状の代表値である荷重還元試験の最終ガス圧損失量の場合には、塩基度の上昇にしたがつて増大している。かかる傾向は焼成実験の結果と一致しない。

この理由は明らかでないが還元性状に対しては焼成温度のほか焼成時間などの影響も無視できないものと考えられる。

また塩基度 1.3 以上の場合、Fig. 18 に示すように最終ガス圧損失が 200 mmAq を越え高炉操業に支障が認められた。

その対策としては焼成時間の延長や焼成温度の上昇が考えられるが、前者の場合には生産量の低下、また後者についてはキルン・リングの発生助長という欠点があるので原料粒度を微細化し焼結反応を促進せしめることを試みた。

すなわち原料粒度を比表面積で 2600 cm²/g から 3200 cm²/g まで微細化することによつて Fig. 19 に示すように最終ガス圧損失を低下せしめた。

このように高炉における大量使用に耐えうる優良ペ

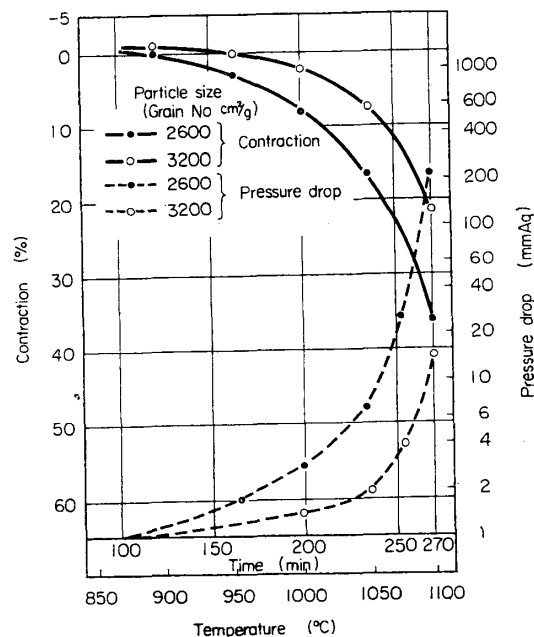


Fig. 19. Pattern of contraction and pressure drop during reduction test under load of current products.

レットの製造には焼成温度の管理が重要であることが実証された。原料粒度も焼成効果に影響をおよぼすことが実操業において認められた。

4. 高炉使用について

自溶性ペレットによる高炉操業状況を明らかにするため神戸第3高炉 (内容積1845m³) において塩基度 1.4 の自溶性ペレットの配合試験を実施した。また通常操業からペレットの自溶性化によつて得られる操業上の利点についても検討した。

4.1 配合試験計画

自溶性ペレットの配合量の影響を明らかにするため操業条件を可能な限り一定にし次のような要領で操業試験を行なった。

(1) 試験を第 I ~ IV 期に分け配合率を 54, 60, 70 および 80% に変化せしめた。

(2) 全期間を通じ送風量 (2940 Nm³/min), 送風温度 (1080°C), 装入線 (1.5m) および鉬石の使用銘柄をほぼ一定とした。また重油吹込量も一定にした。

(3) 鉬滓量は 250 kg/t-p を目標にペレットの増配に伴ってクリボイ・ログ鉬の使用を増加した。

4.2 操業結果

先に述べたように試験期間中の操業条件が一定になるよう努めたが、送風量が送風機の能力限界にあつたため第 IV 期においては気温の上昇 (25°C → 30°C) や漏

風事故が重なりほかの期に比較して送風量の低下を余儀なくされた。

検討を行なった。

各試期間に使用した各装入原料の粒度および化学成分

したがってⅣ第期のデータは参考にとどめ操業結果の

を Table 2 に、装入原料全体の粒度分布を Fig. 20 に

Table 2. Size distribution and chemical composition of each brand of burden.

Brand of burden	Size distribution (wt %)			Chemical composition (%)				
	-5 mm	+5 mm~ -10 mm	Average (mm)	T.Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃
Fluxed pellets	0.6	7.3	15.3	61.21	0.33	3.24	4.52	1.84
Algarrobo	1.0	2.8	22.7	62.21	6.43	6.52	0.57	1.95
Selo·Iman	3.6	7.1	20.5	61.46	12.03	5.72	1.07	1.60
Kiriburu	5.2	6.3	20.3	62.67	0.47	1.44	0.08	3.00
Goldwarthy	2.7	3.6	21.3	65.62	0.86	2.45	0.05	1.03
Hamersley	1.5	4.7	18.6	66.12	0.20	2.63	0.05	1.13
Krivoi·Rog	4.6	6.0	19.6	51.30	1.07	22.52	0.85	1.00

Table 3. Blast furnace operating data with fluxed pellets.

