

論燃焼温度に依存する面もあるが、そのものではない。CO₂ および H₂O に完全燃焼した場合 2500°K 以上になる。ここで重油添加時に不完全燃焼があれば著しく低下する。これは重油添加量がある程度に達するとコークスとの代替率が減少する一つの理由であろう。T_w は主に受熱量および降下物の予熱量により決る。

高炉羽口燃焼帯を上記のごとくモデル化して計算した結果羽口前伝熱を考える場合に、炉床温度に対する要素は理論燃焼温度のみでなく、むしろ火えんの黒度、燃焼帯の広さおよび燃焼最高温度**などであることが解る。従つて炉床温度補償を理論燃焼温度にたよることはある程度の危険を含んでいることになる。もし火えん黒度などが重油添加時に上昇して熱放射量が多くなれば、比較的低温のガスが朝顔へ上昇し炉況上極めて有利になる。すなわち、送風温度を上げ羽口前発生熱量を増し代替率の増加が可能になる。しかもその可能性は、現実に十分あると言える。

羽口前の伝熱機構は炉況に直接結びつくものと考えられ今後詳細な研究をする価値がある。

2. 重油燃焼の化学量的検討

高炉過程を考えると羽口付近から、燃焼しながら重油添加することが簡単で合理的である。狭い燃焼帯で完全燃焼するには通常の炉と同様にある程度の過剰空気量が必要である。燃焼炉で完全燃焼する時に空気過剰係数は約 1.1 である。羽口前にも同様であると考えられる。理論空気量は 重油組成を 86% C, 11% H として、10.5 Nm³/kg 重油 (=2.23 Nm³ O₂/kg 重油相当) である。換言すれば、送風中に重油、94 g/Nm³ (=0.21 Nm³ O₂相当) が最大で、空気過剰係数を 1.1 とすれば重油濃度 85 g/Nm³ が最大である。これらの重油濃度 85~94 g/Nm³ は重油添加ノズルを改良して得られる最高値であり、重油添加量を増す上での一つの大きな壁になる。現状の重油添加システムでは 85~94 g/Nm³ の重油濃度を堺にして不完全燃焼による未燃分の増加および燃焼最高温度の低下が著しくなり、代替率の急低下をまねく

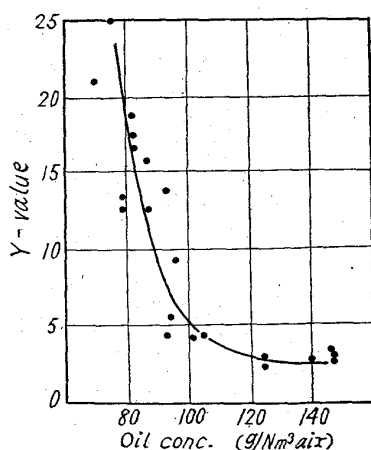


Fig.2. Relation between oil concentration in blast and Y-value in top gas. (Higashida No. 5 B. F.)

であろう。Fig. 2 は東田第 5 高炉での重油濃度と炉頂ガス中 Y 値との関係を示す。重油濃度 80~90 g/Nm³ を堺にして Y 値の急減が認められる。同時に代替率の低下が認められた。燃焼最高温度の低下は伝熱量を減らし、反応を遅らせコークス比の低下は少なくなるかまたは逆に増加する。同時に炉況面では、羽口前および朝顔部の溶融物を凝固し通気性を悪くし、従つて棚を誘発する。媒体霧化にしろ熱風霧化にしろその良否は重要であ

る。しかし、重油濃度が 85~94 g/Nm³ に達すれば、もはや霧化は本質的事柄ではなくなる。勿論、現状では空気過剰係数が 1 に近くなる重油添加ノズルおよびその付近の構造研究は重要である。

IV. 結 言

東田第 5 高炉の重油添加操業結果を基にして重油多量添加時の問題点およびその限界について、主に熱的面および燃焼工学の面から考察した。要点は次の通りである。

1. 現在の羽口付近からの添加は合理的であるが、燃焼工学的に見て完全燃焼するには、重油濃度 85~94 g/Nm³ air (=0.21 Nm³ O₂相当) が最高値であり、それ以上の添加量は重油添加ノズルの改良のみでは達し得ない。特に最高値付近では、CO₂ および H₂O への完全燃焼が達成されないと燃焼最高温度が低下し、伝熱の不良化をまねき炉況悪化の原因になる。また現状の重油添加システムでは炉況安定を保ちながら、重油濃度を化学量論的最高値に近づけるために、重油添加ノズルの改良および重油濃度を均一に保つ何らかの方法が必要である。

