

Fig. 1. Operational results in different periods.

一般に当設備の生産性は次式で表示されるが、これらについて考察する。

$$Q = 1440 V \cdot B \cdot y / S$$

- Q: 生産性 t/m²/d y: 成品歩留
- V: 焼結速度 m/mn. S: 原料原単位
- B: 原料装入密度 t/m³

生産性に対する影響の最も大きいものは焼結速度と成品歩留と考えて良い。しかしこれらの間には Fig. 3 に示すごとく負相関がみられ、一般に焼結速度の上昇は歩留低下を招く。また歩留は焼結鉄落下強度と相関が強く強度向上の作業を行えば歩留も上昇する。

生産性および品質は使用原料の性状および操業因子などによつて左右されるが、操業結果では、(1) 配合原料中 FeO% 多く、平均粒度の小なるほど生産性は向上している。FeO 含有量と粒度の関係は、原料の性質上磁鉄鉱の粒度が小なることに起因し、特に粒度大なるほど t/h の低下したことは拘泥しない。(2) 装入層厚と生産性の関係は層厚が薄いほど生産性の向上がみられ、その影響度は大きい。これは焼結速度の上昇に起因し、すなわち装入層の通気性は層厚が小なるほど単位時間当りの通風量が増加し、焼結速度が上昇する。一方層厚が薄いほど、強度を得るための燃料量が増大し、焼結速度の上昇に負の因子として働き、さらに前述のごとく当然歩留の低下が生ずるが、この場合焼結速度の上昇がいちじるしく、生産増の直接原因になっていると考えられる。(3) 歩留については篩などの設備的な問題に影響されて、操業因子からの影響は明らかでない。しかし Fig. 1 のごとく次第に向上し、返鉱中 >5mm の推移が

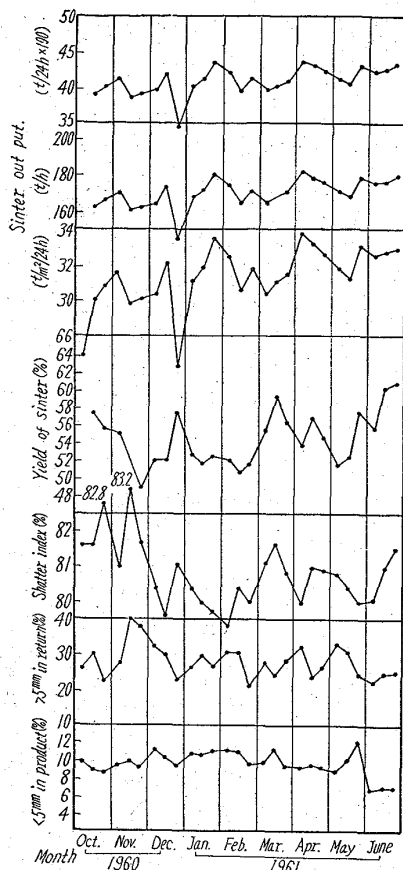


Fig. 2. Operational results of D.L. sinter plant at Tobata works.

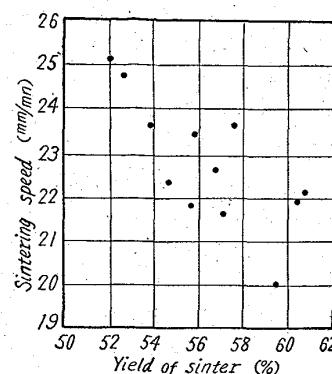


Fig. 3. Relation between sintering speed and yield of sinter.

らも解る通り、篩分効率の向上および強度向上によるものであろう。(4) 焼結鉄落下強度に対しても生産性と同じ因子を考える、普通操業においては強度を目標内に維持し生産性を最大ならしめるように操業因子の選択を行なうが、35年12月~36年2月には強度を犠牲にして生産性の向上を計つた特別の期間がある。強度におよぼす配合C%, 原料粒度、層厚の影響については、これら因子の交絡が多く単相関では表われない。粉率は篩分効率の向上、強度向上により次第に低下した。

原料条件に対応した作業条件を選択し高炉炉況に応じた焼結鉄品質(特に強度)の制御を行なうべく、以上のごとき過去の操業 data を検討した結果 (1) 赤鉄鉱系鉄石増加の生産量並びに品質におよぼす影響 (2) 焼結鉄落下強度および生産性におよぼす操業因子の定量的把握について計画的な実験を行ない、生産性および落下強度を満足する操業条件の定量的な把握が必要と思われる。

02.785.658.562.8
110.62023

(23) 工場実験による焼結操業の解析 (焼結工場操業管理に関する2, 3の考察-II)

八幡製鉄所戸畑製造所

A. 367~370 中村 直人・長谷川忠寿
石川 泰・岩田 実

Analysis of Results of Sintering Operations in Plant Experiment.

