

的には増加する傾向にあるが、炉胸下段付近において、一時急激に増大し最高値に達する徴候がある。

(2) 揮発分も炉内を下降するに当たって漸減すると見られるが、これも灰分の場合と同様に炉胸下段付近で、一時増大し最高の値を示した。

(3) このコークス性状の特異の現象について考察し、この現象は炉胸下段付近においてみうけられたアルカリ性成分の循環現象と密接な関係があると推定された。

文 献

- 1) 城, 井田: コークス技術年報, (燃協編), 9, (1959), p. 107; 46 (1960), p. 1155
- 2) 城, 井田: 鉄と鋼, 51 (1965) 4, p. 694

(49) コークス消費速度の高炉操業管理への適用

八幡製鉄, 技術研究所

工博 児玉 惟孝・堀尾竹弘・○彼島秀雄

Application of Coke Consuming Velocity to Blast Furnace Operation Control

Dr. Koretaka KODAMA, Takehiro HORIO and Hideo KANOSHIMA

1. 緒 言

高炉操業管理にあたって、吹製鉄種に応じた炉熱バランスを維持することは、円滑な炉況を保つために必要である。このためには炉熱に大きな影響を有し、変動量の大きい炭素ソリューション反応量を検出することが必要であるが、炭素バランスの面からみて送風量、送風中加湿蒸気量、コークス中固定炭素など人為的に設定しうる操業変数あるいは事前に把握しうる諸因子を管理し、同時に刻々変化するコークスの消費速度を検出することができれば、ソリューションロス量を知ることができ、炉熱をコントロールできると考えられるので、理論式を誘導して実際操業との関連性を調べた。

2. コークス消費速度とソリューションロス反応量との理論的關係

炭素バランス、酸素バランスから検討するが、実操業との対応を調べる場合、時間あたりで各種バランスを取る方が軽便であるので、本報では 1 min あたりで検討する。

2.1 炭素バランス

$$R_C \cdot C_f + F \odot V_b = AV_b = AV_b - R_C L_R L_L 12/44 + [C] \cdot R_p \dots (1)$$

ガス化炭素バランス

$$AV_b = 1.071(0.21 + O_e) V_b + D_1 V_b + R_C L_R L_L 12/44 + C' V_b \dots (2)$$

R_C : コークス消費速度, kg/min

C_f : コークス中固定炭素

F : 重油吹き込み量, kg/Nm³-air

\odot : 重油中炭素含有量

$A = (0.79/N_2) \cdot (CO + CO_2) 12/22 \cdot 4$: 送風 1 Nm³ あたりに相当する炉頂ガス中の全炭素, kg/Nm³

V_b : 送風量, Nm³/min

L_R : 石灰石装入量, t/t-coke

L_L : 石灰石イグニッションロス, %/100

$[C]$: 銑鉄中炭素濃度

$R_p = 10^3 O' V_b / [O]$: 銑鉄生成速度, kg/min

O' : 1 Nm³-air 当たりの被還元酸素量, kg/Nm³

$[O]$: 銑鉄 t 当たり還元さるべき酸素量, kg/t

O_e : 酸素富化濃度, %/100

$D_1 = M(12/18) \cdot (1/1000)$: 1 Nm³-air あたりの加湿蒸気から入る酸素により還元される炭素量, kg/Nm³

M : 加湿蒸気量, g/Nm³

C' : 1 Nm³-air あたりの直接還元炭素量, kg/Nm³

(1) 式より

$$R_C = [A + O' [C] / [O] - F \odot \cdot V_b / [C_f + L_R L_L (12/44)] \dots (3)$$

2.2 酸素バランス

$$O' V_b = O_D V_b + O_I V_b + O_H V_b \dots (4)$$

$O_D V_b = (16/12) C' V_b$: 直接還元によつて還元される酸素量, kg/min

$O_I V_b = (16/12) \eta_{CO} [C' + 1.071(0.21 + O_e) + D_1] V_b$: CO にて間接還元される酸素量, kg/min

