

Fig. 5. Desired zone of +5mm and -125 μ fraction in sintering material.

果 FeO が増加すると考えられる。しかし、粗粒化傾向が顕著な場合、コークスを増して、FeO を 2~3% 程度上げて落下強度は、なお元に復しにくい。

5. +5mm, -125 μ の適正範囲

強度 79.5% 以上を確保し、生産率を 1.4t/m²/hr 以上得るための +5mm/-125 μ の範囲を求めてみる。範囲の基準は、A₁, A₂, A₃ 直線または曲線の 95% 信頼限界の下限とする。

強度 A ₁	+5mm/-125 μ ≤ 2.75... (1)
A ₂ , A ₃	+5mm/-125 μ ≤ 1.50... (2)
生産率 A ₁ , A ₂	+5mm/-125 μ ≤ 1.25... (3)
A ₃	+5mm/-125 μ ≤ 1.40... (4)

ただし、(1)式は、データー条件である。

上式と A₁, A₂, A₃ の層別条件より、次式が成立する。

$$26\% < (+5\text{mm}) + (-125\mu) \leq 28\% \text{ のとき}$$

$$1.25 \leq +5\text{mm}/125\mu \leq 2.75$$

$$28\% < (+5\text{mm}) + (-125\mu) \leq 30\% \text{ のとき}$$

$$1.25 \leq +5\text{mm}/-125\mu \leq 1.50$$

$$30\% < (+5\text{mm}) + (-125\mu) \leq 33\% \text{ のとき}$$

$$1.40 \leq +5\text{mm}/-125\mu \leq 1.50$$

(5), (6), (7)式の +5mm/-125 μ 指数の範を +5mm を横軸、-125 μ を縦軸として図示したものが Fig. 5 である。Fig. 5 中斜線部分が +5mm, -125 μ の適正範囲である。

6. 結 言

原料粒度と焼結性との間には、深い関係があることは従来わかっているが、その粒度分布との関係においてはまだ明確なるものがない。

今回は、分布を表わす一つの指数として、粗粒部分と微粒部分に注目し、その比と和によつて最近の DL 実操業データーを解析した結果、従来の平均粒度、+5mm, -125 μ 単独指数と比して、粒度と焼結性の関係をより効果的に表わす指数であることがわかった。

結果の概要をまとめると下記のごとくである。

(1) +5mm/-125 μ の上昇とともに生産率は上昇する。また粗粒、微粒部分の多い、いわゆる台地型分布

は生産率に悪い。

(2) +5mm/-125 μ の上昇と共に落下強度は低下の傾向を示す。しかし、粗粒、微粒部分の和が少ない。いわゆる分布巾が狭くなるとこの傾向は緩和される。

(3) +5mm/-125 μ が高い、すなわち粗粒化の傾向が強いつき、コークス配合率を上げて FeO が高くなつても落下強度向上の効果は少ない。

(4) +5mm, -126 μ には、生産性の立場より両者の balance において適正範囲があり、これを示した。

すなわちその時点で強く要求される項目に応じて(例、生産量、強度、FeO)、より適切な粒度面における action の方向が決まる。

文 献

- 1) H. POHL: Stahl. u. Eisen., 71 (1951), p. 597~664
- 2) E. W. VOICE et al.: J. Iron & Steel Inst. (U.K.). Oct. (1953) p. 121

622.785 : 622.341.2.

(10) マンガン鉱石の焼結試験

富士製鉄、広畑製鉄所

工博 宮川 一男・○沖川 幸生

日本電工、金沢工場 成瀬 亘

On the Sintering Test of Manganese Ore.

Dr. Kazuo MIYAGAWA, Kosei OKIGAWA
and Wataru NARUSE.

