

Table 2. Size distribution of sinter and coke.

Sinter (Sampling at second hot screen)							
	<5 mm	5~10	10~25	25~50	50~75	75<	Mean
1/'65~9/'65	2.92%	20.38	39.89	25.93	9.37	1.51	24.55 mm
10/'65~6/'66	4.54%	18.96	36.21	29.00	10.19	1.10	25.89 mm

Coke (Sampling at coke bunker)							
	<10 mm	10~20	20~30	30~50	50~75	75<	Mean
1/'65~9/'65	1.45%	6.71	16.16	60.20	14.83	0.65	38.88 mm
10/'65~6/'66	1.46%	6.51	17.66	65.39	8.82	0.08	37.24 mm

して突出を 200 mm としたのは羽口前速度を考慮したためである。この D 型羽口は 6 カ月の定期交換以外ほとんど破損していない。

3.2 D 型羽口使用時の実績

昭和 38 年 1 月から昭和 41 年 10 月までの操業実績を Fig. 3 に示す。

出銑量についてみると、昭和 38 年は最高月平均 579 t/day であったが、D 型羽口を使用して増風が可能になってから、昭和 40 年 2 月は 776 t/day (出銑比 2.37 t/day/m³、以下出銑比は () で示す) を出銑することができた。昭和 41 年 6 月には火入れ以来初めて月平均 804 t/day (2.47) となり同年 10 月には 830 t/day (2.55) の大台を突破することができた。

コークス比は増風に伴う送風温度の低下から漸次上昇せざるを得なくなり、昭和 38 年 1 月は 410 kg/t-pig であったものが昭和 41 年 10 月は 501 kg/t-pig と約 90 kg/t-pig の増加になっている。これは送風温度が昭和 38 年 1 月の 1018°C から昭和 41 年 8 月の 850°C まで 168°C も下り、増風によって酸素富化率を 4.3% から 2.0% まで下げているため、重油比も 78 kg/t-pig から 27 kg/t-pig に減少せざるを得なくなつたためである。

[Si] については昭和 41 年 10 月の本操業法確立の段階において、規格 0.40~0.80% に対し初めて 82% の合格率となり、P/V については、昭和 38 年 1 月は 1.48 であったが、昭和 41 年 10 月は 1.16 となり、増風後 P/V は大巾に低下している。

送風量と風圧の関係についてみると、Fig. 4 に示すように D 型羽口のほうが同一風量においても風圧を低くすることができる。Fig. 4 と同一期間の装入物粒度については Table 2 に示すようにほとんど同じであるから、P/V の低下にはほぼ関係がないことがわかる。

4. 結 言

近年製銑技術の進歩はめざましいものがあるが、送風羽口についてはあまり研究されていないように思える。筆者らは長年羽口による高炉々況改善の研究を進め、ここに楕円羽口を垂直面で斜断して送風出口断面を扁平卵形となし、先端に向かつて八の字に開いた D 型羽口を開発して、昭和 41 年 10 月に月平均出銑量 830 t/day、出銑比 2.55 t/day/m³ の好成績を上げることができた。

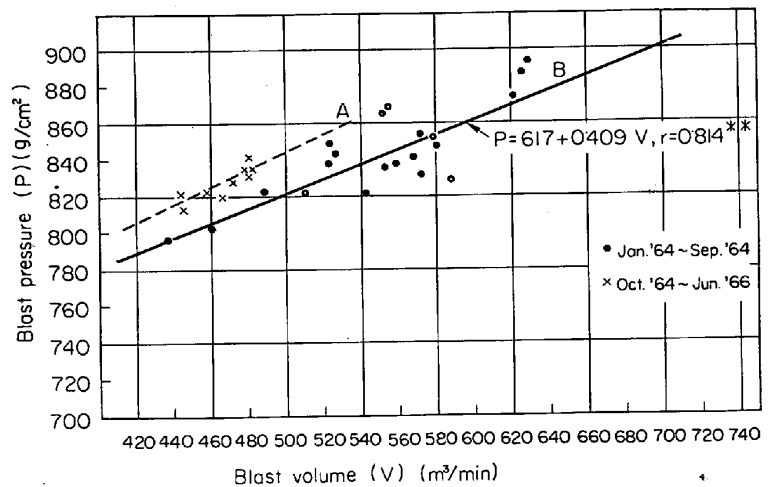


Fig. 4. Relation between blast volume and blast pressure.