(Some considerations on the operational control at the sintering plant in Tobata Works—II)

Naoto NAKAMURA, Tadahisa HASEGAWA, Yasushi ISHIKAWA and Minoru IWATA.

I. 緒 言

前報に報告せるごとく、D. L. 焼結工場において、一連の操業試験を計画した。

II. 操業試験とその経過

原料配合は Table 1 のごとく輸入鉄石 65% 中、赤鉄鉱の比率を 57.8, 75.0, 85.0% とし、磁鉄鉱と篩下粉の振替を行なった。

操業試験であるため、高炉炉況に悪影響を与えぬことは勿論、つぎの原則のもとに操業した。

1) 焼結鉄落下強度は平均 80% 以上を目標とし、coke 配合量で調整する。2) sinter cake の排鉄部における焼結完了状態が同程度になるよう、適宜自動制御条件を仮定する。3) 配合種別に原料装入層厚を変更し

その影響を調査する。

操業試験に入るに当り、焼結鉄供給計画に、焼結性の良い配合 A の原料より開始し、装入層厚は 270~310mm に変化せしめた。配合 B₁ の操業は焼結、高炉操業の切替調整および予備試験期とし、したがって層厚の変更も 280, 300mm のみとした。この結果焼結鉄強度を維持し得、大巾な生産減も無いことを確認し得、B₂, B₃ 配合の操業を層厚 290~300mm として実施した。終りにふたたび A 配合操業を繰返しさらに薄い層厚の影響を見るとともに再現性の確認を行なった。

Table 1. Proportion schedule of raw material mixture.

Period	Date	Hong-kong	Nim-kish	Maty Texada	Dun-gum	Im-ported ore fines	Total	Hematite	Pyrite cinder A	Iron sand	Scale	Con-verter slag	Flue dust	Lime-stone
								Total ×100						
A1	1.July~18	10.2	8.6	8.6	5.0	32.6	65.0	57.8	11.0	5.0	6.0	2.0	2.0	9.0
B1	19~27	10.2	6.0	—	5.0	43.8	65.0	75.0	11.0	5.0	6.0	2.0	2.0	9.0
B3	28~9 Aug.	9.7	—	—	5.0	50.3	65.0	85.0	11.0	5.0	6.0	2.0	2.0	9.0
B2	10~20	11.0	—	—	5.0	47.0	63.0	80.0	11.0	5.0	8.0	2.0	2.0	9.0
A2	20~31	13.0	—	12.4	5.0	32.6	63.0	57.8	11.0	5.0	8.0	2.0	2.0	9.0

Table 2. Testing results of operation.

