

ングすることを計画している。

- (2) 粘性鉱石篩分法の改善
- (3) 副原料のサイジングの改善

(3) 高炉送風への蒸気添加の効果について

日本鋼管川崎製鉄所

鈴木 驍一・林 泰生
前田 一徳・渋谷 悌二

Effect of Steam Injection into the Blast Furnace.

Gyoichi SUZUKI, Yasuo HAYASHI,
Kazunori MAEDA and Teiji SHIBUYA

I. 緒 言

近年どこの高炉でも蒸気添加により、調湿操業、高風熱操業、酸素富化操業などを行なっている。これは蒸気添加により羽口先温度をコントロールして炉況を安定させ、高操業度、高風熱、酸素富化操業などを可能にし、生産性の向上、コークス比の低下を意図しているものである。

ここに我々は蒸気添加の効果を再確認するために、酸素および水蒸気を添加する場合の理論計算と、実際操業における効果の関係を解析したのでこれを報告する。

II. 理論計算

(A) 羽口先の理論燃焼温度

理論燃焼温度を $T^{\circ}\text{C}$ とすると、

$$T = (2340 + Q + Bt + Q_c) / (C_g \times v_{\text{total}}) \dots (1)$$

Q ; $\text{C} \rightarrow \text{CO}$ 以外の反応の熱収支

Bt ; 送風の持込熱量

Q_c ; 羽口先へ下るコークスの持込熱量

C_g ; ボッシュガスの比熱

v_{total} ; ボッシュガス量 N_m^3/kg 燃焼カーボン

2340; 燃焼カーボン kg 当りの熱発生量

ここで、

$$Q = -2580v_{\text{H}_2} = -2580(0.9333 \times (22.4/18000)G) / (0.21 + (11.2/18000)G + (1 + 0.00102G)Q_o/Q_m) \dots (2)$$

$$Bt = 0.9333T_b \{ C_b + (22.4/18000)G \cdot C_{\text{H}_2\text{O}} + (1 + 0.00102G)(Q_o/Q_m)C_{\text{O}_2} \} / \{ 0.21 + (11.2/18000)G + (1 + 0.00102G)Q_o/Q_m \} \dots (3)$$

$$Q_c = 0.75T \times 0.4 \dots (4)$$

ただし、

v_{H_2} ; ボッシュガス中の H_2 N_m^3/kg 燃焼カーボン

T_b ; 送風温度 $^{\circ}\text{C}$

Q_o ; 酸素添加量 N_m^3/mn

Q_m ; 計器送風量

G ; 乾送風中の水蒸気 g/N_m^3 乾燥空気

$C_b, C_{\text{H}_2\text{O}}, C_{\text{O}_2}, C_g$; 乾送風, 水蒸気, 酸素, ボッシュガスのおのおのの比熱.

0.4; コークス比熱.

しかし羽口先降下コークス温度を $0.75T$ と仮定する。これを整理すると、

$$T = \{ 2340[M] - 2.638G + 2.465 + (249.5 + 0.2490G)Q_o/Q_m \} / \{ 0.383 + 0.00079G + (0.634 + 0.000324G) \times Q_o/Q_m - 0.3[M] \} \dots (5)$$

$$[M] = 0.21 + (11.2/18000)G + (1 + 0.00102G) \times Q_o/Q_m \dots (6)$$

(B) 燃焼コークス中の C kg 当りボッシュガス生成量 (N_m^3)

$$v_{\text{CO}} = 1.8667 \dots (7)$$

$$v_{\text{H}_2} = \{ 0.9333 \times (22.4/18000)G \} / \{ 0.21 + (11.2/18000)G + (1 + 0.00102G) \times Q_o/Q_m \} \dots (8)$$

$$v_{\text{N}_2} = (0.9333 \times 0.79) / \{ 0.21 + (11.2/18000)G + (1 + 0.00102G)Q_o/Q_m \} \dots (9)$$

$$v_{\text{total}} = v_{\text{CO}} + v_{\text{H}_2} + v_{\text{N}_2} = 0.9333 \times \{ 1.21 + (2 \times 22.4/18000)G + 2(1 + 0.00102G)Q_o/Q_m \} / \{ 0.21 + (11.2/18000)G + (1 + 0.00102G)Q_o/Q_m \} \dots (10)$$