1. 緒 言

フェロマンガン製造用原料であるマンガン鉱石の大半は輸入鉱石であり、しかもその原価は高いので、フェロマンガンの増産および製造原価切り下げ対策として、最近マンガン鉱石の焼結が考慮されつつあり、すでに2, 3の試験報告がなされている^{1)~3)}。

日本電工においても、従来鉱石のまま電気炉に装入されていたマンガン鉱石を焼結鉱として電気炉に装入するとともに、焼結に際しては石灰石を添加し石灰焼結鉱となすことによつて、粉鉱石の活用と電気炉操業成績の向上をはかることが計画された。

この計画に基づき焼結機設計の基礎資料および焼結作業指針をうることを目的として、ソ連マンガン鉱石を用い、30kg 試験鍋によるいろいろの焼結試験を行なった。

さらに、インド、豪州、内地産マンガン鉱石についても比較焼結試験を実施した。

その試験結果について報告する。

2. ソ連マンガン鉱石の焼結試験

焼結試験方法は、風量 9Nm³/min, 負圧 800mm Aq の排風機を有する 30kg 試験鍋 (上面 320mm ϕ , 下面 280mm ϕ , 深さ 300mm) を使用し、CO gas で 60sec 点火とした。

2.1 石灰石配合率および燃料添加率の検討

原料条件の変化によつてコークス添加率も変化するので、石灰石配合率 10%, 20%, 50% について、コークス添加率をそれぞれ 3~7% に変化せしめて焼結試験を

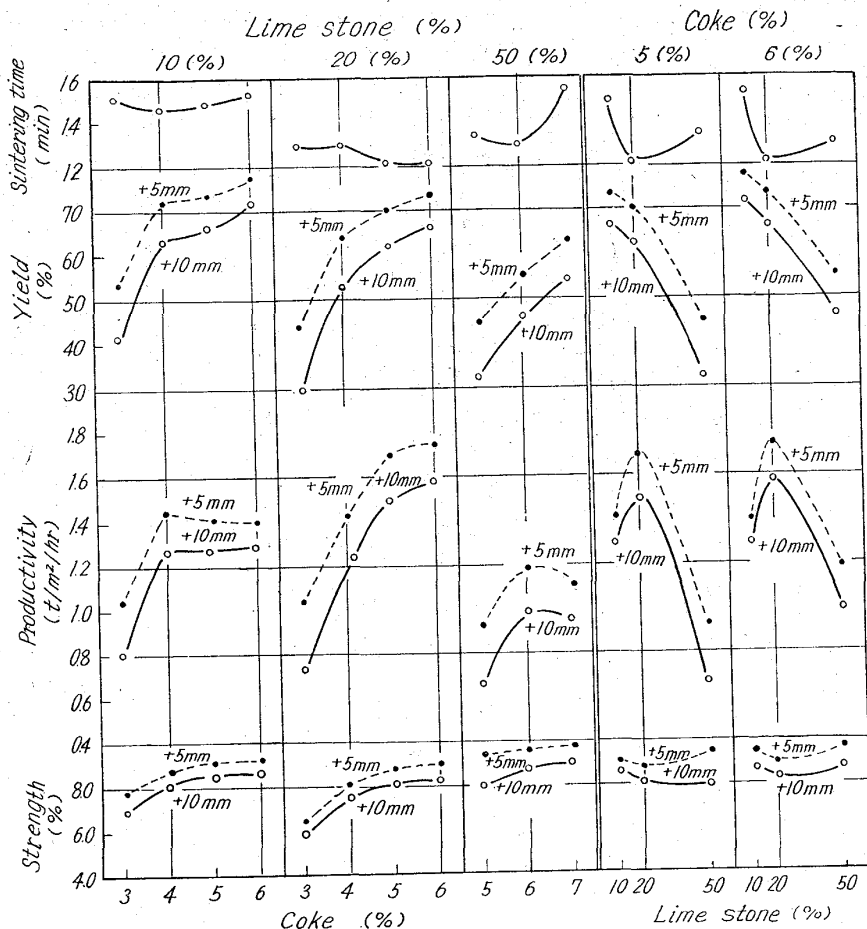


Fig. 1. Effect of additional lime stone and coke breeze on sintering properties.