Period		A					B ₁		
Bed depth mm		260	270	280	290	300	310	280	300
Mix.	Mean size mm	2.9	2.5	2.3	2.1	2.1	2.1	2.9	2.8
	% C	3.29	3.34	3.12	3.15	3.12	3.00	3.40	3.22
	Moist./sat. moist %	49	50	48	48	49	49	53	51
Exhaust gas temp. °C		378	367	364	351	358	361	372	373
Exhaust gas press. mm, aq.		1200	1220	1240	1250	1260	1250	1210	1210
Strand speed m/mm		5.69	4.92	4.58	4.24	3.89	3.61	4.59	4.41
Output, t/h		202.5	196.1	193.5	196.3	186.9	175.5	186.5	186.5
Output, modified t/h		206.4	200.1	201.1	193.6	186.0	184.0	198.0	194.5
Output, modified t/m ² /d		37.4	36.2	35.7	36.2	34.5	37.4	34.4	34.4
Yield, sinter/mix., %		52.5	56.1	55.6	60.3	59.5	57.0	56.6	55.8
Yield, modified %		53.5	57.2	57.8	59.4	59.2	59.8	57.9	58.1
Sinter	% FeO	11.5	10.7	10.2	11.0	10.1	9.9	10.8	9.9
	-5mm %	7.3	7.3	8.0	8.9	8.8	6.8	8.3	6.8
	Shatter index	81.3	81.0	81.0	81.9	82.0	82.5	80.9	81.0
Period		B ₃				B ₂			
Bed depth, mm		290	310	330	350	290	310	330	350
Mix.	Mean size, mm	2.8	3.2	3.1	2.7	3.0	3.0	3.1	3.0
	% C	3.48	3.40	3.24	3.55	3.54	3.59	3.54	3.38
	Moist./sat. moist %	56	53	53	54	56	56	57	58
Exhaust gas temp. °C		351	366	340	341	362	362	356	336
Exhaust gas press. mm, aq.		1270	1230	1270	1290	1250	1220	1220	1240
Strand speed m/mm		4.12	3.86	3.60	3.08	4.18	3.84	3.48	3.28
Output, t/h		189.3	184.3	179.1	170.0	197.7	175.2	174.2	175.8
Outph, modified t/h		192.8	196.9	190.4	175.7	196.8	181.9	181.7	178.2
Output, modified t/m ² /d		35.0	34.0	33.1	31.4	36.5	32.3	32.2	32.4
Yield, sinter/mix., %		58.4	56.7	56.1	57.5	59.4	59.4	58.4	58.8
Yield, modified %		59.4	60.5	59.7	59.4	59.2	61.6	61.0	59.6
Sinter	% FeO	10.9	10.4	9.9	9.6	10.1	11.4	10.1	9.6
	-5mm %	6.2	5.9	5.7	5.8	7.7	5.7	5.9	6.1
	Shatter index	82.7	81.4	83.1	82.7	80.6	83.4	82.4	82.2

主なる操業結果を Table 2 に示す。焼結鉄落下強度は装入層厚、配合原料粒度に対する燃料配合量を慎重に control したため、79~85% を得た。strand speed の自動制御条件である No. 24 wind box の排ガス温度の設定は、層厚 350mm 操業時のみ 320~400°C とし他は 350~410°C とした。この間 8 月 26 日には A₂ 配合で 212.7 t/h, 5104 t/d, 39.2 t/m²/d の最大生産量をマークした。

III. 操業の解析と考察

1. 落下強度に影響する要因の解析

落下強度におよぼす要因としては、前報に示したごとく原料種別、粒度分布、燃料量、装入層厚などが考えられる。したがって実際操業で落下強度を制御し得るよう総合的に検討した。

装入層厚のおよぼす影響は他要因の作用を受けバラツキが、層厚が大なるほど、落下強度は大となる。これは落下強度が焼結鉄粒度構成に大なる影響を受けるためであり、すなわち sinter cake は上層が結合力弱く返鉱または成品中の小粒となり、下層は十分なる溶融並びに

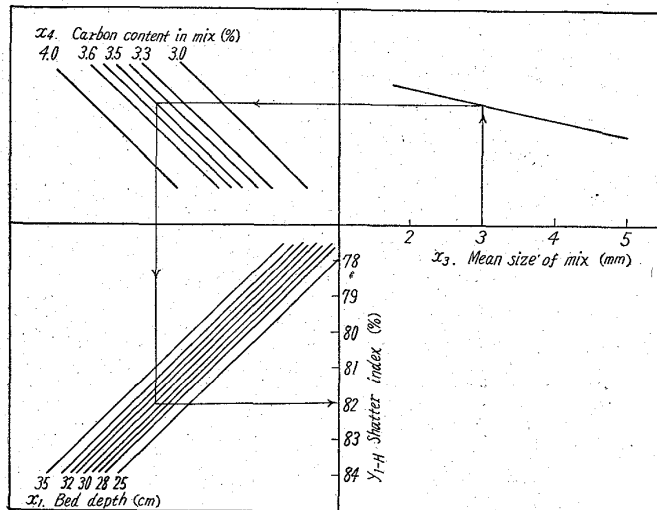


Fig. 1. Relation between shatter index and operational factors. (mix. B)

装入密度大なることにより硬く焼結し、成品の大塊となる。したがって層厚の増大は成品中の中粒となるべき部分の増加を意味する。

配合原料中粗粒および燃料配合量の影響については、配合原料 (>7mm) %—S. I., %C—S. I. の単相関は有意でなかったが、(>7mm) %—%C は高度の正相関を示し、これら 3 者間の関係はきわめて顕著である。すなわち、操業中に S. I. 80%以上を確保するべく、%C の調整が十分行なわれたことを意味している。