Test period	I	II	III	IV
Operating data				
Burden composition (%)				
Fluxed pellets	54.1	60.8	70.4	80.5
Algarrobo	22.5	18.5	11.7	0
Selo·Iman	10.8	7.5	4.4	5.1
Kiriburu	10.8	10.8	10.6	0
Goldwarthy	0	0	0	10.5
Hamersley	1.8	1.8	1.8	1.7
Krivoi·Rog	0	0.6	1.1	2.2
Production rate (t/d)	3251	3288	3355	3213
Corrected production rate*	3251	3288	3355	3336
Coke rate (kg/t-p)	470	462	448	439
Oil rate (kg/t-p)	44.0	45.6	45.1	49.9
Ore/coke	3.270	3.288	3.357	3.474
Blast data				
Volume (Nm ³ /min)	2940	2940	2940	2840
Pressure (g/cm ²)	1609	1572	1474	1386
Temp. (°C)	1080	1080	1071	1054
Moisture (g/Nm ³)	15.7	17.4	21.2	22.7
Volume/pressure	1.827	1.870	1.995	2.049
Si in pig iron (%)	0.51	0.53	0.49	0.50
S in pig iron (%)	0.046	0.042	0.038	0.040
Slag data				
Volume (kg/t-p)	259	253	243	247
CaO/SiO ₂	1.23	1.24	1.24	1.24
Al ₂ O ₃ (%)	13.91	13.98	15.57	14.79
Top gas data				
CO ₂ (%)	18.4	19.0	19.6	20.1
CO (%)	23.4	23.4	22.9	22.1
H ₂ (%)	3.0	3.1	3.3	3.5
N ₂ (%)	55.2	54.5	54.2	54.3
Temp. (°C)	181	176	164	182
Hanging/d	0	0	0	0
Slip/d	7.0	11.0	9.1	3.2
Dust (kg/t-p)	44.6	32.5	34.9	28.1
Charge/d	153	152	149	140

* Corrected by blast volume.

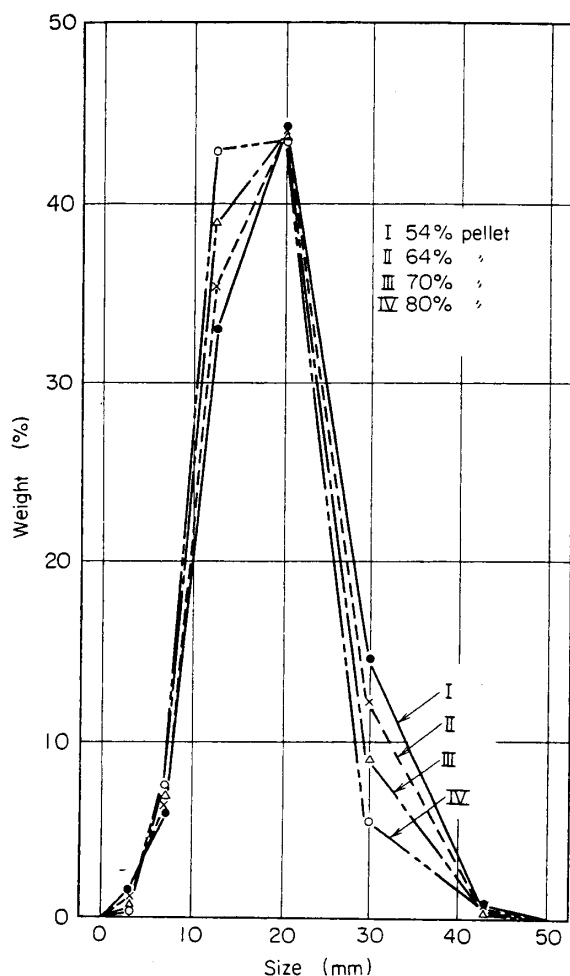


Fig. 20. Size distribution of burdens using operation test.

