

の場合でも長くなっている。これは本試験の場合、いずれを多く使用しても粒度構成が不適当となつて焼結性を悪化せしめているためと思われる。またコークス配合量は全体としてみるとさほど影響はないが、磁鉄鉱配合割合との関係では適正な組み合わせの存在を示している。磁鉄鉱の種類とコークス配合量の間についてもこれと同様のことが言える。

4.4 生産率

全体的にみて、磁鉄鉱配合割合を増加することによつて、生産性は向上している。しかし、磁鉄鉱の種類によつては大部異なつている。例えば concentrate の場合は、A₂ 以上の配合割合ではむしろ低下の傾向を示している。コークス配合量の影響や磁鉄鉱の種類とコークス配合量の組み合わせの結果は、すでに記した諸項目と同様、これらの要因間には適正な組み合わせが存在することを示している。

4.5 成品焼結鉄中の FeO

成品焼結鉄中の FeO はほとんどコークス配合量のみによつて支配されている。

4.6 成品焼結鉄の被還元性について

本試験によつて得られた焼結鉄を学振法粒状還元装置を用いて被還元性を調べた結果、900°C、H₂ ガス雰囲気における 2 hr 後の還元率はすべて 91% 前後で大きな差異はなかつた。

4. 総 括

釜石の原料配合割合を用い、この中に 46% をしめる、輸入鉄について、赤鉄鉱を磁鉄鉱に置き換えて焼結試験を行なつた結果、この基本配合には国内鉄としてすでに相当量の磁鉄鉱を含むにもかかわらず、磁鉄鉱の配合割合を増すことによつて、焼結性、生産性がさらに向上することがわかつた。また、この場合に磁鉄鉱配合割合による焼結性、生産性の変化の状況に対して磁鉄鉱の種類とコークス配合量がかなり影響することもあわせて知られた。

以上のことから、周知のように磁鉄鉱はすぐれた焼結原料であるが、その使用にあつては、量のみならずその種類にも注目すべきであると言ひ得る。

(39) 焼結鉄生産性におよぼす石灰石粒度の影響

住友金属工業, 小倉製鉄所

坂本大造・田中義之・○平原弘章

Effect of Grain Size of Lime Stone on Sintering.

Daizo SAKAMOTO, Yoshiyuki TANAKA and Hiroaki HIRAHARA.

1. 緒 言

焼結の生産性を向上させる最も有効な方法の一つとして焼結原料粒度の改善がある。昨年来よりこの焼結原料粒度の改善を目的として、焼結原料中の細石灰石粒度を若干粗くして試験鍋および本プラントで試験を行なつて来たが、その結論がでたので概要を報告する。

2. 試験鍋による試験結果

本プラントにおける試験に先きだち、試験鍋で石灰石粒度を変化させて生産性および品質におよぼす影響を調査した。ただしこの試験鍋による試験は高塩基度焼結鉄(目標塩基度 2.00) について行なつたものである。

2.1 試験方法

原料配合割合を Table 1, 原料粒度を Table 2 のようにし、石灰石粒度を Table 3 のごとく変化させて試験を行なつた。

2.2 試験結果

試験結果を Fig. 1 に示す。

2.2.1 焼結時間

粗粒石灰石を使用することにより点火前通気度が向上し、焼結時間は短くなる。

2.2.2 成品歩留

Test 2 の場合若干問題はあつるが、石灰石粒度による差はほとんどないと考えられる。

2.2.3 落下強度

石灰石が粗粒になるにしたがつて落下強度は上昇する傾向を示した。また成品を 24 hr 水中に浸漬した後の強度と浸漬しないものの差は認められなかつた。落下強度測定後の成品の肉眼観察では free lime の存在は認められなかつたが、検鏡結果では粗粒石灰石を使用したものは、細粒のものに比較してカルシウム・フェライトの偏在が認められた。

2.2.4 生産性

焼結時間と歩留の関係から生産率および(生産率)×(落下強度)ともに石灰石粒度が粗粒になるにつれて増加する。

以上試験鍋での試験結果から 7mm 以下であれば品質的には悪影響は認められず生産性は向上することが判明したので以下に示すごとく本プラントにおける試験を実施した。

Table 1. Mixture.