以上の data につき落下強度におよぼす要因の影響を定量的に把握すべく重回帰分析を行なった。解析に当つては原料配合につき A₁ A₂ と B₁ B₂ B₃ とを層別した。その結果つぎの回帰式を得た。

$$y_{1-H} = 0.20x_1 - 0.46x_3 + 3.60x_4 + 64.70$$

$$\dots\dots\dots [1] (B_1, B_2, B_3)$$

$$y_{1-M} = 0.29x_1 + 73.5 \dots\dots\dots [2] (A_1, A_2)$$

なお式中、x₁ は原料装入層厚 (cm), x₃ は配合原料平均粒度 (mm), x₄ は配合 C (%), y は落下強度である。[1] 式の結果を Fig. 1 に示す。

2. 焼結生産性に影響する要因の解析

一般に焼結鉄単位時間当りの生産性については、層厚—strand speed は負、層厚—歩留は正の相関を示し、いずれも直線関係ではない。層厚—生産量すなわち strand speed × 歩留の関係はほぼ直線的に表示された。strand speed は本質的には bed の通気量に比例するが、strand speed におよぼす要因としては層厚は勿論、配合 C %, 水分、原料粒度であり、C %, 粒度はまた歩留に影響する。このように生産性におよぼす要因は多く、また互に作用する。したがって解析に当つては操業時直接 control 出来る因子を独立変数として要因に選り、重回帰解析を行なった。

装入層厚を x₁ (cm), (配合水分/飽和水分) 比 (%) を x₂, 配合原料平均粒度を x₃ (mm), 配合 C を x₄ (%) とし、修正生産量 (t/h) を y₂ とすると次式のごとくである。

$$y_{2-H} = 352.17 - 2.48x_1 - 1.40x_2 + 4.81x_3 - 6.94x_4 \dots\dots\dots [3] (B_1, B_2)$$

$$y_{2-M} = 358.00 - 4.96x_1 - 6.73x_4 \dots\dots\dots [4] (A_1, A_2, A_3)$$

[3] 式の関係を図示すると Fig. 2 のごとくである。

以上のごとく焼結鉄落下強度と生産性につき、個々に解析を行なったが、これらにおよぼす作業条件の関係を 1 つに纏めた。一例として B 配合、S. I. 目標 82.5 % の条件につき近似的に解き Fig. 3 に示した。

また、焼結鉄 S. I. を 81.0% 以上とし、A, B 各配合時の操業状態を比較すると Table 3 のごとくである。

従来有利とされていた磁鉄鉄石の増配合の好影響は現われず、かえって生産減少の微さえ現われた。しかし、A 配合操業期間中は焼結鉄強度のバラツキは少なく同一層厚内の %C の action が少なく、その

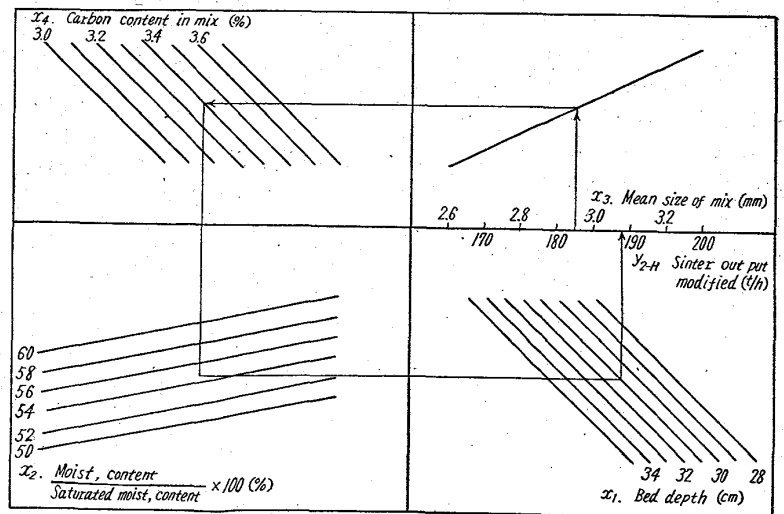


Fig. 2. Relation between sinter Output and operational factors. (mix. B)

no. 62029

573.712:5539.125.5.04
621.039.84:622.785.002.3

p. 390-392

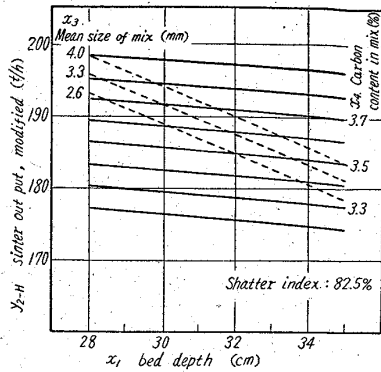


Fig. 3. Calculation diagram of sinter output at 82.5% shatter index. (Mix B)

Photo. 3. Comparison of operations between kinds of mix.