示す。また各期の操業実績はTable 3のとおりである。

4.3 炉内通気性の検討

4.3.1 炉内ガス分布

ペレットを使用すると高炉内における装入物の分布が変化し、このため炉内のガス流が周辺化することが模型実験などにより明らかにされている。また実操業においてもガス流が周辺化し、この結果冷却面破損が認められている⁹⁾。このようにペレットを使用すると炉内のガス分布が影響を受けるので試験期間を通じて装入物分布およびガス分布を調査した。

Fig. 21~23 はこれらの調査結果で、これによるとペレットの配合率はガス分布に大きい影響を与えることが判明した。すなわちペレット配合率の上昇によつて

(1) 装入原料の炉内における傾斜が小さくなる。

(2) 炉内中心部と周辺部におけるガス組成、温度の差が少なくなる。つまり炉内ガス分布が均一化の傾向を示す。

ことが明らかになった。

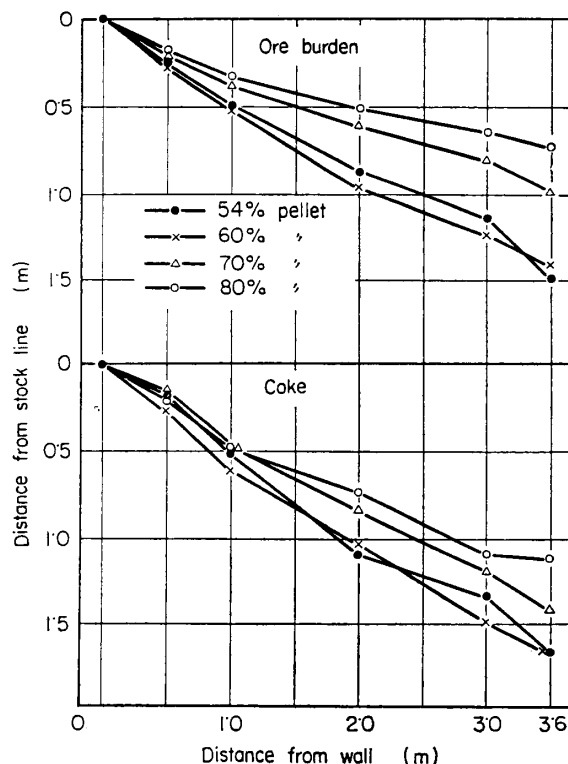


Fig. 21. Slope of ore burden and coke layer at stock level.

またシャフト部の水平断面におけるガス流量は CO_2 濃度に逆比例するといわれておりその含有量の変化からガス流量の分布を知ることができる。

Fig. 24 はシャフト部における典型的な CO_2 分布を示したもので(a)を中心操業、(b)を周辺操業、(c₁)を中心+周辺操業、(c₂)を均一操業に分類されている¹⁰⁾。一方今回の試験操業期間の CO_2 分布として Fig. 22 に示した装入線下 0.5m におけるものを見ると明らかに Fig. 24(a)に類似しており中心操業と推定される。

またペレットの増配とともに均一操業に近づく傾向を示すものと考えられる。

4.3.2 通気性

炉内の通気性を送風量/送風圧で表示しペレット配合率との関係を求めると Fig. 25 のようになる。

これによるとペレットの増配によつてガス分布が均一化するので ore/coke の増大にもかかわらず通気性が向上しているが、これは装入原料の粒度分布の縮小ならびに粉率(-5 mm)の減少に負うところがきわめて大きいものと想像される。

4.4 出鉄量について

ペレットの増配によつて通気性ならびに装入物の被還元性が向上するため出鉄量および出鉄比は増大した。しかし第Ⅳ期はすでに述べた理由によつて送風量が減少したため 80% 配合時の出鉄量を明らかにするに至らな

つた。

また第Ⅰ期，すなわちペレット配合率 54.1%を基準にとつてペレット配合 1% 当たりの出鉄量の増加を算出すると第Ⅱ期では 5.5 t/d，第Ⅲ期は 6.38 t/d となりペレット配合率 1% 当たりの出鉄量の増率は 0.17~0.19% になる。

4.5 燃料比に関する検討

4.5.1 カーボン・バランスおよび熱精算

試験各期のカーボン・バランスおよび熱精算の結果を Table 4, 5 に示す。これによるとソリューション・ロス・カーボンは各期を通じてほとんど差はないが CO ガス利用率 (η_{CO}) はペレットの増配に伴つて 41.0% から順次上昇し第Ⅲ期では 44.4%，第Ⅳ期になると 46.7% を示した。また H_2 ガス利用率も同様に 32.7% から第Ⅳ期では 39.1% まで上昇した。

一方，熱精算の結果によるとペレットの増配によつて炉頂ガスの持去り熱および石灰石の仮焼熱などの出熱が減少してくることが判明した。

4.5.2 燃料比

第Ⅰ期の操業条件を基準にとりⅡ~Ⅳ期の補正燃料比を求めペレット配合率との関係を調査した。

Table 6 はその結果でペレット配合率 1% 上昇による燃料比の低下は 1.34~1.59 kg/t-p の範囲にあることがわかる。

このような燃料比の低下は良還元性の自溶性ペレットの増配によつて Table 7 に示すごとく装入物の平均還元率の上昇にもとづく還元ガス利用率の向上や石灰石使用量の減少がそのおもな理由として挙げられる。