	S. F. Sibuguey	India	Pyrite cinder	Scale	Lime
%	40.3	25.3	13.0	5.2	16.2
Return 30%		Coke 5%			

Table 2. Size distribution of raw materials.

	S. F. Sibuguey	India	Scale	Return	Coke
10~5mm	25	27	11	30	
5~3	30	33	13	40	(5~1) 50
-3	45	40	76	30	(-1) 50

Table 3. Size distribution of lime stone.

	Test 1	Test 2	Test 3
7~5mm			20
5~3		20	20
3~1	50	40	30
-1	50	40	30

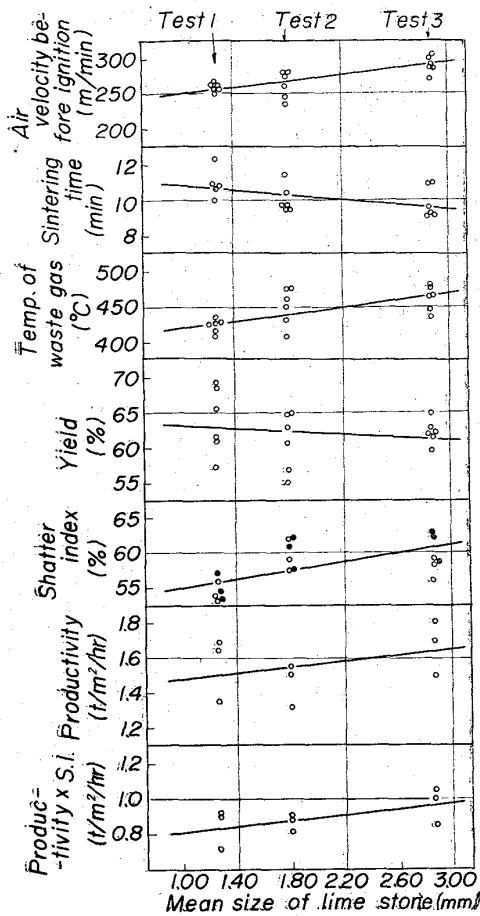


Fig. 1. Effect of grain size of lime stone on sintering with a small apparatus.

Table 4. Effect of grain size of lime stone on sintering. (6~4mm 50%, -3mm 50%)

	Fine lime	Coarse lime
Pallet speed (m/min)	1.882	1.974
T/H	63.2	66.0
T. Fe	58.75	58.31
FeO	9.61	9.77
SiO ₂	5.16	5.11
CaO	6.98	6.82
S	0.010	0.007
Shatter index (%)	79.9	80.0
Reduction (%)	68.4	66.3

Table 5. Effect of grain size of lime stone on sintering. (-6mm 100%)

	Fine lime	Coarse lime
T/H	68.2	69.2
FeO	8.07	9.64
S	0.006	0.007
Shatter index (%)	80.3	80.3
Reduction (%)	75.7	72.5

3. 本プラントにおける試験結果

試験鍋による試験は高塩基度焼結鉱についてのものがあるが、粗粒石灰の効果は普通塩基度焼結鉱(CaO/SiO₂ 1.25)についても同様であるという予想のもとに石灰石粒度を従来の-3mm から -6mm にして本プラントで試験を行なった。ただし粗粒石灰粒度組成は、最初 6~4mm 50%, -3mm 50% に分けて試験を行なったが、引き続いて -6mm 100% で行なった。

3.1 試験方法

3.1.1 試験要領

原料粒度の変化による差をなるべく少なくするために、粗粒石灰と細石灰の切替を6hrごとに行ない、T/H その他の比較を行なった。

3.1.2 その他

操業条件は一定とした。(強度目標 80%, コークス粒度 -1mm 50~55%)

3.2 試験結果

3.2.1 粗粒石灰として 6~4mm 50%, -3mm 50% を使用した場合

試験結果を Table 4 に示す。

(1) パレットスピードの上昇により生産は約2.8 T/H 上昇したが、その効果は後述のごとくその時の原料粒度に左右されるようである。

(2) 燃料および落下強度は差がなかった。

(3) 還元率は粗粒石灰使用時のものが若干悪かった。

(4) 分析値はほとんど問題がなかった。

(5) 組織は粗粒の場合カルシウム・フェライトが偏在しているが、細石灰の場合はカルシウム・フェライトが全体に均一に生成していた。

3.2.2 粗粒石灰として -6mm 100% を使用した場合

粗粒石灰粒度を前記のごとく 6~4mm, -3mm と分けて使用することは問題があるので、-6mm にして使用試験を行なった。この時の石灰石粒度は(3.2.1)の時の粒度と大差なかった。試験結果を Table 5 に示す。