$v_{\text{CO}}, v_{\text{H}_2}, v_{\text{N}_2}, v_{\text{total}}$; おのおのボッシュガス中の $\text{CO}, \text{H}_2, \text{N}_2$ およびボッシュガス量/ $\text{kg} \cdot \text{C}$

(C) 還元ガスの量

$$v_{\text{H}_2} + v_{\text{CO}} = v_{\text{red}} = 0.9333 \{ 0.42 + (2 \times 22.4/18000)G + 2(1 + 0.00102G)Q_o/Q_m \} / \{ 0.21 + (11.2/18000)G + (1 + 0.00102G) \times Q_o/Q_m \} \dots (11)$$

(D) 出鉄量、コークス比の検討

標準状態として出鉄量 1050 t/日 , コークス比 0.620 , $Q_o/Q_m = 0, G = 15, v_{\text{total}} = 5.31, v_{\text{red}} = 1.944$ を考える。コークス中のカーボンの内訳は、羽口先燃焼カーボン $C_{\text{comb}} = 404$, ソリューションロスカーボン; $C_{\text{sol}} = 85$, ダストロスカーボン; $C_{\text{dust}} = 7$, 不純物還元カーボン; $C_{\text{input}} = 11$, 銑鉄中へ入るカーボン; $C_{\text{pig}} = 43$, 合計 550

kg/t-pig.

条件として、時間当りのボッシュガス量および銑鉄t当りの還元ガス量を次のように考える。

$$P \cdot C_{\text{comb}} \cdot v_{\text{total}} = 404 \times 5 \cdot 31 \times 1050 \dots\dots\dots(12)$$

$$C_{\text{comb}} \cdot v_{\text{red}} \geq 404 \times 1 \cdot 944 \{1 + (P - 1050) \times 0 \cdot 00265 / 15\} \dots\dots\dots(13)$$

ただし、

P; 出銑量 t / 日

C_{comb}; 出銑t当り羽口先燃焼カーボン

0.00265; 従来の実績から、出銑増 15 t / 日について
 コークス比は 2 kg 上昇する。その内訳は、
 C_{sol} = 0.7 kg, C_{comb} = 1.07 kg で還元ガス量は

0.265%増加する。

この関係を整理すると、

$$C_{\text{comb}} \geq 640 + 0 \cdot 139P / v_{\text{red}} \dots\dots\dots(14)$$

$$C_{\text{comb}} = 2260 \times 10^8 / P \cdot v_{\text{total}} \dots\dots\dots(15)$$

$$C_{\text{sol}} = 85 + (P - 1050) 0 \cdot 7 / 15 \dots\dots\dots(16)$$

$$C \cdot R = (C_{\text{comb}} + C_{\text{sol}} + 61) / 0 \cdot 887 \dots\dots\dots(17)$$

0.887; コークス中固定炭素

(5) 式から送風中湿分 15 g / m³ の時の同燃焼温度線
 を求めこれに相当する水蒸気、酸素の比率によつて変化
 する v_{total}, v_{red}. を (10) 式, (11) 式より求める。次
 に (14) 式, (15) 式を満足する P, C_{comb}. を求め (16)
 式 (17) 式よりコークス比を計算する。これらの関係を