5. ペレットの塩基度と高炉における燃料比との関係

すでに述べたように神戸ペレット工場においてはペレットの塩基度を 0.5, 1.0, 1.3, 1.4 と漸次上昇せしめ現在に至っているがペレットの塩基度が安定し高炉における配合率もほぼ 70% の期間を選んでペレットの塩基度と燃料比との関係について検討した。

5.1 操業実績

検討の対象に選んだ期間は次のとおりで，これらの操

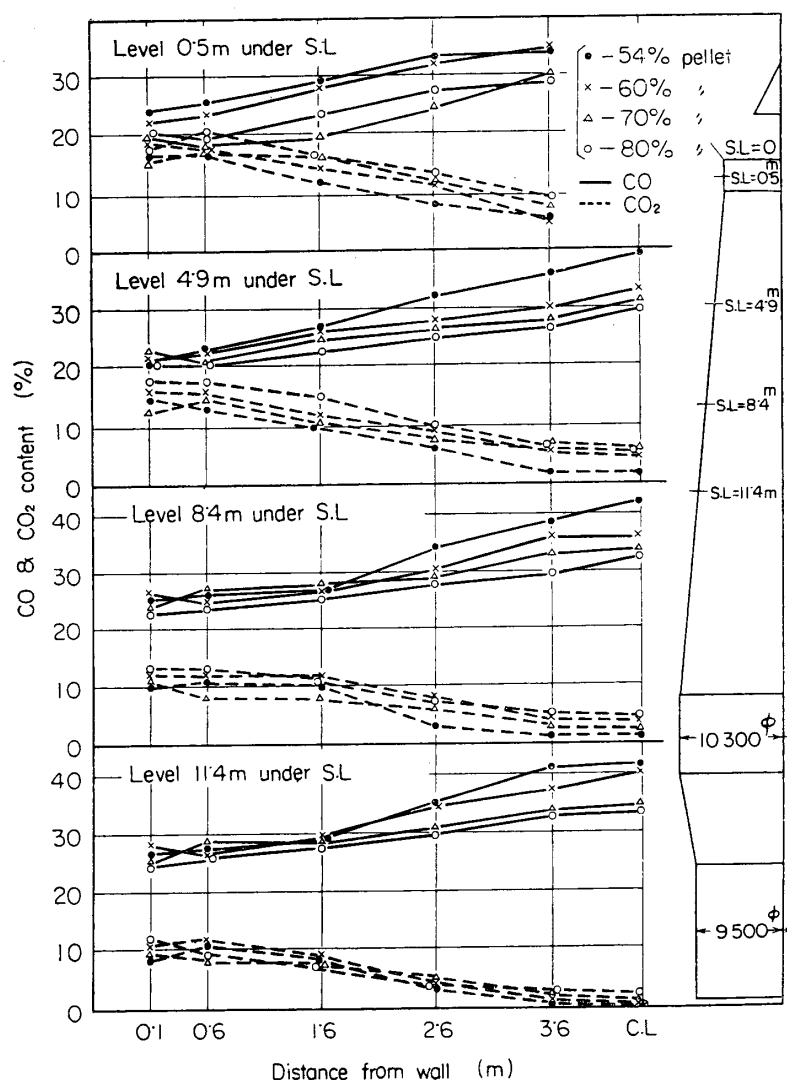


Fig. 22. Gas distribution in blast furnace.

Table 4. Carbon balance for test operation (kg/t-pig).

Test period	I	II	III	IV
Item				
C in coke	422.6	415.6	402.9	393.1
C in oil	37.9	39.3	38.8	42.9
C in pig iron	44.3	44.0	44.2	43.5
C in dust	14.0	10.2	11.0	8.7
C gasficated	402.2	400.7	386.5	383.8
C consumed by dry blast	287.1	279.4	267.0	263.4
C consumed by H ₂ O in blast	13.6	14.7	17.2	18.2
C required reduction of Si, Mn & P	7.3	7.7	7.3	7.4
C solution loss	94.2	98.9	95.0	94.8
η_{CO} (%)	41.0	42.0	44.4	46.7
η_{H_2} (%)	32.7	34.8	36.5	39.1

Table 5. Heat balance for test operations (kcal/t-pig).