行なつた。

試験結果は Fig. 1 に示すように、石灰石配合率 10% ではコークス添加率 4%, 石灰石 20% ではコークス 5%, 石灰石 50% ではコークス 6% が適正コークス添加率と推定され、石灰石配合率の増加につれて、コークス添加率も増加せしめることが必要である。

石灰石配合率の焼結性に及ぼす影響は、石灰石配合率が増加すると歩留は低下するが、焼結時間が短縮されることによつて、石灰石 20% 配合の生産率が良好であつた。しかし落下強度は石灰石配合率 50% においても 80% の高値を示した。

2.2 マンガン鉱石の被還元性

石灰石配合率およびコークス添加率を変化せしめたソ連マンガン焼結鉱の還元試験を行なつた。還元試験方法は学振鉄鉱石還元試験方法にしたがつた。ただし還元時間は 120min とした。マンガン焼結鉱の鉄含有量は 2% 程度であつたので、この鉄分は無視してマンガン分の結合酸素のみで還元率を算出した。

結果は Fig. 2 に示すように、コークス添加率が多くなると被還元性が低下した。すなわち、コークス 3% では還元率 55% 程度であつたが、コークス 5% および 6% では 45% 程度であつた。

石灰石の影響は石灰石配合率の多い場合が被還元性良好で、石灰石が少なくなると還元率も低下し、石灰石 50% 配合では還元率 61%, 石灰石 10% 配合では 48% 程

度であつた。

2.3 原鉱石ならびにマンガン焼結鉱の状態分析および X 線回折結果

ソ連マンガン鉱石、焼結鉱の状態分析の結果を Table 1 に示し、X 線回折結果を Fig. 3 に示す。

ソ連マンガン鉱石は T.Mn 43%, T.Fe 2%, SiO₂ 15%, CaO 9% 程度含んだ鉱石であるが、マンガンの状態分析の結果は、MnO 28%, Mn₂O₃ 10%, MnO₂ 21%, MnCO₃ 20% 程度の組成であつた。X 回折結果は Mn₃O₄, MnO は認められず、Mn₂O₃, CaMn(SiO₃)₂ が多く、MnCO₃, MnO₂ が若干認められた。

また、このマンガン鉱石は大部分黒色を帯びていたが、中に若干白色部分が混入していたので二者を選別すると鉱石の黒色部分は T.Mn 56% と高く SiO₂, Al₂O₃, CaO, S など少なかつた。これに反し、白色部分は T.Mn 23% で SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO, S などが高い低品位のものがあつた。

含有されている Mn の状態も両者間に大きな差があり、白色部分は MnCO₃ が主成分であり、Mn₂O₃ は認められないが、黒色部分は MnO および MnO₂ が主成分で、それぞれ 26% および 33% で MnCO₃ は 2% 程度であつた。

X 線回折結果でも、白色部分は MnCO₃ および SiO₂ が認められるのみであるが、黒色部分は Mn₂O₃, CaMn(SiO₃)₂ が大部分で MnO₂ が若干あり、MnCO₃ は認められない。

ソ連マンガン焼結鉱はほとんど Mn₃O₄ の形で存在していた。コークス添加率との関係は、コークス添加率が増加するとマンガン焼結鉱中の m, Mn が増加し、Mn₂O₃ が減少する傾向があつた。石灰石配合率の影響は石灰石配合率が増加すると、m, Mn, Mn₂O₃ が減少する傾向を示した。

その他の元素については、石灰石の配合率増加とともに脱硫率が低下し、焼結鉱中の S % が増加した。

2.4 マンガン焼結鉱の顕微鏡観察結果

石灰石配合率を変化せしめた場合のソ連マンガン焼結鉱の顕微鏡組織を Photo. 1 に示す。

石灰石 0% では β-Braunite((MnSi·)₂O₃) が集団をなしており、Hausmannite(MnO·Mn₂O₃) は β-Braunite の周囲に小さく存在していた。石灰石 20% では Hausmannite が大きく発達しており、Jacobsite(MnO, Fe₂O₃) も検鏡できた。石灰石 50% 配合になると、Calcium manganate(CaO·MnO₂) と Jacobsite が多く観察された。

3. 各種マンガン鉱石の焼結性比較

ソ連、豪州、印度および内地マンガン鉱石の焼結性を比較するため、石灰石配合率 20%, 返鉱配合率 30%, コークス添加率 5%, 鉱石粒度 -5mm で各銘柄別に 30kg

