

Fig. 3. Change of chemical composition of slag or iron bearing material.

ッシュ上段において  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  が出鉄時鉍滓に比較して著しく小である。羽口水準では出鉄時の成分に近い。 $\text{CaO}$  の滓化は比較的遅いと考えられる。

3.2.3 アルカリ成分, Zn, Pb

東田 4 高炉のアルカリ成分, Zn, Pb の状況を Fig. 3 にあわせ示した。シャフト中段からボッシュにかけて K, Na の蒸着が著しい。アルカリに比較して Zn, Pb の含有は少ないが、これは鋳物銑を吹製している関係上炉への装入量が少ないためと推定される。

4. 結 言

(1) シャフト中段においてすでに鉍石表面の一部が溶解し造滓作用が始まっている。ボッシュ上段では銑滓分離が相当に進行している。

(2) C, Si, Mn はボッシュ上部から羽口水準にかけて著しく吸収されている。Si の還元速度は高温のためかなり速いと推定される。

(3)  $\text{CaO}$  の滓化はボッシュ上部より炉床部にかけて行なわれる。滓化は比較的遅い。

(4) シャフト部, ボッシュ部で K, Na の蒸着が相当に認められる。アルカリ装入量より考えてアルカリは高炉内でガス化と蒸着を繰返しているものと考えられる。

文 献

1) B. N. STARSHINOV: Stal in English, (1960) 8, p. 542

(48) 高炉炉内コークス性状の変化

八幡製鉄, 技術研究所

工博 城 博・西 徹・仲摩博至

The Change of Characteristics of Coke in the Blast Furnace

Dr. Hiroshi JOH, Tetu NISI and Hiroyuki NAKAMA

1. 緒 言

コークスが高炉炉内を下降する間の、コークス自体の物理化学的性状変化に関しては、すでに報告<sup>1)</sup>し次の点を明らかにしている。

(1) 高炉の操業速度が大になると炉内コークスの性状変化は大になる。

(2) 重油, COG 吹込みの高炉操業でも、炉内コークスの性状変化は大きくなる。

すなわち、かかる際には高炉内におけるコークスのいたみははなはだしいので従来より良質のコークスを使用する必要が認められた。以上の試験は試験高炉操業時における炉内各所のコークスについての試験により、実際高炉については、装入コークスと羽口コークスについてのコークス性状の変化からの結論である。その後、実際高炉において、その休風時を利用して高炉内コークスを採取する機会を得て、実際、高炉におけるコークスの性状変化についてある程度系統的な研究を行なうことができた。この間の経過を報告する。

2. 実験経過

東田第 6 高炉 (採取月日, 昭和 40 年 1 月), 洞岡第 2 高炉 (採取月日, 昭和 40 年 1 月), 洞岡第 3 高炉 (採取月日, 昭和 40 年 7 月) の各位置からコークスを採取することができた。結果については後述するが、3 高炉とも大体よく類似した傾向がみうけられたので、ここでは洞岡第 3 高炉を例にとり内容を論述する。

2.1 試料採取

試料採取位置を Fig. 1 に示す。

2.2 試 料

試料は装入前コークスと高炉の各位置からのコークスの合計 16 種で、粒度分布, 工業分析, T. S., ミクロストレングス, 反応性, 真比重, 見かけ比重, 気孔率, 電気抵抗, 熱伝導率, 着火点, 潰裂強度の 12 項目について実施した。

3. 結 果

Fig. 2 に測定結果を、Fig. 3 にコークス灰の主な組成変化の結果を示す。

3.1 粒 度

コークスの粒度は炉頂から下降するにつれてこまかくなつていくことはすでに確められているが、今回の試験ではコークスのサンプリングが十分できず、この点に関しては調べられなかつた。しかし、この傾向はまず変わるまい。

3.2 灰 分

コークス中の灰分は高炉内を下降するにつれて増加する傾向をたどり、炉胸下部付近で最も高くなるが、さらに下降してくるとコークスの灰分は低下の傾向を示し、羽口付近においては炉頂部に比べ、若干高い程度まで減少する。この傾向は今回の実験で始めて確認し得た事実である。