Proportion	S. I.	Bed depth	%C mix.	Output t/h	Mean size of mix.
A	82.0	290	3.0	193	
B	82.5	280	3.8	196	3.30

rangeも狭く終つたため、このような結果を得たといえよう。

IV. 結 言

従来の GW 焼結工場並びに DL 焼結工場の各種の操業を解析し、前者では原料配合条件、後者では操業条件について考察し、さらに操業試験を実施して焼結強度並びに生産性におよぼす各種要因の影響を定量的に把握した。

高炉が非常に高い level で操業を行なっている昨今、特に大型高炉の場合、焼結強度は炉況の安定化に重大なる影響をもたらす。本操業試験の結果、原料配合のいかにかわらず、DL 焼結工場では焼結強度をかなり任意に制御することが出来るようになった。

赤鉄鉱の増加は、全般に生産の減少を招きまた強度の低下を惹起するが、原料粒度の粗なる点を考慮して %C の増加、装入層厚の増加、さらにはより強度の水分管理により、ほとんど遜色の無い操業とすることが出来る。なおこのため、焼結鉄 FeO% の増加による被還元性への悪影響が考えられるが、還元試験並びに顕微鏡組織の検討では大なる影響は無いようである。

本操業試験後の DL 焼結工場の作業成績を見ると、赤鉄鉱系鉱石の増大にもかかわらず、かえって高い水準の操業を維持し、落下強度 82±2% で、生産性は 35~40 t/m²/d を保つて現在に到っている。

(24) 中性子による焼結鉄原料水分の測定および管理

日本鋼管技術研究所

工博 飯島 弘・○宮下芳雄・稲本金也

川崎製鉄所

安藤 遼・村上惟司・深谷一夫

Measurement and Control of Moisture in Raw Mixture for Sinter by Neutron Method.

Dr. Hiroshi IJIMA, Yoshio MIYASHITA,

Kinya INAMOTO, Ryo ANDO,

Tadashi MURAKAMI and Kazuo FUKAYA.

I. 緒 言

焼結作業において混合原料の水分をある一定の範囲におさえることは工程管理上重要である。従来主として用いられた水分測定法は乾燥法であるが、これはその測定値を水分制御に使用するには困難があつた。中性子の減速作用を利用する水分測定法はサンプリングの誤差を避けることが出来ること、測定時間を短かく出来ること、さらに連続測定が出来るので、水分の自動制御のための信号として使用出来る可能性もあることなどが従来の方法にみられない利点である。この測定法を実用化するための実験と水分を管理するための要因解析を行なつたので、これを報告する。

II: 測定原理および方式

中性子は物質の中を通過する際、その物質の原子核との散乱によつてエネルギーを失い、やがて熱中性子となつて物質に吸収される。この散乱の過程は試料の化学結合、温度などの普通の物理的、化学的性質に関係せず、試料に含まれる核種にだけ関係する。中性子は水素原子核との散乱によつて、もつとも著しくエネルギーを失つて熱中性子になり易い。水素は多くの場合、水という型で物質に含まれているので、高速中性子源から放出される高いエネルギーの中性子が試料の中で減速されて、できる熱中性子の数が水分の目安となる。したがつて高速中性子源と熱中性子だけに感じる検出器を測定試料中あるいはその周辺に配置することにより、水分と一定の関係のある出力を得ることが出来る。これらの配置の方式に挿入型と表面型がある。

われわれは中性子源として Ra 含有量 20mg の Ra-Be を、熱中性子検出器として日立製 EB-125 型 BF₃ 比例計数管を使用した。

III. 測定に影響を与える要因

1. 試料密度

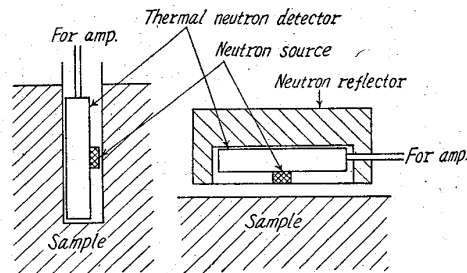


Fig. 1. Two methods of measurement.