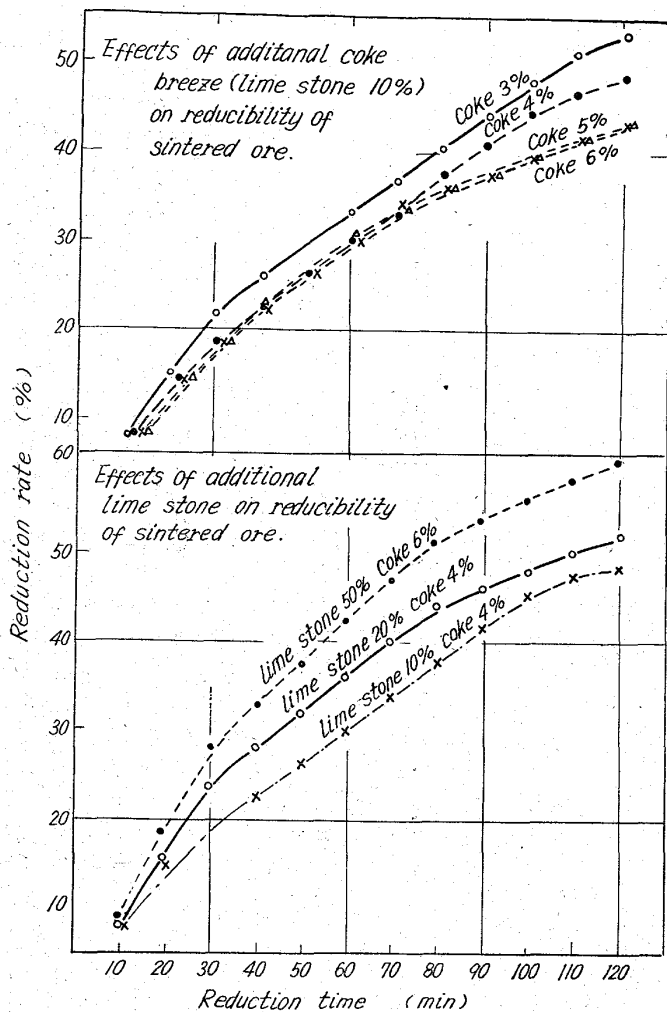


Fig. 2. Results of reduction test (Soviet union manganese sinter ore)

鋼を用い焼結試験を行なった。各種マンガン鉱石の粒度組成および成分組成を Table 2 に示す。

試験結果は Fig. 4 に示すように、ソ連マンガン鉱石

Table 1. Chemical analysis of soviet union manganese ore and manganese sinter.

Intems	Element	T. Mn (%)	m. Mn (%)	MnO (%)	Mn ₂ O ₃ (%)	MnO ₂ (%)	MnCO ₃ (%)	T. Fe (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	S (%)	P (%)	CaO/SiO ₂
Man-ganese ore	Originate	43.42	0.80	28.25	10.26	21.55	19.97	2.33	15.62	2.98	9.12	1.62	0.261	0.148	—
	Part of black	56.47	0.40	33.29	19.53	26.43	2.35	3.05	10.34	0.68	0.14	0.49	0.124	0.158	—
	Part of which	23.62	3.40	16.48	tr	11.79	45.11	1.02	24.36	1.44	12.26	2.20	0.360	0.153	—
Lime stone 10% sinter	Coke 3%	50.76	4.40	33.58	17.06	13.42	—	2.90	10.72	0.96	10.73	0.637	0.149	0.197	1.00
	" 4%	50.85	4.70	35.91	13.81	13.82	—	3.05	11.06	1.44	10.36	0.927	0.147	0.249	0.94
	" 5%	50.85	5.10	36.75	11.93	14.23	—	2.76	10.44	1.24	10.80	0.688	0.105	0.187	1.03
	" 6%	51.88	9.90	37.08	5.03	15.45	—	2.76	10.52	1.64	10.14	0.666	0.101	0.193	0.96
Lime stone 20% sinter	Coke 3%	47.25	2.00	40.12	5.62	16.26	—	2.47	10.66	1.56	15.84	0.558	0.167	0.187	1.49
	" 4%	47.51	1.70	36.60	9.96	16.67	—	2.18	10.62	1.04	15.21	0.601	0.196	0.186	1.43
	" 5%	47.59	4.70	38.45	4.82	15.45	—	2.47	10.58	1.64	16.02	0.551	0.144	0.183	1.51
	" 6%	47.93	4.80	38.64	5.32	15.04	—	2.47	10.58	1.82	15.12	0.536	0.146	0.176	1.43
Lime stone 50% sinter	Coke 5%	39.27	0.70	34.87	tr.	18.30	—	2.47	8.32	1.42	30.78	0.659	0.221	0.143	3.70
	" 6%	38.24	1.40	31.14	3.15	16.67	—	2.47	8.52	1.32	31.14	0.681	0.219	0.157	3.65
	" 7%	38.76	1.40	35.38	0.29	15.45	—	2.47	8.62	1.44	30.87	0.717	0.157	0.166	3.58

