

$$V_p = \sqrt{\frac{2gp}{m}} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 $V_p$ : ピトー管により求める羽口衝風速度 m/s  
 このようにして求めた各羽口の衝風速度が平均値と次式によつて全送風量より求めた羽口平均流速とを比較したところ、両者の間にはほとんど差がなくピトー管より求めた流速が常に 2~3% 小さくなった。

$$V_b = W \times \frac{1034}{1034 + P_0} \times \frac{273 + t}{273} \times \frac{1}{N} \times \frac{1}{\pi/4 \cdot D^2} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、 $V_b$ : 送風量より求めた羽口風速 m/s  
 $N$ : 羽口本数 15  
 $P_0$ : 送風圧力 g/cm<sup>2</sup>

この結果は、送風途中の漏風などを考慮したとき、この方法による測定値の精度がきわめて高いことを示していると思われる。ピトー管によつて求めた各羽口の風速をつぎの (3) 式によつて補正し、これから (4) 式によつて各羽口の衝風流量を求め、これを標準状態 (0°C 1 気圧) に換算して Fig. 4 に示す。

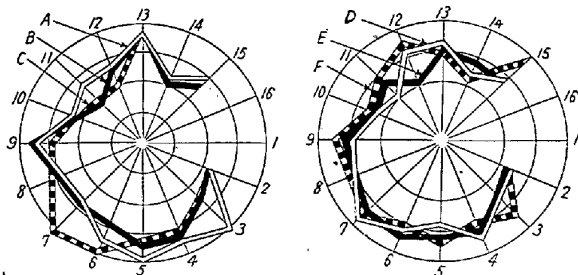


Fig. 4. Blast distribution to tuyeres of Kukioka No. 2 B.F.

$$V = V_p \times \frac{\sum V_b}{\sum V_p} \dots\dots\dots (3)$$

$$W_i = V \times \pi/4 \cdot D^2 \dots\dots\dots (4)$$

ただし、 $I$ : 測定羽口本数 13  
 $W_i$ : 各羽口内の衝風流量 m<sup>3</sup>/s

この結果を見ると当熔鉱炉の各羽口間の衝風流量は比較的均一であるが、それでもかなりの不均一性が認められる。またある羽口では常に多量の衝風が通過し、また他のある羽口では常に少量の衝風が通過する傾向があることがわかる。さらにこの各羽口内の衝風流量はストック・ラインの降下および炉頂ガス分布の傾向とも一致している。このため、各羽口内の衝風流速を測定することによつてストック・ラインの各面における降下状態や通風分布も推定することができる。

### III. 結 言

Fig. 2 に示すような装置を作り、これによつて熔鉱炉の各羽口内の衝風流量を求めたが、比較的精度の高い測定結果を得ることができた。各熔鉱炉はそれぞれ特性のある通風分布をしており、この特性は相当長期間にわたつて変化しないと考えられる。またこの各羽口内の衝風流速の測定結果からストック・ライン全面における降下状態や通風分布を推定できた。

### (8) 熔鉱炉における操業について

(自熔性焼結鉱の操業試験—II)

On the Blast Furnace Operation.

(Experimental operation with self-fluxing sintered ore—II)

Makoto Inoue, et alii.

八幡製鉄所, 製鉄部

工 辻畑敬治・工 井上 誠・工 中村直人  
 工 吉永博一・ 安田弘路

### I. 緒 言

八幡製鉄所洞岡工場において昨年 7 月より 11 月まで石灰焼結鉱に関する第 1 期操業試験をおこなつて一応の結論を得たのでここにその概要を報告したい。

### II. 試 験 概 要

操業試験は当所洞岡第 2 高炉 (内容積 879m<sup>3</sup>, 公称 700 t 吹入昭和 31 年 10 月 5 日) でおこなつたもので、焼結原料中石灰石配合割合は 10% とし焼結鉱使用量は装入鉱石中 40%, 60%, 80%, 100% とし各々 1 カ月間維持して操業し昭和 33 年 7 月より 11 月にわたつておこなつたものである。試験期間は Table 1 に示す通りである。

Table 1.