$O_H V_b = \eta_{H_2} [D_2 + (16/2) F \oplus]$: 水素によつて還元される酸素量, kg/min

水素による還元は明確に把握できないのが普通である。ここでは羽口より入る水素のみが還元にあずかると考え、その還元利用率を η_{H_2} とする。

$D_2 = M(16/18) \cdot (1/1000)$, \oplus : 重油中 H₂ 濃度

η_{CO} : CO の還元利用率

したがつて (4) 式から O' は η_{CO} , η_{H_2} をパラメータとして C' と次の関係を有する。

$$O' = (4/3) (1 + \eta_{CO}) C' + \eta_{CO} [1.429(0.21 + O_e) + D_2] + \eta_{H_2} (D_2 + 8F \oplus) \dots (5)$$

(3) 式に (2) 式および (5) 式を代入して整理するとコークスの消費速度とソリューションロス反応量との関係が求められる。

$$C' = [(R_C \cdot C_f / V_b) + F \odot - 1.071(0.21 + O_e) - D_1 - ([C] / [O]) \{ \eta_{CO} [1.429(0.21 + O_e) + D_2] + \eta_{H_2} (D_2 + 8F \oplus) \}] / (1 + (4/3) (1 + \eta_{CO}) ([C] / [O])) \dots (6)$$

2.3 熱レベル

当所の研究結果によると¹⁾ 吹製鉄種が一定している場合きわめて高い寄与率で次式が成立することが認められている。

$$q_2 M + q_3 C' + q_5 F = m C_p T + k \dots (7)$$

q_2 : H₂O + C → H₂ + CO 反応熱, kcal/g H₂O

q_3 : C + CO₂ → 2CO 反応熱, kcal/kg C

q_5 : 重油分解熱, kcal/kg-Oil

C_p : 熱風の平均比熱, kcal/Nm³·°C

T : 熱風温度, °C

m, k : 常数

左辺は吸熱反応(出熱項)、右辺は入熱項であるが、(7)式が高度の相関関係で成立することから、高炉の熱的条件は大きな操業条件の変化がない限り、送風湿度、送風温度、ソリューション反応量の三つで代表されること

を示している。

一方 Si の還元は熱レベルに大きな影響を受けると考えられるから、(7) 式の入熱項と出熱項の差 k にほぼ比例することが考えられる。

以上のことから明らかなごとく、コークスの消費速度と η_{CO} 、 η_{H_2} の変化を検出することによつて熱レベルを媒体として Si の制御が可能と考えられる。

3. コークス消費速度の検出

高炉が定常状態にある場合、コークスの消費速度はある程度の誤差を認めれば、装入回数あるいは装入物の降下速度に比例する。当所東田 6BF に装入物降下速度計を考案設置し単位時間あたりの降下量を検出した。1日あたりの装入回数と装入物降下指数との関係を Fig. 1 に示した。両者の間には原点を通る直線関係が成立する。今、1 チャージあたりの装入コークス量を C_0 (kg/charge) とするとコークス消費速度 R_C は次式で表示できる。

$$R_C = 0.932 \cdot (C_0/60) I_D \dots \dots \dots (8)$$

I_D : 1 hr 当たり装入物降下指数

4. 日常操業への適用

東田 6BF において装入物降下指数を検出し、上記数式を使用して Si との対応を検討した。解析期間中炉況は比較的良好であり、送風温度、重油吹き込み量は一定であり、炉熱調整は送風湿度および ore/coke で行なわれた。したがつて本報において Si との対応を検討するにあつて、連続操業に伴う時系列を考慮して各要因の前回からの変化量と Si の変化量との関連性を求めることとし、(7) 式を参考にして次の構造式で検討した。

$$\Delta Si = -a_1 \Delta C' - a_2 \Delta M$$

ΔSi : Si の変化量, %/100

$\Delta C'$: ソリューションロス炭素の変化量, kg/Nm³

ΔM : 送風湿度の変化量, g/Nm³

昭和 41 年 9 月 10 日~9 月 18 日間のデータについて検討した結果を Fig. 2 に示した。この結果から装入物の降下指数を検出することによつて炉熱の動向をかなり正確に推定することができ、日常の操業管理に適用することができる。