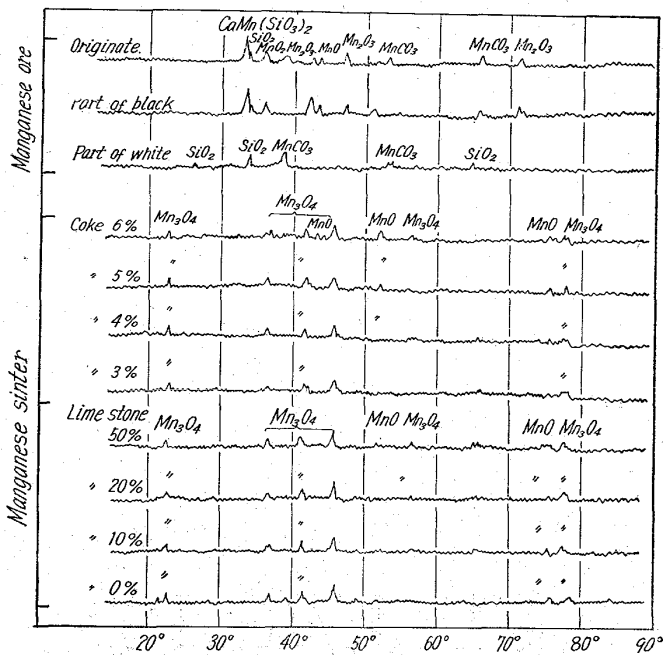


Fig. 3. X-ray diffraction chart of manganese ore and sinter.

の焼結性が最も良好で豪州、印度、内地マンガンの順に焼結性は低下し、落下強度では印度マンガン鉱石が最も低値を示した。

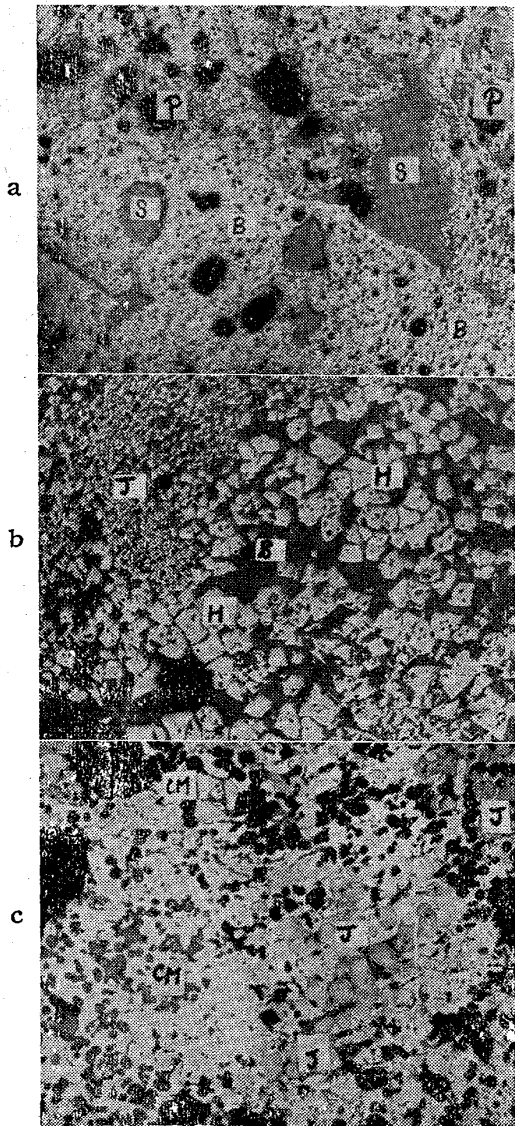
4. 排風機の風量および負圧について

排風機の容量決定は焼結機設計上、最も重要なことであるので、風量および負圧可変の排風機を有する 80kg 鍋 (上部 350×550mm, 下部 310×510mm, 深さ 300mm) を使用して、負圧を 600~1200mmAq (風量 80 m³/min/m²一定) に変化せしめた場合と、負圧 1000mmAq一定で風量を 60~120m³/min/m²に変化せしめた焼結試験を行なった結果、負圧は 1000mmAqの場合が最も焼結性良好で、風量は多いほど焼結性が向上することが判明した。

Table 2. Size analysis and chemical analysis of various manganese ores.