2. 燃焼の考察の結果では重油添加時には理論燃焼温度にあまり依存する必要はなく、特に熱風炉の余力のある場合はできるだけ高温を使用し、代替率を上げしかも炉況の安定を保持し得る可能性が十分にある。

3. 少なくとも、重油添加時には炉床の熱的状态を考えるには、伝熱量を定量化することが必要である。その場合に理論燃焼温度は大きな意味を持たない。

文 献

- 1) 児玉, 大坪, 重見, 緒方: 鉄と鋼, 48 (1962) 11 p. 1221

669.162.267.4: 662.753.3

(14) 広畑の高炉重油吹込の諸問題

富士製鉄, 広畑製鉄所製鉄部 63014
若林敬一・江崎 澁・○和栗真次郎

Observations of Oil Injection into a Blast Furnace at Hirohata Works.

Keiich WAKABAYASH, Kiyoshi ESAKI and Shinjiro WAKURI.

I. 結 言 307~309

すでに各所で高炉への重油吹込操業が開始されているが、広畑では36年5月より1本の羽口からの吹込研究を始め37年1月より第1, 第2高炉, 同10月より第3高炉とそれぞれ吹込操業を開始, すでに3基共コークス比は著しく低下した。この間のコークス比低下と重油量, 酸素富化送風と重油吹込併用効果等主要操業上の問題に就いて2, 3の報告を行う。

II. 設 備 概 要

第1高炉は内容積 1273m³, 第2高炉は 1250m³ であり、いずれも羽口数 16 本, 第3高炉は 1515m³, 20 本であり3基共すべての羽口より重油を吹込んでいる。Fig. 1 に第3高炉の全体系統図を示す。特徴としては個々の羽口当り重油流量制御に C.F. 弁を使用していること, また異状時の安全装置として重油ヘッダー圧低下, 送風圧低

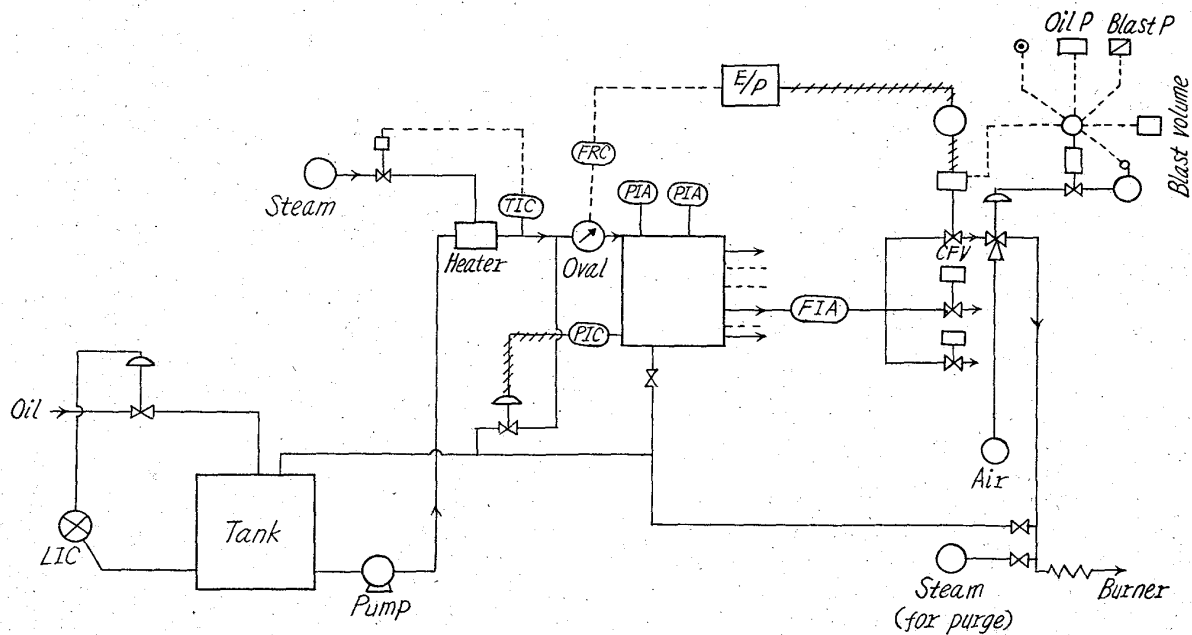


Fig. 1. Heavy-oil injection apparatus for No. 3 blast furnace at Hirohata.