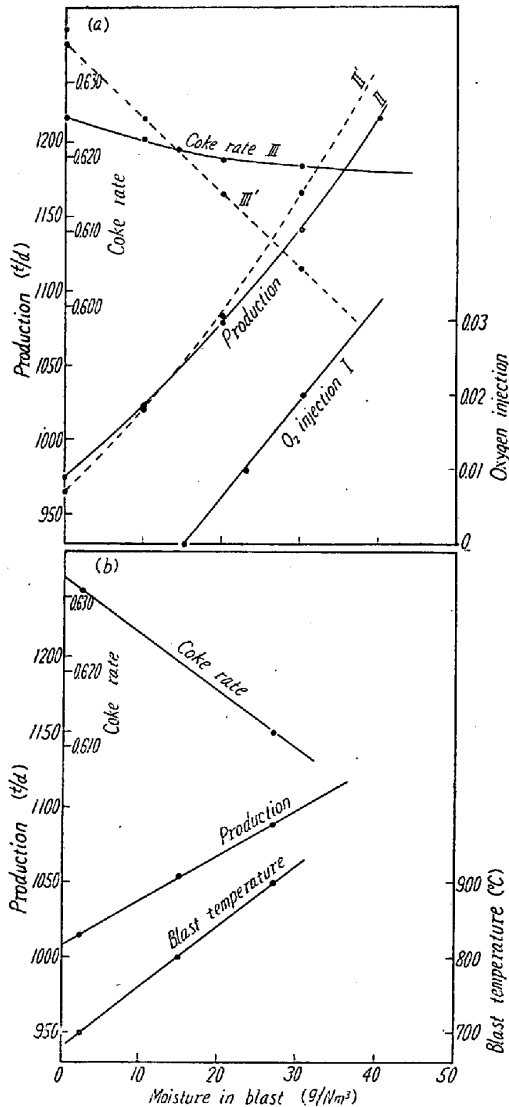


Fig. 1. (a): Variation of production and coke rate for oxygen and steam injection.
 (b): Variation of production and coke rate for steam injection.

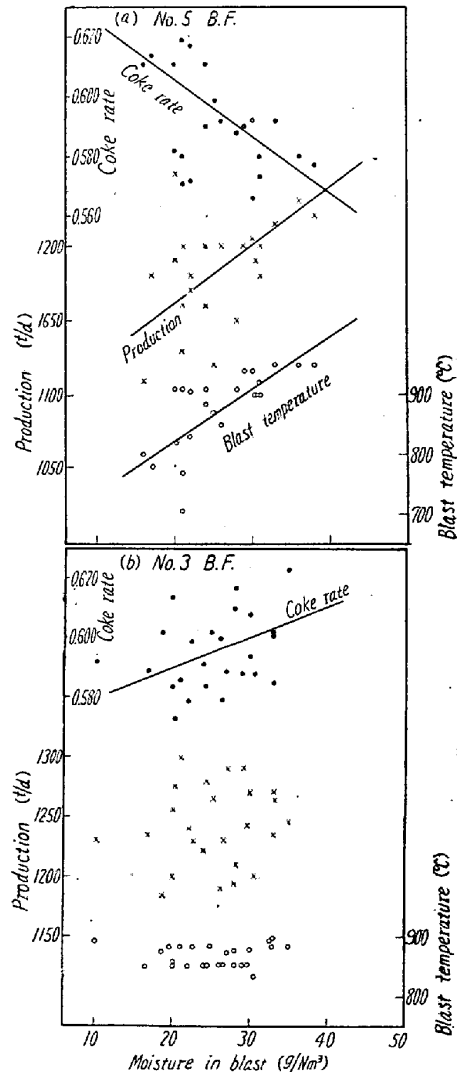


Fig. 2. (a): Variation of production and coke rate for steam injection (No. 5 BF).
 (b): Variation of production and coke rate for steam injection (No. 3 BF).

Fig. 1 (a) に示す. すなわち Fig. 1 (a) の I によつて酸素, 水蒸気の比率を変化せしめると, 操業に支障を来すことなく出銹量, コークス比のおおのこに II, III にしたがつて変化することが示される. もし相当の巾にわたつて操業度を高めてもソリューションロスが不変とすれば, Fig. 1 (a) の点線で表わす関係になる. (I'III') 一方相当の中で送風温度を上げることが出来れば酸素のかわりに送風温度で熱量を補うことにより Fig. 1 (b) のように, 水蒸気の添加にしたがつて出銹量, コークス比が変化する.