Manganese ore	Size analysis (mm)							Chemical analysis		
	7~5 (%)	5~2 (%)	2~1 (%)	1~0.5 (%)	0.5~0.25 (%)	0.25~0.125 (%)	-0.125 (%)	T. Mn (%)	MnO (%)	Mn ₂ O ₃ (%)
Soviet union		76.0	16.2	4.6	1.5	0.4	1.3	43.42	28.25	10.26
Australia	3.1	48.7	14.0	8.8	9.3	7.3	8.8	39.26	14.13	8.38
India	2.1	57.5	13.0	6.7	6.7	4.7	9.3	40.05	15.12	5.92
Japan	2.6	57.4	13.7	7.4	6.3	4.2	8.4	42.83	24.18	tr

Manganese ore	Chemical analysis									
	MnO ₂ (%)	MnCO ₃ (%)	m. Mn (%)	T. Fe (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	S (%)	P (%)
Soviet union	21.55	19.96	0.80	2.33	15.62	2.98	9.12	1.62	0.261	0.148
Australia	34.16	4.34	0.90	10.21	18.62	1.36	1.53	0.68	0.050	0.227
India	37.41	3.00	0.50	15.95	5.24	1.44	1.35	0.34	0.028	0.059
Japan	15.04	35.24	4.60	3.04	10.38	1.68	6.84	1.21	0.137	0.056



B: (Mn·Si)₂O₃ H: Mn₃O₄ J: MnO·Fe₂O₃
 CM: CaO·MnO₂ S: Slag

a) 0% Lime stone b) 20% Lime stone c) 50% Lime stone
 Photo.1. Mineralogical changes of Soviet manganese sintered ore when lime stone is added.

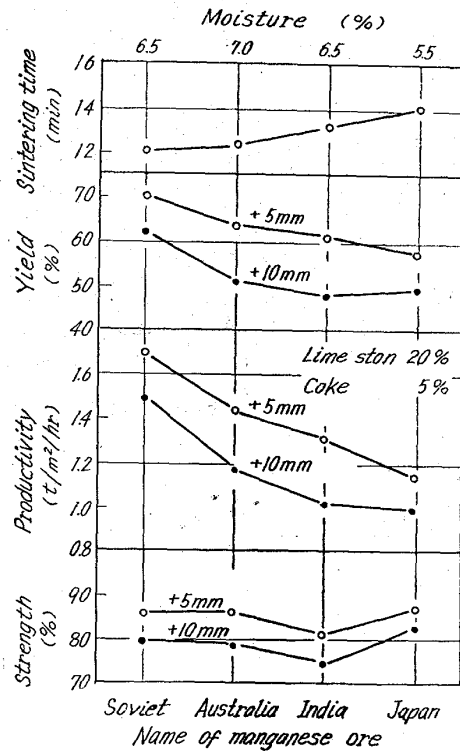


Fig. 4. Comparative results of manganese ore sort in the sintering test of the 30kg pan.

5. 結 言

マンガン鉱石の焼結性について 30kg 試験鍋を使用して焼結試験を行なうとともに、焼結鉱の還元試験、X線回折などいろいろ検討を行ない、次のことを明らかにした。

- (1) ソ連マンガン鉱石の焼結作業条件としては、鉱石粒度-5mm, 返鉱配合率 30%, 返鉱粒度-5mm, 石灰石粒度-3mm, 石灰石配合率10~20%, 水分添加率6~7%, 燃料添加率5%が適当と考えられた。
- (2) マンガン鉱石は本試験結果では、焼結時間12~

15min, 歩留 50~60%, 生産率 1.0~1.5 t/m²/hr, 落下強度約 80% で, 鉄鉱石の焼結に比してそんな色ない焼結性を示した.

(3) マンガン焼結鉱の Mn の形態はほとんど Mn₃O₄ の形で存在していた. 被還元性は鉄鉱石の焼結鉱とあまり差がなく, 石灰石 10% 配合で還元率 45~50% (還元時間 120min) であった.