		1958				
		Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
Sinter %	Schedule	40	60	80	80	100
	Actual	41.0	60.9	80.7	80.5	100

各期間の成績は鉱石切換などの影響を除くため最終日より 15 日間を取つた (ただし 11 月は 1 日より 20 日まで)。また 9 月は焼結工場で修理その他事故があつたため 10 月にふたたび 80% 使用をくりかえした。送風中湿度は 25 g/m<sup>3</sup> 一定に調湿するなど、操業条件はできるだけ一定とし、コークス比低下を主目標として操業した。

## III. 高炉操業実績概要

試験期間においては全般を通じ炉況は順調であつたが 9 月下旬に滓口破損事故を 2 回起した。この対策として砂鉄使用量を減じその後は良好な操業状態であつた。

装入原料の使用量、性状および高炉操業実績は Table 2~5 に示す通りである。(焼結鉱品質については第 I 報参照のこと)

## IV. 考 察

## (1) 出鉄量

今回の試験はコークス比に主目標を置いて操業したが石灰焼結鉱の増量とともに出鉄量が増加した。80% 使用試験では出鉄量を抑制するため減風しなければならなかつた。100% 使用試験ではさらに減風したが 1000 t/d (1.137 t/m<sup>3</sup>/d) 以上の出鉄をおこなつた。これはコークス比の低下によるものである。炉内の通風性は頗る良

好であるので出鉄量に重点を置けば非常に高い生産性を示すものと期待される。

## (2) コークス比

石灰焼結使用増加によつてコークス比を大巾に低下することができた。特に 100% 使用試験ではコークス比の顕著な低下が認められた。しかしながら石灰焼結鉱の性状によつてコークス比は大きく左右される。同じ石灰焼結 80% 使用においても 9 月と 10 月では非常に異り、9 月コークス比 0.624、10 月 0.593 となつている。この原因は焼結鉱強度が 9 月の方が 10 月よりも軟弱であつたためである。この対策として 10 月は硫酸滓の配合を 25% より 20% に下げ外地粉を増加して強度の向上を計り、さらに粉焼結鉱除去に努めた結果鉱石量をいちじるしく増加することができコークス比は低下した。

以上のことから石灰焼結鉱使用に当つては単に石灰石

Table 2. Raw materials used per ton pig.

Sort of materials	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.
Lime sinter	662	983	1,354	1,327	1,590
Korea	176	191	178	161	0
Washed Dungun	224	218	0	0	0
Primary Dungun	108	104	113	Srimedan 130	0
Goa	409	85	0	0	0
Mixed ore	34	33	32	30	0
Iron ore total	1,615	1,615	1,676	1,648	1,590
O. H. Slag	115	110	80	58	55
Lime stone	139	119	76	94	5
Metallic	0	0	0	0	31
Coke	650	628	624	593	529

Table 3. Ore size.

Month	Iron ore (without sinter)				Sinter				
	-10mm	10~50mm	+50mm	Mean	-6mm	6~10mm	10~50mm	+50mm	Mean
Jul.	28	63	9	27	No	Sample			
Aug.	19	68	13	31		//			
Sep.	15	70	15	33	31	27	34	7	17
Oct.	14	79	7	30	17	36	41	6	20
Nov.	—	—	—	—	10	36	42	12	24

Table 4. Coke quality.

Month	Ash	Dram index	Moisture	Size		Flue temp.
				+100mm	Mean	
Jul.	10.81	92.92	1.58	19.0	79.5	1157
Aug.	10.74	92.90	1.60	17.9	78.3	1151
Sep.	10.71	92.77	1.63	17.0	77.7	1182
Oct.	10.75	92.88	1.64	15.4	76.8	1177
Nov.	10.67	92.84	1.70	16.3	77.6	1186

Table 5. Operation data.