文 献

- 1) 児玉, 重見, 緒方, 堀尾: 鉄と鋼, 48 (1962) 12, p. 1555
- 2) A. D. GOTLIB: 高炉製銑法の理論, (1966), p. 323, 日本鉄鋼協会
- 3) 堺千代次: 特許公報, 昭 30-3201, (1955)

(52) コークスペース変更による炉況調整について

富士製鉄, 技術開発部 若林敬一
 〃 広畑製鉄所

嶋田駿作・江崎 澣・○高城俊介

The Blast Furnace Operation with Changing Coke Base

Keiichi WAKABAYASHI, Shunsaku SHIMADA
 Kiyoshi ESAKI and Shunsuke TAKAGI

1. 緒 言

高炉の炉況を支配する要因は数多くあるが、炉頂部における装入物の分布も非常に大きな影響を与えることが認められており、装入物分布に関する実験も古くから多く行なわれている。しかし、実際に高炉に適用して、炉況改善を行なつた例の報告は比較的少ないようである。

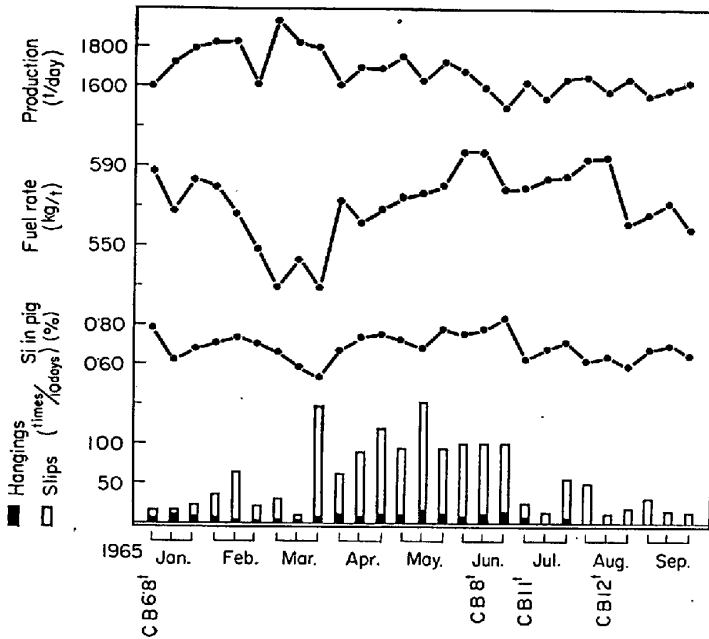


Fig. 1. Operation data of Hirohata No. 1 B F in 1965. C. B.=coke base

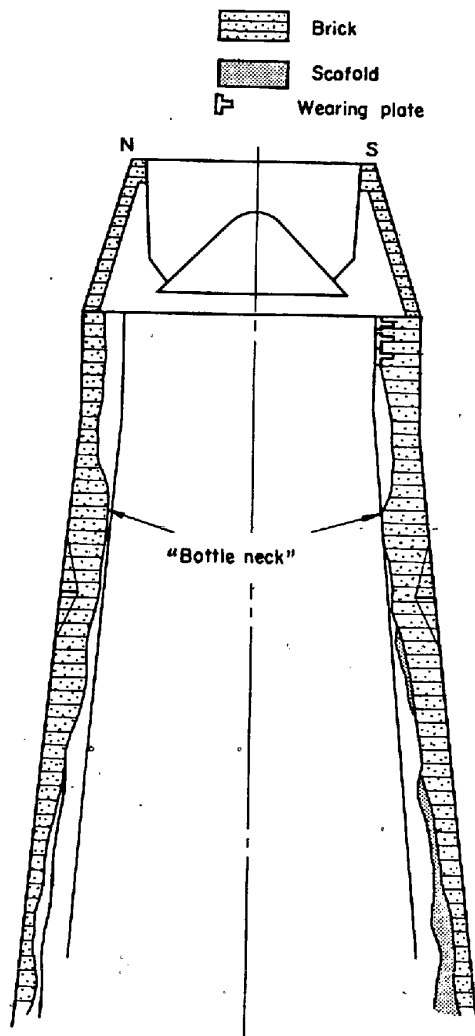


Fig. 2. Falling off of wearing plates forming the "bottle neck".