3.3 揮 発 分

コークスの揮発分は炉頂部から炉胸中段部までは減少するが、炉胸下部では揮発分が増加し、それ以下に下降すると揮発分は再び低下している。この揮発分の動向も今回の実験によつて、始めて明らかになつた。

3.4 硫 黄

コークス中の硫黄は炉頂から下降するにつれて低下している。この脱硫作用は主に溶解スラグとの反応によるものと推定される。

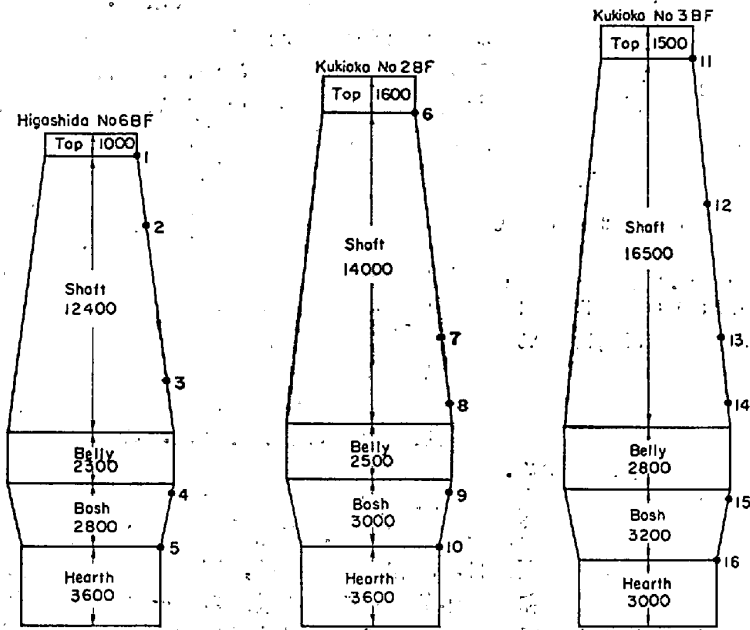


Fig. 1. BF profile and sampling place.

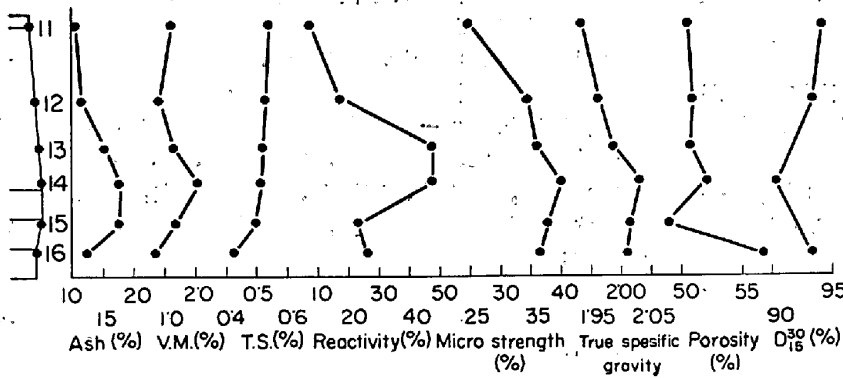


Fig. 2. Change of coke characteristics at Kukioka No 3 BF.

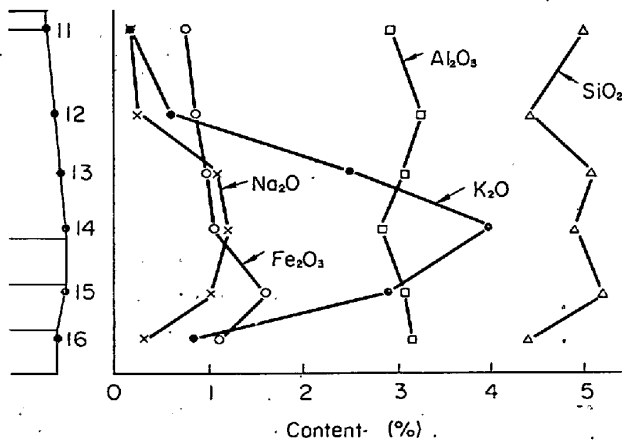


Fig. 3. Change of ash composition (Kukioka No 3 BF)