下, 停電, 計器用空気圧低下の各場合に自動一斉パーズと成り更に個々の羽口の送風量低下時およびバーナーが詰りかけた時, 対応するバーナーのみ個別自動パーズと成る. バーナーの型式は第 1 高炉に直管部よりの air-atomizing lance type, 第 2 高炉に pressure-atomizing tuyere type, 第 3 高炉に pressure-atomizing lance type をそれぞれ使用している.

III. コークス比低下に就いて

溶鋳炉への燃料吹込操業の第 1 目的は価格の高いコースを安い燃料の吹込でより多く節減することにある. 広畑第 1, 第 2 高炉に於ける重油吹込時の重油量とコークス比の関係実績を 37 年 1 月より旬単位で示せば Fig. 2 のごとくであり重油量増大と共にコークス比は著しく低

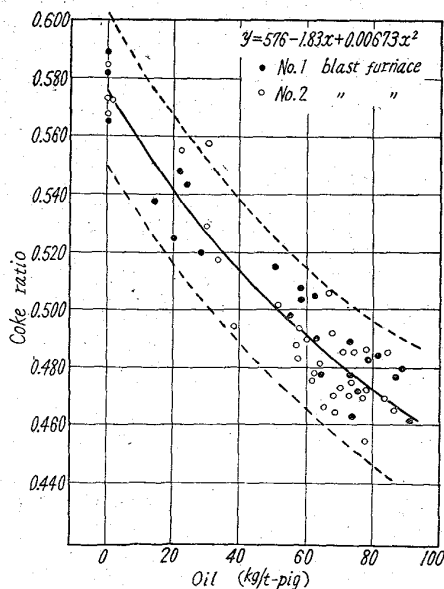


Fig. 2. Relation between the oil rate and coke ratio.

下しており, この C.R. と重油比の関係は次式のごとくである.

$$y = 576 - 1.83x + 0.0067x^2$$

ただし $y \dots$ coke kg/t-pig, $x \dots$ oil kg/t-pig

$$n = 57, \sqrt{V_y} \cdot xx^2 = 12.76$$

$$b_1 = -1.83^{**}, b_2 = 0.0067^{**}$$

上記関係式より重油吹込量に対するコークス節減量の代替率 η は次式のごとくであり重油 60 kg/t までは吹込量を増大すれば増大分以上のコークスが節減され, 60 kg/t 以上では吹込量増大分と等量のコークスは節減されない.

$$\text{全吹込量に対する} \dots \eta_1 = 1.83 - 0.0067x$$

$$\text{各吹込水準における部分的} \dots \eta_2 = 1.83 - 0.0134x$$

すなわちこの原因は重油の不完全燃焼によるもので吹込装置その他の改良および更に高温送風することにより将来改善される可能性がある.

IV. 重油吹込・酸素富化送風併用試験

広畑において普通操業時間における酸素富化送風試験で, C. R. の増大を来たさずに酸素 1% の富化で 5% の出鋳増大可能であることを報告したが, 重油吹込操業時における酸素の富化は重油の燃焼性を向上せしめ C.R. におよぼす効果大なることが期待されるため第 1 高炉において 8 月, 第 2 高炉において 9 月より重油・酸素富化併用試験を行った.

1) 対象データは酸素使用量に依り各水準に分けかつ基準期間としては第 1, 第 2 高炉共酸素富化直前期間を対象とした. なお試験中熱風炉の故障に依り一部風温の低下を余儀なくされたため風温の影響のみ 950°C 基準の補正を行なつて検討した.

2) 酸素富化~重油吹込量~C. R. の関係を Fig. 3 に示す. 富化と共にコークス比は低下を示し, 重油約 80 kg/t の時無富化時と比べ 2.2% 富化で約 30~35 kg coke/t の低下が推定される. 更に全石灰焼結装入操業

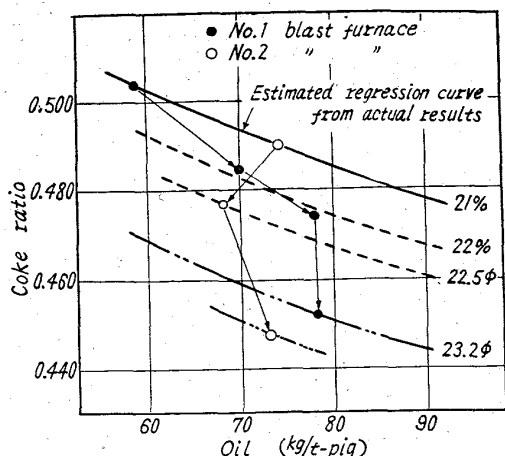


Fig. 3. Relation between coke ratio and oil rate under oxygen-enriched blast.