当所では、昭和40年6月、第4次1BFの炉頂部損傷に対処すべく、コークスペースの変更を行なつて装入分布を改善し、炉況恢復、出鉄増、コークス比減などの顕著な効果を得ることができた。さらに、この結果を3BFにも適用し、同様の好結果を得た。ここにその概要を報告する。

2. コークスペース変更の効果

当所第4次1BFは、昭和32年6月に火入れを行なつたが、昭和40年3月頃(累計出鉄415万t)より、炉況が著しく悪化した。Fig.1に1BF炉況推移を示す。5月の予定休風にて炉頂部点検の結果、鉍石受金物の脱落が認められ、また、シャフト壁厚測定の結果、Fig.2に示すごとき「クビレ」部分ができていたことが推定された。炉況悪化の原因は、鉍石受金物の脱落による炉口径の拡大に伴う装入分布の不適正と考えられた。また、シャフトガス圧力測定によれば、棚はクビレ部分でかかっていることが推定された。そこで装入物分布の適正化をはかるために、コークスペースを上昇し、鉍石受金物脱落前に近い分布が得られるように、装入方法の変更を行なうこととした。

6月20日、コークスペースを6.8tから8.0tに上昇した結果、Photo.1に示すごとく、それまでの炉況不調はまったく解消した。さらに、コークスペースを11t、12tと漸次厚くした結果、炉況は目に見えて好転した。この結果から3BFのコークスペースも厚くする方がよいと判断し、8tを13.2tに上げたところ、シャフトの冷却盤破損が頻発し、100tに下げざるを得なくなった。

コークスペース変更に伴う1BF、3BFの操業結果を、Table1に示すが、3BF13.2tベースの場合、冷却盤トラブルはあつたが、コークス比は最も低く、出鉄量も休風補正を行なえば最も多い。

Table1からいえることは、コークスペースが上昇するにしたがつて、

- (1) 出鉄増が得られる。
- (2) 炉頂ガス比がよくなり、コークス比が下る。
- (3) 棚スリップが減少する。
- (4) 風圧が上昇する。
- (5) 炉況変動が少なくなるため、Siのレベルを下げ得る。
- (6) あまり厚くしすぎると、冷却盤トラブルが起こる。