(4) マンガン鉱石も鉄鉱石と同様に, 銘柄によつて焼結性は異なり, ソ連マンガン鉱石の焼結性が最も良好で豪州, 印度, 内地マンガンの順に焼結性は低下した.

(5) マンガン鉱石を焼結する場合の排風機能力は, 負圧 1000mmAq, 風量 80~90m³/min/m²が適当と考えられる.

文 献

- 1) 国井, 垣内, 西田: 鉄と鋼, 47 (1961) p. 249
- 2) 安達, 小山: 鉄と鋼, 47 (1961) p. 1304
- 3) 渡辺: 釜石製鉄所研究報告. 148, 195, 196, 200, 272, 331

622.785.5:658.582

(11) 洞岡焼結工場における最近の操業解析

八幡製鉄所 若山昌三
長尾由一・梅津善徳

Statistic Analyses on Recent Operation at Kukioka Sintering Plant.

Shozo WAKAYAMA, Yoshikazu NAGAO and Yoshinori UMEZU.

1. 緒 言

洞岡DL焼結工場における最近の操業実績について, とくに, 生産量 (t/hr) と塩基度に関するデータをとりにあげ, 統計解析を行なった.

まず生産量と諸要因間の重回帰式を得て, 当工場における操業内容の総合的な把握をした. さらに塩基度の変動を検討してコロログラムを描き, 塩基度管理のための適切なサンプリング, および分析頻度を決定することができた. 以下これらの結果について報告する.

2. 重回帰分析

2.1 検討手順

データの採取期間は 1964 年 6 月~同年 8 月までの 3 カ月で, 統計量として不適当なものは除外した. データ数は 64 組である.

操業条件のうち装入層厚は 330~340mm, 塩基度目標は 1.30±0.1 から 1.40±0.1 までかえたが一般に操業は従来どおりに正常に行なわれ, 必要に応じてアクションがとられた. なお当期間中の生産量の平均は 3777.6t/day, 標準偏差は 223.2 であった.

データの対象項目は次に示すとおりである.

特性値として	生産量	(t/hr)
要因として	SiO ₂ **	(%)
	CaO/SiO ₂	(-)
	CaO+SiO ₂	(%)
	-125μ	(%)
	+5mm	(%)
	5~1mm	(%)
	FeO	(%)
	水分	(%)
	C***	(%)
	コークス平均粒度	(mm)
	装入層厚	(mm)
	返鉱	(%)

* 生産量は成品中の -5mm を返鉱とみなし, 返鉱中の +5mm を成品と考えた修正生産量である.

** 各要因は, 装入層厚を除いて, すべて焼結配合原料中の値である.

*** 配合原料中の C (カーボン) % はコークス使用%

Table 1. Results of multiple regression analyses on sinter products.

Variables in sinter mix	Correlation coefficients	Partial correlation coefficients	Mean values	Standard deviations	Partial regression coefficients	Normalized coefficients
SiO ₂ (%)	-0.035	0.227	5.60	0.339	+8.86	0.32
CaO/SiO ₂ (-)	0.588**	0.450**	1.33	0.071	+60.06**	0.46
CaO+SiO ₂ (%)	0.219*	-0.261*	12.98	0.716	-4.97	-0.38
-125μ fraction (%)	-0.610**	-0.429**	8.54	1.661	-2.29**	-0.41
+5 mm fraction (%)	0.474**	0.194	20.23	2.741	+0.52	0.15
-5+1 mm fraction (%)	0.420**	0.136	44.39	1.993	+0.45	0.09
FeO (%)	-0.228*	-0.113	13.83	1.516	-0.43	-0.07
Moisture (%)	-0.249**	-0.116	7.33	0.369	-2.11	-0.08
Carbon (%)	0.450**	0.317*	2.48	0.191	+11.06*	0.23
Coke mean size (mm)	-0.131	-0.058	1.01	0.086	-3.64	-0.03
Bed depth (mm)	0.463	0.170	336.30	7.603	+0.14	0.11
Return fine (%)	0.029	-0.237	30.65	3.162	-0.50	-0.11
Multiple correlation coefficient	0.853					
Coefficient of determination	72.80%					
Constant (t/hr)					+48.72	

Level of significance; **99%