Item	Test period			
	I	II	III	IV
(input)				
Combustion of coke	607,743	582,471	554,526	535,815
Combustion of oil	74,461	77,169	76,323	84,445
Heat of indirect reduction	19,348	18,736	17,821	16,245
Heat of dry blast	464,486	449,971	426,429	414,596
Heat of oil	2,310	2,394	2,593	2,507
Heat of moisture in blast	10,957	11,815	13,678	14,243
Total heat in	1,179,305	1,142,556	1,091,370	1,067,851
(output)				
Heat of H ₂ reduction	6,883	7,725	9,870	10,942
Heat of Si, Mn, P reduction	49,791	41,502	40,984	41,243
Heat of solution loss	301,440	317,760	304,000	303,360
Heat of calcining of lime stone	33,200	27,000	16,200	11,870
Heat of metal	303,240	304,590	304,500	304,010
Heat of slag	108,949	106,700	102,500	104,277
Heat of decomposition of moisture in blast	32,195	34,545	40,420	42,770
Heat of top gas	112,712	107,846	96,969	107,122
Radiation and cooling losses	239,895	194,888	175,927	142,257
Total heat out	1,179,305	1,142,556	1,091,370	1,067,851

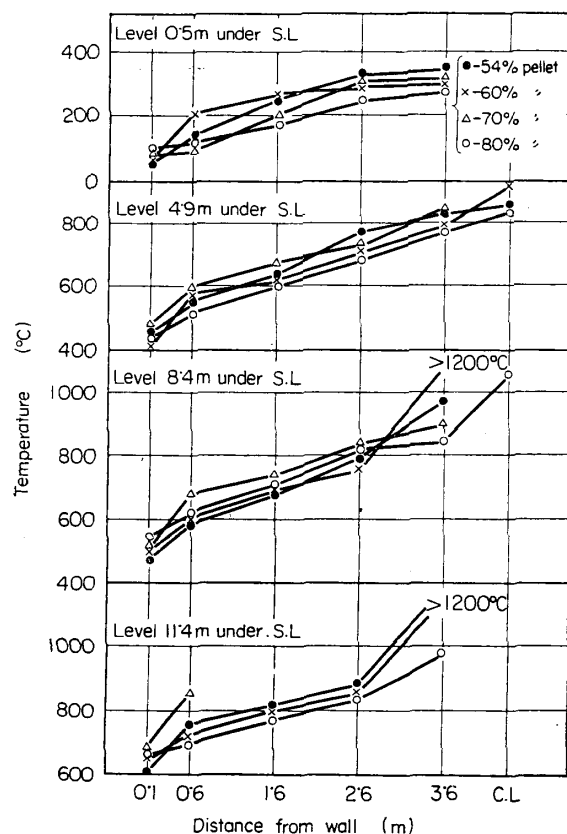
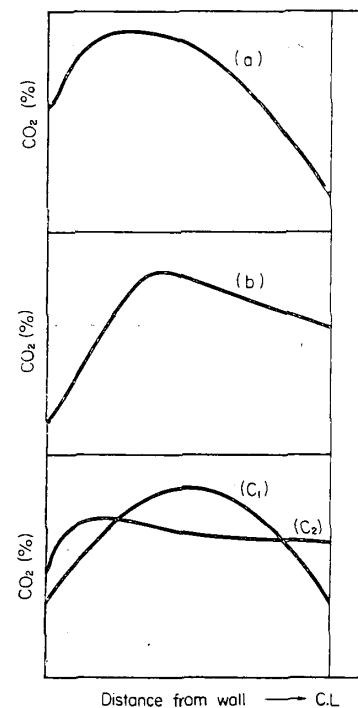


Fig. 23. Temperature profile in blast furnace.

業

期間 I 酸性ペレット 1966年11月11日～11月22日
 ♪ II $\text{CaO/SiO}_2=0.5$ 1966年12月7日～12月25日
 ♪ III $\text{CaO/SiO}_2=1.0$ 1966年12月29日～


 Fig. 24. Typical CO₂ distribution in blast furnace⁸⁾.