などである。

3. 考 察

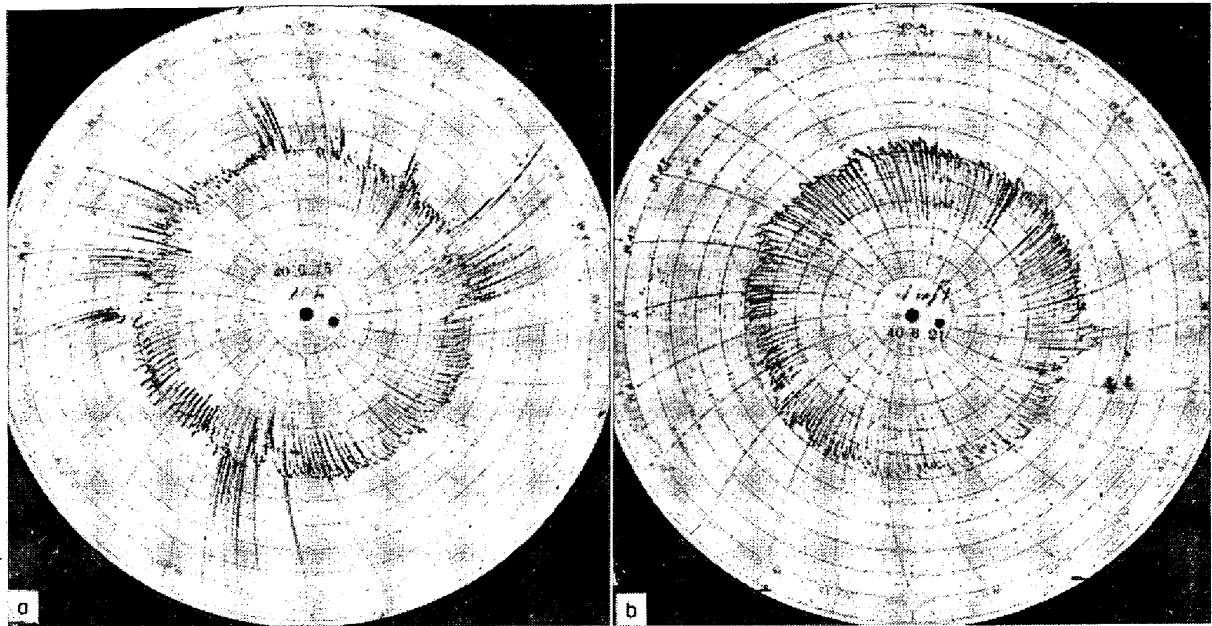
3.1 コークス比減、風圧上昇について

コークスペースを上昇することによるコークスと鉍石の分布状態の変化を考えると、

- (1) 単純に層厚が上昇する場合
- (2) 偏析が減少する場合

の2つが考えられる。すなわち、模型的に考えると、Fig.3a(モデルI、単純な層厚上昇)および、b(モデルII、偏析減少)のごとき2つの場合である。

充填塔における圧降下の式を高炉に適用させた。S. ERGUNの式¹⁾



a Before increasing coke base (Jun. 15, 1965) b After increasing coke base (Jun. 21, 1965)

Photo. 1. Variation of top gas pressure.

Table 1. Influence of coke base on the blast furnace operation (No. 1 and 3 BF).

BF (Throat diameter)	1 BF (7.5 m*1)				3 BF (6.5 m)		
Coke base (t)	6.8	8.0	11.0	12.0	8.0	10.0	13.2
Period	Jun. 1~ Jun. 20	Jun. 21~ Jul. 7	Jul. 8~ Jul. 18	Sep. 1~ Sep. 30	Jul. 1~ Jul. 20	Aug. 1~ Aug. 31	Jul. 21~ Jul. 29
Mean thickness of coke layer*2(mm)	350	397	566	618	536	669	974
Iron production (t/day)	1631	1532	1630	1612	2233	2279	2148
Corrected iron production*3(t/day)	1633	1606	1630	1700	2302	2323	2360
Coke rate (kg/t)	559	540	539	526	515	502	486
Oil rate (kg/t)	37.5	37.0	47.7	45.8	43.0	41.1	39.6
CO ₂ in top gas (%)	15.1	16.8	16.5	17.1	17.5	18.9	18.3
Si in pig iron (%)	0.76	0.73	0.70	0.67	0.63	0.60	0.67
Blast volume (m ³ /min)	1796	1765	1797	1791	2331	2334	2310
Blast pressure (kg/cm ²)	1.105	1.050	1.123	1.308	1.292	1.396	1.446
Blast temperature (°C)	934	963	927	949	954	983	958
Blast humidity (g/m ³)	22.5	29.9	31.8	33.5	33.6	36.7	37.3
Top gas temperature (°C)	252	218	226	195	191	194	160
Hanging (times/day)	0.80	1.12	0	0.07	0	0.23	0.44
Slips (times/day)	8.65	6.12	0.53	1.87	0.10	0.80	0.89
Sinter rate in burden (%)	56.1	60.4	46.9	60.6	61.1	68.6	72.4
Slag rate (kg/t)	293	321	284	333	330	335	345
Corrected coke rate*4 (kg/t)	555.7	534.1	528.6	514.5	513.2	507.7	474.4