III. 操業実績および考察

実際操業における蒸気添加の効果を見るために, 送風中水分に対するコークス比, 出銹量, 送風温度の関係を求めたのが Fig. 2 (a) (b) である. Fig. 2 (a) は, 5 高炉における関係で各効果の傾向が理論値と良く一致している. Fig. 2 (b) の 3 高炉の場合, 原料事情により, 炉況不安定で, そのため蒸気量を増して安定化をはかつた時期である. 図に示すように送風温度一定であるためコークス比は上昇しているが出銹量は確保し得た. 風熱を下げて炉況調整をした場合よりは, コークス比上昇も少なかつたと思われる. いずれにしても送風熱上昇, あるいは酸素富化を行なう時に蒸気添加を行えば, 炉況を悪化せしめることなしに操業を可能にし, かつ Fig. 1 (a) (b) に示す効果が期待され, また風熱が一定限界に達すれば, 炉況のゆるすかぎり, 低湿分で操業することが有利である.

IV. 結 言

送風温度上昇, 酸素富化を行なう時, 蒸気添加により炉況を悪化することなしに Fig. 1 (a) (b) に示す効果が期待されるが, 送風温度一定において, 送風中湿分を増すことは, コークス比上昇の傾向を示す. したがつて炉況の許すかぎり, 送風中湿分は少い方が, コークス比は減少するであろう.

(4) 溶鋳炉各羽口風量に関する二, 三の検討

富士製鉄広畑製鉄所

若林敬一・中山一之・江崎 濂

○神原健二郎・二杉恵造

Studies on Blast Distribution into Blast Furnace Tuyeres.

Keiiti WAKABAYASHI, Kazuyuki NAKAYAMA,

Kiyosi EZAKI, Kenjiro KANBARA,

and Tokuzo NISUGI

I. 実験方法および結果

(1) 各羽口風量

広畑 No. 2 高炉で羽口流量の測定を行なつたが, その期間中の操業実績を Table 1 に示す.

各羽口から溶鋳炉内に送入される風量は相当異つていることが想像される. この実態を把握するためステンレス製のピトー管を作り広畑 No. 2 高炉羽口全部に Fig. 1 のごとく装置し風量の測定を行なつた. 各羽口風量の分布の不均一性は常に一定したものではなく時間とともに変動してゆき, この変化は短時間にいちじるしく行なわれる場合と比較的ゆつくり変動してゆく場合とがある. 概してきわめて急激な変動が生じた場合は炉況の悪化と一致するようである.

(2) 送風支管部風圧と羽口風量との関係

全送風量が一定であつても各羽口風量は炉内の状態により逐次変化してゆくことは前述の通りであるがこのように羽口風量が変わつてゆく時の送風支管各部 (Fig. 1 M_0, M_1, \dots, M_5) の風圧変化を測定しその 1 例を図示したのが Fig. 2 である. これからみると羽口風量が変わつても支管部風圧は必ずしもこれと対応して変化はしていないことが知られる. すなわち支管部の風圧のみからでは羽口風量は推定出来ないのである.

そこで Fig. 2 の $M_1 \sim M_5$ 間の圧力変化がある傾向

Table 1. Operation data of No. 2 blast furnace at Hirohata Works.

Periods:	1958 April	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.
Daily production (t/day)	1,039	1,027	1,014	1,021	1,059	1,139	1,215
Coke ratio	0.633	0.634	0.632	0.614	0.620	0.640	0.619
Ore/coke	2.38	2.44	2.47	2.57	2.53	2.40	2.52
Blast volume (Nm ³ /mn)	1,319	1,320	1,255	1,266	1,278	1,440	1,478
Blast pressure (g/cm ²)	911	889	857	830	901	1,018	1,032
Blast temperature (°C)	728	750	776	763	823	860	865
Si % in pig	0.68	0.76	0.69	0.69	0.63	0.72	0.65
S % in pig	0.026	0.025	0.024	0.023	0.030	0.024	0.026
Mn % in pig	1.14	1.10	0.96	1.12	1.05	1.15	1.01
Slag basicity (CaO/SiO ₂)	1.25	1.28	1.32	1.28	1.27	1.32	1.32