1967年1月5日

♪ IV $\text{CaO/SiO}_2=1.3$ 1967年2月11日～2月20日
 ♪ V $\text{CaO/SiO}_2=1.4$ 1967年5月11日～6月10日
 実績を Table 8 に示す。また各期間中に使用したペレットの化学成分ならびに性状を Table 9, 10 に示しているが塩基度の上昇に対して鉄分はほとんど変化なく被

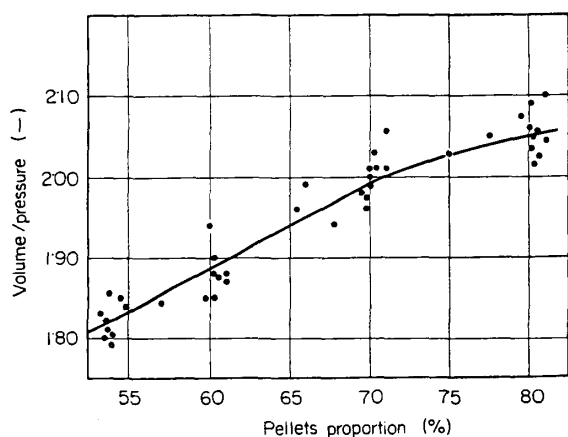


Fig. 25. Relation between pellets proportion and volume/pressure of blast.

Table 6. Relation between pellets rate and corrected fuel rate.

Test period	I	II	III	IV
Item				
Pellets rate (%)	54.1	60.8	70.4	80.7
Corrected fuel rate (kg/t-p)	514	505	488	480
Difference from period I (kg/t-p)	0	-9	-26	-34

Table 7. Average reducibility* of burdens various test period.

Period I	Period II	Period III	Period IV
68.2	69.8	72.0	73.1

* measured by JIS method

Table 8. Blast furnace operating data with regular and fluxed pellets.

Test period	I	II	III	IV	V
Operating data	Ordinary pellets	Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =0.5	Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =1.0	Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =1.3	Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =1.4
Burden composition					
Pellets (%)	70.0	69.9	69.9	69.9	57.9
Sized ore (%)	30.0	30.1	30.1	30.1	42.1
Lime stone (kg/t-p)	168	129	77	51.2	59
B.O.H. Slag (kg/t-p)	40	29	48	43	44
Production rate (t/d)	1716	2151	2403	2809	3185
Corrected production rate*	1791	2212	2403	2809	3246
Coke rate (kg/t-p)	587	563	553	519	478
Oil rate (kg/t-p)	0	0	0	0	32.2
Ore/coke	2.591	2.645	2.756	2.932	3.228
Blast data					
Volume (Nm ³ /min)	1856	2136	2325	2420	2829
Pressure (g/cm ²)	997	994	1194	1288	1530
Temp. (°C)	891	972	885	1070	1078
Moisture (g/Nm ³)	19.0	17.7	28.1	29.0	27.3
Volume/pressure	1.906	2.152	1.947	1.880	1.849

還元性の向上が認められる。

5.2 燃料比についての検討

カーボン・バランスおよび熱精算の結果を Table 11, 12に示す。

ペレットの塩基度の上昇によつて被還元性が向上し、このために操業実績においても η_{CO} および η_{H_2} が上昇する傾向が認められる。

また熱精算の結果によるとペレットの塩基度の上昇とともに炉頂ガスの持ち去り熱量、石灰石の仮焼熱量および溶滓顕熱が減少している。

燃料比は送風温度 1080°C, 送風中の湿分 20 g/Nm³ 溶鉄中 Si 0.5%, 鉍滓量 270 kg/t-p, およびペレット配合率 70% を基準に補正した。

ペレットの塩基度と補正燃料比との関係を Table 13に示すが塩基度の上昇によつて被還元性が向上し、かつ石灰石の使用量が減少するために燃料比が低下する。

またこの結果からペレット 70% 配合時においては塩基度 0.1 の上昇によつて燃料比は 3.8~4.2kg/t-p減少することがわかる。

6. 高炉使用に関するまとめ

神戸第3高炉における自溶性ペレットの増配試験およびペレットの塩基度と燃料比との関係を通常操業から検討した結果次のような結論が得られた。

(1) ペレットの増配によつて装入原料の粒度分布が改善され炉内のガス分布は均一化の傾向を示し ore/coke の増加にもかかわらず炉内通気性は向上した。

(2) 塩基度 (CaO/SiO₂) 1.4 のペレットを54%配合した場合を基準にとるとペレット1%の増配によつて

Table 8. (continued)

Si in pig iron (%)	0.57	0.52	0.54	0.49	0.47
S in pig iron (%)	0.060	0.043	0.036	0.043	0.041
Slag data					
Volume (kg/t-p)	294	269	278	265	243
CaO/SiO ₂	1.19	1.24	1.23	1.24	1.24
Al ₂ O ₃ (%)	11.38	11.22	11.17	14.31	13.92
Top gas data					
CO ₂ (%)	17.7	18.2	18.7	18.9	19.0
CO (%)	25.1	24.9	23.9	23.8	23.9
H ₂ (%)	1.8	1.6	2.0	1.8	2.8
N ₂ (%)	55.9	55.3	55.4	55.4	54.3
Temp. (°C)	223	222	214	181	176
Hanging/d	0	0	0	0	0
Slip/d	0	0	0.6	3.3	8.8
Dust (kg/t-p)	17.0	13.3	20.3	21.7	37.7
Charge/d	106	122	135	146	152
Shut down (min/d)	40	28	0	0	24

Table 9. Chemical composition of regular and fluxed pellets.