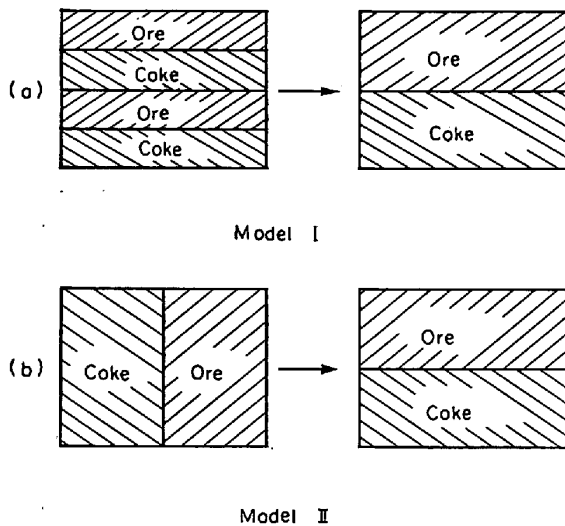
Factor	Base		Correcting conditions		Factor	Base		Correcting conditions	
	1 BF	3 BF	Variation	C. R. (kg/t)		1 BF	3 BF	Variation	C. R. (kg/t)
Oil rate (kg/t)	40	40	±1kg/t	±1.2	Slag rate (kg/t)	300	335	±1kg/t	±0.5
Si in pig (%)	0.70	0.60	±1%	±0.70	Blast temp. (°C)	950	970	±1°C	±0.3
Sinter rate (%)	60	65	±1%	±0.7	Blast humid. (g/m ³)	30	35	±1g/m ³	±1.2

*1 Assumed diameter at lack of wearing plates

*2 Mean thickness at the throat (bulk density of coke; 0.45 t/m³)

*3 Corrected for lost time

*4 Corrected with following conditions



Model I Coke and ore layers are simply thickened
Model II Segregation of layers is lessened

Fig. 3 Schematic models of an increase in coke base.

$$\Delta P = P_i - P_e = \sqrt{P_e^2 + k \left(\frac{F}{A} \right)^2 \frac{Z}{D} \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \right)} - P_e \dots (1)$$

P_i : 炉底圧

P_e : 炉頂圧

F : ガス流量

A : 系断面積

Z : 高さ

D : 粒子径

ϵ : 空隙率

k : 温度, 流体摩擦係数にかかわる const.

を用いて, 両モデルの場合の圧損失を計算すると, モデル I のごとき変化の場合は, 圧損失は変化なく (風圧上昇なし), モデル II の場合は圧損失が大きくなる (風圧上昇がある).

実際の場合は, 風圧が高くなっており, モデル I と II の中間の効果が出ているものと考えられる. また, コークス比については, モデル II のごとき変化があつた場合は, 炉内上昇ガスが鉱石層をより多く通るようになる結果, 還元が進み, コークス比低下が得られる.

3.2 棚, スリップの減少について

コークスペース上昇により, モデル I のごとき変化が起こる場合は, 炉内ガスの分布が均一化され, ガス上昇速度が遅くなる結果, 棚, スリップが起こりにくくなると考えられる.

3.3 冷却盤トラブルについて

3BF において, 13.2 t ベースにした場合, 冷却盤からのガス噴出, 破損が頻発したが, 従来からコークスペースを上げると外部操作になるといわれており, 実験的にも証明されている²⁾. すなわち, コークスは鉱石に比し, 内部に流れ込みやすいため, 外部は内部に比して, ore/coke が高い. この差は, コークスペースが低い程大きくなるということが実験的に確かめられているが²⁾, コークスペース増大によつて, 鉱石単位装入量が増え, 鉱石が内部に流れ込みやすくなり, 相対的に周辺部コークスが多くなる. すなわち, モデル II のごときガス流の均一化は, 内部が減り, 外部が増えるという方向に行なわれる. この度合がすぎると, 冷却盤トラブルが起こるわけである.

4. 結 言

当所第4次 1BF の炉頂部損傷対策として, コークスペースを高めた結果, 好成績を得ることができ, 3BF にも同様な結果が得られた. コークスペースを上げた場合の効果は,

- (1) 出鉄増
- (2) コークス比減
- (3) 棚, スリップ減少
- (4) 風圧上昇
- (5) Si ベースを下げ得る.
- (6) あまり厚くしすぎると, 冷却盤トラブルが起こる.

などである.

この効果の原因は, コークスペースを上げることにより, ore/coke が炉断面で均一化されるためである.

文 献

- 1) S. ERGUN: Ind. Eng. Chem., 45 (1953), p. 477
- 2) 児玉, 重見, 斧, 彼島: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1594