(1) 生産性は約 1.0 T/H 向上した。

前記(3.2.1)における試験の場合と粗粒石灰粒度に差がないのにその効果に差があるのは次のように考えられる。当焼結工場で 68 T/H の生産量は工場能力として

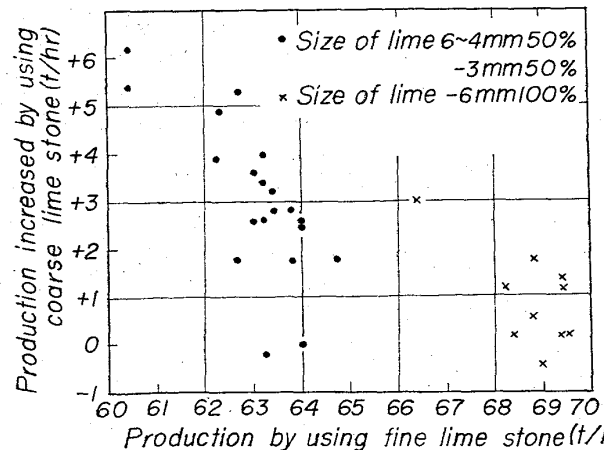


Fig. 2. Relation between t/hr by using fine lime stone and t/hr increased by using coarse lime stone.

はほとんど max. の状態にあり、このような状態においては粗粒石灰の効果はあまりなく、生産速度の低い時点、すなわち原料粒度の小さい時にその効果が大きくでるものと考えられる。

Fig. 2 に細粒石灰使用時 T/H と粗粒石灰使用によつて向上した分の T/H との関係を示す。Fig. 2 から細粒石灰使用時の T/H の低い時が粗粒石灰の効果が大きくでる傾向を示している。

(2) 還元率およびその他の品質については、前記(3・2・1)における試験結果とだいたい同様の傾向を示した。

4. 結 言

焼結配合原料中の石灰石粒度を粗粒にして試験鍋および本プラントで試験した結果、

(1) 試験鍋では粗粒石灰を使用することによつて生産性が向上し、品質的にも問題はなかつた。

(2) 本プラントにおいては粗粒石灰使用により生産性が向上するが、その効果は原料粒度に左右されるようである。

(3) 還元率は2~3% 低下するが、その他の品質に問題はなかつた。

以上本プラントの試験結果より、粗粒石灰を使用することによつて還元率が若干低下するが、この程度の低下は高炉においてほとんど問題がないと考えられ、むしろ焼結鉱を少しでも増産した方がよいという考えのもとに、現在全面的に石灰石の粒度を -6mm に変更して操業中である。

(40) 焼結鉱生産性管理に関する一考察

八幡製鉄所, 戸畑製造所
石川 泰・○松原光照・渡辺芳光

A Study on the Control of Sinter Productivity.

Yasushi ISHIKAWA, Mitsuteru MATSUBARA and Yoshimitsu WATANABE.

1. 緒 言

数多くの因子によつて構成されている焼結プロセスを可能な限り定量的に管理しようとする場合、従来主として用いられてきた方法は、例えば過去の実績あるいは試験結果から、ある要因と最終特性値との関係を直接に線型回帰式などで求め、これを管理の基準にしてきた。

しかし、要因と最終特性とを線型的に仮定して関連づけることは、一般に統計的以外の意味はほとんどなく、その結果あらゆる操業にこれを適用することは危険視され、また実操業においても明確なアクションとして結びつかないことは度々経験してきたことである。

上記の点を考慮して、われわれは特に焼結の生産管理の面に関して、主要因の影響を定量的に把握できるような手段として、生産モデル式などの考え得る理論式を設定し、それを構成する各因子を統計的方法あるいは理論計算式などにより推定、管理する方法が好ましいと考えた。