Kind of pellets	T.Fe	FeO	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO/SiO ₂
Regular pellets	62.30	0.42	5.90	0.88	1.00	0.41	0.25	0.15
Self fluxed pellets								
CaO/SiO ₂ : 0.5	61.52	1.77	4.13	2.03	1.02	0.48	0.25	0.49
" 1.0	60.53	1.08	4.20	4.24	0.76	0.45	0.26	1.01
" 1.3	61.06	0.72	3.46	4.50	1.33	0.44	0.24	1.30
" 1.4	61.31	0.44	3.29	4.57	1.54	0.37	0.22	1.39

Table 10. Physical properties of regular and fluxed pellets.

Item	Porosity (%)	Compression strength (kg/pellet)	Tumbler index (+5 mm%)	Reducibility (%)	Final pressure drop (R.U.L test) (mmAq)
Kind of pellets					
Regular pellets	21.7	425	98.1	58.5	8
Self fluxed pellets					
CaO/SiO ₂ : 0.5	23.2	409	96.5	64.6	58
" 1.0	23.9	465	97.9	73.8	91
" 1.3	26.9	414	97.0	77.6	296
" 1.4	26.9	398	96.3	79.0	310

出鉄量の増加率は 0.17~0.19%, また燃料比は 1.34~1.54 kg/t-p 低下する。

(3) ペレットの塩基度を上昇せしめると被還元性が向上するとともに石灰石使用量が減少するので燃料比は低下する。

配合率が 70% の場合ペレットの塩基度 (CaO/SiO₂) を 0.1 上昇せしめることによって燃料比は 3.8~4.2 kg/t-p 低下するという結果を得た。

(4) 自溶性ペレットの使用による高炉操作のトラブルは全く認められなかった。

またペレットの増配によつて炉内通気性が改善される

のでさらに増風が可能である。

(5) 今回の試験ならびに検討結果は自溶性ペレットは普通ペレットに比べて非常にすぐれた高炉装入物であることが判明した。

7. 結 言

自溶性ペレットの製造に関する基礎研究ならびにペレット工場における操業経過から明らかにされた製造上の問題点は普通ペレットに比べて焼成温度をより厳密に調節する必要のあることである。

これはすでに指摘したように、自溶性ペレットの品質

Table 11. Carbon balance for test operations (kg/t-pig).

Test period Item	I Regular pellets	II Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =0.5	III Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =1.0	IV Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =1.3	V Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =1.4
C in coke	527.3	505.7	496.8	467.6	431.0
C in oil	0	0	0	0	27.7
C in pig iron	44.1	44.2	44.3	44.4	43.9
C in dust	5.2	4.3	6.1	5.8	11.6
C gasficated	478.0	457.2	446.4	417.4	403.2
C consumed by dry blast	346.7	322.6	315.8	288.3	276.1
C consumed H ₂ in blast	20.1	17.6	27.4	26.1	22.7
C required reduction of Si, Mn, & P	8.2	7.5	7.6	7.1	7.1
C solution loss	103.0	109.5	95.6	95.9	97.3
η_{CO} (%)	38.9	40.3	42.7	43.2	43.3
η_{H_2} (%)	23.7	21.6	21.2	30.9	40.1

Table 12. Heat balance for test operations (kcal/t-pig).