	Jan. Feb. Mar.mean	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
Lime stone in sinter mixture%	0	10	10	10	10	10
Sinter %	48	40	60	80	80	100
Pig production t/d	861	853	925	901	912	1,026
Cke ratio	632	650	628	624	593	529
Ore/Coke	2,476	2,482	2,573	2,686	2,779	3,006
Smelt/Coke	3,061	2,872	2,938	2,935	3,035	3,179
Slag ratio	474	498	484	534	523	453
Ore ratio	1,563	1,615	1,615	1,676	1,648	1,590
Blast m <sup>3</sup> /mn	1,191	1,163	1,149	1,112	1,036	1,009
Blast press g/cm <sup>2</sup>	848	1,015	938	890	808	670
Blast temp °C	786	819	835	795	825	871
Top gas temp °C	190	213	207	216	198	206
Top gas CO/CO <sub>2</sub>	1.54	1.60	1.63	1.65	1.49	1.39
Top gas CO <sub>2</sub> %	16.3	15.6	15.6	15.3	16.3	17.1
Slag CaO/SiO <sub>2</sub>	1.30	1.32	1.28	1.19	1.21	1.13
Pig Si %	0.71	0.60	0.60	0.64	0.61	0.68
Pig S %	0.022	0.022	0.022	0.026	0.024	0.033
Checking per 10 days	2.7	0	0	0	0	0
Flue dust kg/t	22	30	27	29	22	16
Charged S kg/t	5.91	5.11	4.91	5.11	5.16	3.91
Charged TiO <sub>2</sub> kg/t	13.3	13.8	17.0	18.2	11.4	15.7
Iron sand kg/t	117	106	155	172	88	145
Metallic kg/t	39	0	0	0	0	31

焙焼熱量の節約のみを目的としたのでは不十分で炉内通気性の向上あるいは還元性の向上をも考えなければ効果を上げることができないなお石灰焼結鉱使用量増加につれてコークス比低下率が増加して行くことは注目すべきことで、この原因については焼結鉱性状や炉内温度分布、装入分布などに関して検討を進めねばならないが、炉前における焼結鉱粒度から考えて普通装入鉱石に対する予備処理法に関しても多くの示唆を与えるものであろう。

### (3) 鉄成分および鉄滓成分

石灰焼結鉱使用操業の大きな特徴として鉄滓の脱硫能力の増加が挙げられる。鉄成分は Table 5 に示すように S および Si に大きな変化はないが石灰焼結増加とともに低塩基度で操業している。これにより添加石灰石量は減少し、造滓量も減少することになり石灰焼結鉱の大きな利益に挙げられる。この理由としては焼結過程において石灰の滓化がおこなわれているため炉内における反応が充分に行われるものと考えられる。このほか鉄成分としては P, Cu が漸次上昇し Mn がやや低下し、

鉄滓成分としては Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が低下し TiO<sub>2</sub> が増加した。

### (4) 炉頂ガス成分

Table 5 に見られるように 9 月までの実績では石灰焼結鉱の増加により CO<sub>2</sub> が減少し CO/CO<sub>2</sub> が増加している。この原因として石灰石分解により発生する CO<sub>2</sub> が減少したためと一応考えられるが 10 月の 80% および 11 月の 100% 使用試験では CO<sub>2</sub> の増加が認められる、これは間接還元が増加していることを示すものである。このことから焼結鉱の性状如何によつて石灰焼結鉱の効果が大きく変ることが想像される。Table 6 にカーボンバランスの推移を示す。

## V. 結 言

今回おこなつた石灰焼結鉱に関する操業試験の結果つぎのことがいえる。

1) 焼結原料中に 10% の石灰石を配合すると焼結成品の品質が低下する。特に強度が低下しやすく、この影響が強く高炉操業に作用するので強度の強い良質焼結鉱を造ることが第一条件である。

Table 6. Carbon balance.

	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov
Combustion C before the tuyere	401.4	379.0	381.9	362.8	310.6
Consumption C by H <sub>2</sub> O	30.7	29.1	29.3	27.8	7.8
Direct reduction of Mn, Si, P	10.4	10.8	11.1	10.7	11.1
C in pig iron	45.5	46.8	44.9	46.5	45.9
C in flue dust	5.4	4.5	4.8	3.6	3.6
Solution loss	81.0	99.3	80.0	73.2	83.9
Total	574.4	569.5	552.0	524.6	462.9

2) 石灰焼結鉱を増加すると出鉄量を増加しやすくなり、低コークス比で高い生産性を得ることができる。

3) 良質の石灰焼結を増加するといちじるしいコークス比低下をおこなうことができる、特に 100% 使用では相当な効果が期待できる。

4) 石灰焼結鉱を使用することにより銑鉄の炉内脱硫が良くおこなわれ低塩基度操業が可能である。

以上のように良好な石灰焼結鉱を多量に使用すれば、高炉の能率を飛躍的に増進することが認められたが、焼結鉱の物理的品位を高めることや、使用面にさらに検討を要するようで、今後とも研究を続けるつもりである。

(註 11月 100%石灰焼結使用試験 data は期限のため 20 日までの実績を記載した)

### (9) ラジオアイソトープによる高炉炉壁の侵蝕調査

#### Measurement of the Wear of a Blast Furnace Brick Work with a Radioactive Isotope.

Shiro Shono, et alii.