3-5 ドラム強度

コークスが炉頂より下降するにつれて低下の傾向にあり、炉胸下部で最も低い値を示し、さらに下降すると強度は逆に高くなっている。この傾向はサンプリングの間

題もあるので明白には断定できまい。

3-6 ミクロストレングス

コークスが炉頂から下降するにつれて高くなり、炉胸下部で最も高くなり、さらに下降するにつれて若干ではあるが、低くなる傾向がみられた。

3-7 反応性

コークスが炉頂より下降するにつれて高くなり、炉胸下部付近で最も高く、さらに下降すると逆に若干低くなる。

3-8 真比重

コークスが炉頂より下降するにつれて高くなり、炉胸下部付近で最も高く、さらに下降すると逆に若干低くなる。

3-9 電気抵抗

コークスが炉頂より下降するにつれて熱処理によつて、コークスの黒鉛化度が進み、電気抵抗は低くなるべきであるが、コークス表面付着物の作用により、一様な傾向は示していない。

4. 考 察

コークス性状の諸結果をみると、コークスは既述の通り、炉頂から炉胸に下降するにつれ、それ相当の性状変化過程をたどっている。これまでの研究と比べてコークス性状変化の特異な点を集約すると、次のとおりである。

- (1) 炉胸下部付近において灰分および揮発分が増加する。
- (2) 反応性が炉胸下段において特に大きい。

これらの点は、今回の研究で始めて認められた特異な現象と判断されるので、この点について若干の考察を試みてみる。

これらの特異な現象とコークス灰分組成変化との間になんらかの関係が存在するのではないかと思ひ、この点を前述の Fig. 3 のコークス灰分の組成変化からその関係をながめてみた。この結果によると、炉胸下段付近において  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  のアルカリ性成分が特に増加し、その上下においては減少する傾向が認められる。すなわち、アルカリ性成分の循環現象が認められる。前述に見るごとく、この場所ではコークスの灰分、揮発分も増加している。

以上の事実からすると、炉胸下段付近におけるコークス灰分および揮発分の増加はアルカリの循環現象に基づいて、炉胸下段付近にアルカリ性成分が集積することによるのではないかと推定される。なお、炉胸下段付近においてコークスの反応性が特に大きくなっているのも、このアルカリの循環現象に基づく、アルカリの集積と関係あると推察される。

5. 結 言

高炉内におけるコークスの性状変化を調べるため、実際の高炉を対象にしてコークスの採取を行ない、従来の研究から見て特異な現象として、次の点が認められた。(F) 灰分および反応性は炉内を下降する間に、一般

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/Nm<sup>3</sup>-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 Nm<sup>3</sup> あたりに相当する炉頂ガス中の全炭素, kg/Nm<sup>3</sup>

$V_b$ : 送風量, Nm<sup>3</sup>/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 Nm<sup>3</sup>-air 当たりの被還元酸素量, kg/Nm<sup>3</sup>

$[O]$ : 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 Nm<sup>3</sup>-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/Nm<sup>3</sup>

$M$ : 加湿蒸気量, g/Nm<sup>3</sup>

$C'$ : 1 Nm<sup>3</sup>-air あたりの直接還元炭素量, kg/Nm<sup>3</sup>

(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  $\eta_{H_2}$  とする。

$D_2 = M(16/18) \cdot (1/1000)$ ,  $\oplus$ : 重油中 H<sub>2</sub> 濃度

$\eta_{CO}$ : CO の還元利用率

したがつて (4) 式から  $O'$  は  $\eta_{CO}$ ,  $\eta_{H_2}$  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<sup>1)</sup> 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。

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

$q_2$ : H<sub>2</sub>O + C → H<sub>2</sub> + CO 反応熱, kcal/g H<sub>2</sub>O

$q_3$ : C + CO<sub>2</sub> → 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/Nm<sup>3</sup>·°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