Test period Item	I Ordinary pellets	II Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =0.5	III Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =1.0	IV Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =1.3	V Fluxed pellets CaO/SiO ₂ =1.4
(Input)					
Combustion of coke	842,481	783,918	767,394	700,289	578,612
Combustion of oil	0	0	0	0	54,492
Heat of indirect reduction	20,608	19,663	19,536	19,614	19,541
Heat of dry blast	459,995	446,809	416,073	447,016	444,393
Heat of oil	0	0	0	0	1,891
Heat of moisture in blast	13,294	12,628	17,969	23,008	18,196
Total heat in	1,336,333	1,283,018	1,220,977	1,189,927	1,112,125
(Output)					
Heat of H ₂ reduction	2,429	2,005	2,628	4,922	8,230
Heat of Si, Mn, P reduction	46,369	42,174	42,781	39,824	39,141
Heat of solution loss	329,600	350,400	305,920	306,880	311,360
Heat of calcining of lime stone	74,800	57,000	34,300	22,500	25,700
Heat of metal	297,570	302,190	307,860	305,760	304,500
Heat of slag	131,247	111,802	118,562	109,667	103,152
Heat of decomposition of moisture in blast	47,253	39,175	64,390	58,045	49,585
Heat of top gas	163,000	152,987	144,695	113,297	107,388
Radiation and cooling losses	244,083	224,745	199,836	229,032	163,069
Total heat out	1,336,333	1,283,018	1,220,972	1,189,927	1,112,125

Table 13. Relation between CaO/SiO₂ of pellets and corrected fuel rate.

Test period Item	I	II	III	IV	V
CaO/SiO ₂ of pellets	0.15	0.49	1.01	1.30	1.39
Corrected fuel rate (kg/t-p)	549	547	513	506	499
Difference from period I (kg/t-p)	0	-2	-36	-43	-50

が焼成温度に対して非常に敏感なため品質を維持するために必要な焼成温度の調節が可能な焼成装置としては現在のところロータリ・キルンが唯一のものと考えられる。

また高炉使用試験の結果から自溶性ペレットは普通ペレットよりも非常にすぐれた高炉装入物であることが確認された。

しかし神戸工場のごとく高炉における使用割合がきわめて高い場合にはペレットの品質低下は直ちに高炉炉況の悪化をもたらすのでペレットの製造条件の管理はきわめて重要であることが高炉使用実績から確認された。

なお自溶性ペレット製造上の今後の問題はキルン・リングの発生機構の解明とその低減対策の確立である。

文 献

- 1) M. TIGERSCHÖLD: J. Iron Steel Inst., 177 (1954), p. 13
- 2) W. A. SHOCKLEY: Iron Steel Eng., 39 (1962), p. 91
- 3) E. B. JOHNSON: Annual Meeting of the AIME. Preprint, (1963)
- 4) 土居: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 934
- 5) W. F. HUNTLEY: Private Communication from JOHN and LAUGHLING
- 6) 国井, 西田, 小泉, 勝間田: 鉄と鋼, 52(1966), p. 1301
- 7) 国井, 西田, 小泉: 鉄と鋼, 52 (1966), p. 1364
- 8) 小南, 田口, 樋口, 勝間田, 明田: 鉄と鋼, 53 (1967), p. 191
- 9) T. E. OLT: J. Iron Steel Inst., (1962), p. 87
- 10) IRSID, RE22, (1963)

戸畑第1高炉炉壁付着物の鉱物組成と生成について*

佐々木 稔**・中 沢 孝 夫**

On the Mineral Composition and the Formation of the Scaffold at the Shaft of Tobata No 1 BF

Minoru SASAKI and Takao NAKAZAWA

Synopsis:

The mineral compositions and formation mechanisms of the scaffolds, taken from Tobata No 1 BF were investigated. In the scaffold sample from the upper level of the shaft, coke breeze and fine or lamellar cementite are combined to the wall by zincite. It is thought that the fragmentation of a cementite particle occurs with the grain growth of matrix zincite and the lamination of cementite is caused by vigorous carbon deposition under the compressive force developed by the burden material. The scaffold rich in silicate from the middle level is estimated to be the sintered body of the particles of the iron ore and the compounds formed in ascending gas. Samples from the lower level of the shaft and the belly are composed mainly of kalsilite and they are formed by the reaction of firebrick of chamotte with alkali oxide. The measures for preventing the growth of scaffold in the shaft are discussed.

(Received Apr. 2, 1968)

1. 緒 言

高炉内の炉壁付着物に関しては、それがシャフト部に生成して炉況を悪化させることから、近年生成機構の解明と防止対策の確立に大きな努力が払われている¹⁾。

炉壁付着物は、付着したレベルによつて、また同じレベルでも層ごとに、それぞれ組成と組織が異なるため、生成過程を明らかにすることはこれまで非常に困難な問

題とされてきた。しかし、最近になつて、付着物試料の採取技術の進歩と同定手段の向上に加え、実際の炉内容物の調査にもとづく炉内反応の検討も進んでいるので、付着物の生成機構の全面的な解明は可能性のあるものになつてきたと考えられる。

* 昭和42年10月本会講演大会にて発表

昭和43年4月2日受付

** 八幡製鉄(株)東京研究所