富士製鉄, 釜石製鉄所

工博富永在寛・八塚健夫・〇庄野四朗

#### I. 緒 言

高炉操業中に炉壁煉瓦の侵蝕状況をラジオアイソトープを用いて非破壊的に調査することは、すでに英国、ドイツその他において報告されている。これらの測定に利用されたアイソトープはすべて  $^{60}\text{Co}$  であるが、これは強い  $\gamma$  線を放出し 5.2 年という長い半減期を持っているため、この目的にもつとも適している。しかしその反面、放射線障害を生ずるおそれも大きいためその使用量はできるだけ少なくすることが必要である。

高炉煉瓦積に  $^{60}\text{Co}$  を埋め込みその侵蝕状況を測定する方法としては (1) 侵蝕により脱落した  $^{60}\text{Co}$  の放射能の消滅を炉壁外から検知する方法、(2) 高炉から出る銑鉄中にあらわれる放射能を検出する方法の 2 法があるが、後者についてはすでに当所でおこなっている高炉荷下り速度の測定から少量の  $^{60}\text{Co}$  で可能なことがわかつ

ており (1) の方法について基礎研究を重ねた結果、昨年 8 月に改修に入った当所第 10 高炉壁煉瓦積 11 個所に  $^{60}\text{Co}$  を埋め込み、11 月 18 日吹入とともに測定を開始した。

#### II. 吸収係数の測定

$^{60}\text{Co}$  を高炉煉瓦積に埋め込むと、その放射線は煉瓦目地、スタンプ材、鉄皮などにより吸収され外壁に達するまでには相当弱くなる。その減衰の割合は次式で表わされる。

$$I = I_0 e^{-\mu t} \dots \dots \dots (1)$$

式中  $I_0$  は初めの放射線強度、 $I$  は厚み  $t$  の物質を透過した後の放射線強度、 $\mu$  はその物質特有の放射線吸収係数である。この式から  $t$  と  $\log I$  とは直線関係にあるため両者を実測すれば  $\mu$  を求めることができる。そこで  $^{60}\text{Co}$  を用いて炉壁構成材料および装入物について吸収係数を測定した結果を Table 1 に示す。なおこれについては Voice ならびに Mintrop なども報告しているのでこれらを併記する。

これらのうち高炉煉瓦についての Voice の値は低すぎるように思われ、また焼結鉱およびコークスは粒度などの条件により異なるためそのまま比較することはできない。

#### III. 埋込量および埋込方法

これまでおこなわれた実験ではいずれも 1 個所に 1 個のみの  $^{60}\text{Co}$  を埋め込んだが、これを Fig. 1 のように中心線上に数個深さを変えて埋め込むと外壁で検出される放射線強度は各アイソトープ単独の場合の強度の和として示されるため、放射能の減少から炉壁侵蝕を連続的に測定することができると思われる。また Voice は 1 個所に約 10 mc, Mintrop などは 3~150 mc という大量の  $^{60}\text{Co}$  を使用しており、Voice によれば 34mc/100 t までは許されるといわれるが、できる限り少量に

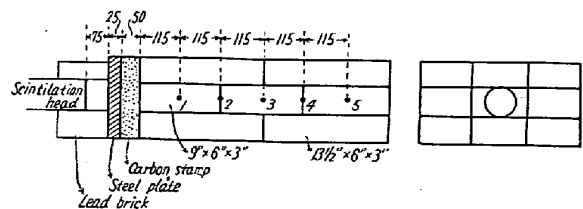


Fig. 1. Brick work of the B. F. shaft.

Table 1. Linear absorption coefficient ( $\text{cm}^{-1}$ )

	B. F Brick	Carbon brick	Steel plate	Sinter ore	Coke
By authors	0.104	0.075	0.35	0.075	0.025
"/ Voice	0.060	0.060	0.35	0.053	0.014~18
"/ Mintrop	0.097	0.059	0.34	—	—