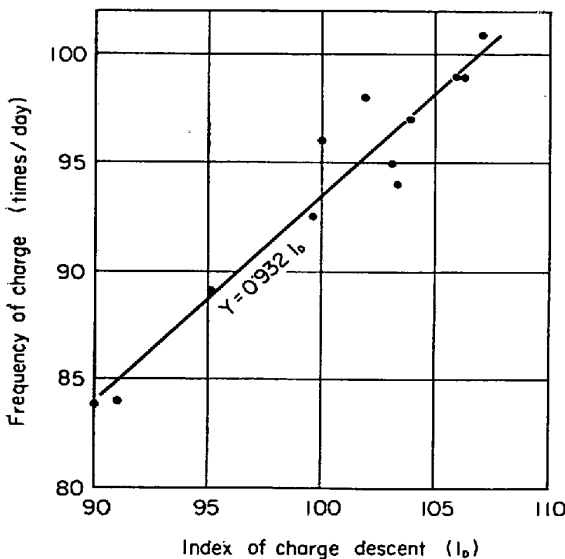


Fig. 1. Relation between index of charge descent and frequency of charge.

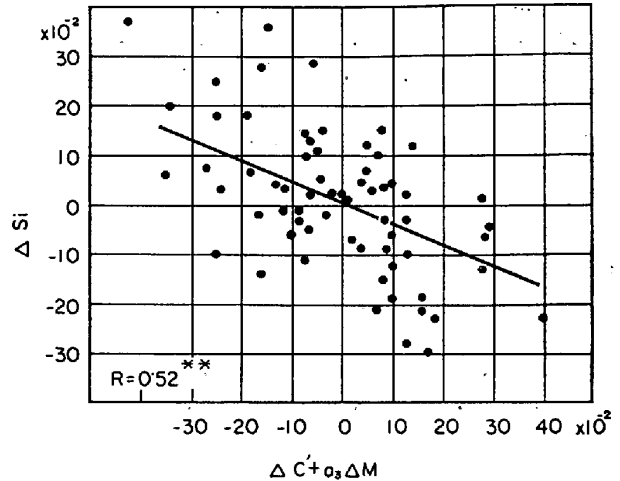


Fig. 2. Relation between ΔSi and $\Delta C' + a_3 \Delta M$
 $a_3 = a_2/a_1$

5. 結 言

コークス消費速度と炭素ソリューション反応量との関係を求め、コークスの消費速度の変化を検出することによつて熱レベルを媒体として炉熱を管理する構造式を誘導した。東田 6BF に装入物降下速度計を考案設置し、日常操業との関連性を検討した結果、構造式により炉熱の動向をかなり正確に推定することができ、操業管理に活用することができる。

文 献

- 1) 深川, 山本, 稲垣: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1607

(51) 高能率羽口について

(高性能高炉操業法の研究—I)

大阪製鋼

○堺千代次・渡部 正・堤 寿孝
大智邦彦・山本権治

On the High Efficient Tuyeres

(The study of high efficient blast furnace operation method—I)

Chiyoji SAKAI, Tadashi WATANABE,
Toshitaka TSUTSUMI, Kunihiko ŌCHI
and Naraharu YAMAMOTO

1. 結 言

この数年来世界の製鉄技術の水準は著しく向上しており、特に日本の製鉄技術の進歩は他を凌駕してめざましいものがある。ことに装入物事前処理、高温送風、調湿送風、酸素富化送風、燃料吹き込み、高圧操業および自溶性焼結鉱・ペレットのような人造鉱石の品質の改良などの操業技術の進歩により、著しい生産性の向上とコークス比の低下がもたらされるようになったが、本操業法は新羽口により炉内のガス分布を理想的ならしめ、大中の増風を可能にし、さらに顕著な生産速度の上昇と炉況安定、鉄鉄成分の均一化、コークス比の低減、および炉の寿命を延長する新しい高炉操業技術を提唱するものである。