2. 生産構造式による焼結生産管理方式

2.1 生産構造式の決定

D L式焼結機のプロダクション速度 P (t/hr) は一般に(1)式に示す構造式によつて与えることができる。

$$P = 60 \cdot w \cdot h \cdot d \cdot v \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \dots \dots \dots (1)$$

w : パレット巾[m] h : 原料装入層厚[m]
 v : パレット速度[m/min] η_1 : 焼成歩留り
 η_2 : Sinter/Sinter cake
 d : 装入原料密度(乾量換算値) [t/m³]

ここで w は工場特有の値であり、例えば戸畑 D L 工場では $w = 2.5$ を使用して生産速度式は (1)' のようになる。

$$P = 150 \cdot h \cdot d \cdot v \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \dots \dots \dots (1)'$$

(1)' 式を構成する各操業因子の実績値から算出した生産値は、通常ほとんど正確に実績生産量を示し、各因子の測定誤差の影響は無視し得る程度のものである。したがつて焼結操業において考えられる数多くの操業因子のうち最終的には(1)'を構成する5つの操業因子を正確に管理することにより、合理的な焼結の生産管理が可能となる。

2.2 各操業因子の生産におよぼす影響

(1)' に示す h, d, v, η_1, η_2 がそれぞれ $(h + \Delta h), (d + \Delta d), (v + \Delta v), (\eta_1 + \Delta \eta_1), (\eta_2 + \Delta \eta_2)$ に変化し、その結果 P が $(P + \Delta P)$ に変つたとすれば(1)'は(2)式のように示すことができる。

$$P + \Delta P = 150(h + \Delta h)(d + \Delta d)(v + \Delta v)(\eta_1 + \Delta \eta_1)(\eta_2 + \Delta \eta_2) \dots \dots \dots (2)$$

(2)式を展開するに当たり各因子の Δ^2 の項が生産変動 ΔP に与える影響を昭和 39 年度の操業実績から求めると最大値で 1.87t/hr 程度であつた。そこで(2)式の Δ^2 以上の高次項は誤差項とみなすと、(2)式は(3)式のように表わすことができる。

$$\Delta P = \Delta h \cdot F_h + \Delta d \cdot F_d + \Delta v \cdot F_v + \Delta \eta_1 \cdot F_{\eta_1} + \Delta \eta_2 \cdot F_{\eta_2} \dots (3)$$
$$F_h = d \cdot v \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \quad F_d = h \cdot v \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \quad F_v = h \cdot d \cdot \eta_1 \cdot \eta_2$$
$$F_{\eta_1} = h \cdot d \cdot v \cdot \eta_2 \quad F_{\eta_2} = h \cdot d \cdot v \cdot \eta_1$$

(3)式より同期間における各 Δ の ΔP におよぼす影響量を他の因子を固定して計算すると

$\Delta h = 10\text{mm}$ の変動により ΔP は 5.58t/hr 変化する		
$\Delta d = 0.01 \text{ t/m}^3$ "	ΔP は 1.06 "	"
$\Delta v = 0.1 \text{ m/min}$ "	ΔP は 5.32 "	"
$\Delta \eta_1 = 1\%$ "	ΔP は 2.06 "	"
$\Delta \eta_2 = 1\%$ "	ΔP は 2.91 "	"

さらに、通常操業での各因子の変動範囲から生産 P への影響率 R を求めると、全生産変動値 100% に対して、 $R_h = 17.3\%$, $R_d = 18.7\%$, $R_v = 42.7\%$, $R_{\eta_1} = 3.7\%$, $R_{\eta_2} = 17.6\%$ となつた。すなわち各因子の生産 P におよぼす影響は、 $v \gg d \approx \eta_2 \approx h \gg \eta_1$ の順で大きいことがわかる。

したがつてパレット速度 v を重点管理することにより効果的な焼結の生産管理ができると考えられる。

2.3 各操業因子に関する考え方

2.3.1 パレット速度 v [m/min] の推定

焼結反応速度は通常、時間当りの風量によつて決まり、これは主として原料粒度および装入層厚による焼結層の通気抵抗の大きさに支配される。一方 v は焼結反応速度にしたがうため、 v は原料粒度と装入層厚により関係づ