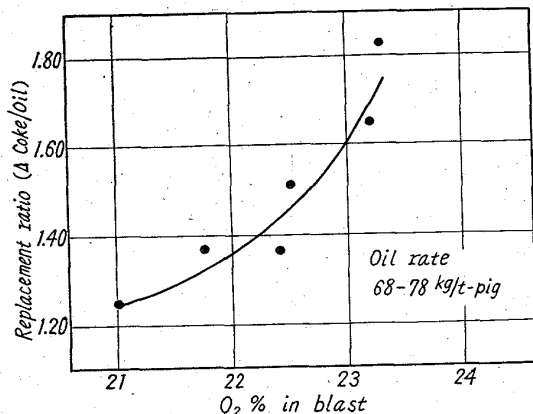


Fig. 4. Relation between oxygen enrichment and coke to oil replacement ratio.

における重油・酸素併用について現在操業試験中である。

3) 代替率については重油約 70~80 kg/t における酸素富化と代替率の関係を Fig. 4 に示す。酸素富化期間中は重油の燃焼性は良好で、羽口よりの逆流現象もなく代替率も著しく向上することが推察された。

4) 出鉄量はその上限を抑えたため、増大という意味では明確なことはいえないが、風量原単位の立場より約 5%の伸が推定された。

V. 空気霧化バーナーの効果

一般の重油バーナーについては空気または蒸気で霧化する方式を取ると燃焼性が良いといはれており、高炉への重油吹込に際しても、バーナーの耐熱保護と燃焼性の立場からフランス、ベルギーなどで盛んにその研究がためられている。当所においてはスタート時より先記せるごとく第 1 高炉に空気霧化方式、第 2 高炉に空気を使用しないバーナー方式をそれぞれ採用して来たが、その方式の差をコークス比を対象に検討してみた。なお霧化用空気量は 1 本のバーナー当り 0.5~2.0 Nm³/mn 使用している。

1) 重油吹込量 50 kg/t 以上の酸素富化しないものにつき Fig. 2 の実績の回帰曲線を基準とし、それからの偏差平均値を高炉別に調べ、その平均値の差の検定を行った。

$$Z_{ij} = C_{ij} - y_{ij} (= 576 - 1.83x_{ij} + 0.00673x_{ij}^2)$$

Z_{ij} …回帰からの偏差, C_{ij} …coke kg/t,

$i=1$ …第 1 高炉, $i=2$ …第 2 高炉,

$n_1=13, n_2=15$

$$Z_1 = 3.93 \quad S.S._1 = 950, \quad Z_2 = -6.82 \quad S.S._2 = 1518$$

$$t_0 = \frac{Z_1 - Z_2}{\sqrt{S_1 + S_2/n_1 + n_2 - 2} \cdot \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}} = 2.92^{**} > t(26, 0.01)$$

以上は実績において第 1 高炉の方が高度に有意な差をもってコークス比の高いことを示している。

2) 次に第 1, 第 2 高炉間に若干の操業条件差が認められるためこの分コークス比の補正を行ない種々検討した所やはり第 1 高炉の方がコークス比が高い、また有意差が認められないという結論を得た。

以上の結果は第 1 高炉のコークス比の方が第 2 高炉より高い内至はせいぜい同じだということでありこのことは溶鉱炉熱風管中の熱風速 200 m/s 前後、熱風温度 900~1000°C のごとき場所で使用されるバーナーにおいては空気霧化方式は少なくともその空気冷却によるバーナーの耐熱保護効果以外燃焼性における効果を期待できないことを示すものである。

VI. 総 括

1) 広畑においては 3 基の高炉共重油吹込操業を行っている。

2) 実績より重油吹込量とコークス比の関係式を明らかにした。重油吹込量 60 kg/t 以下では、吹込量を増大すれば増大分等量以上のコークス量が節成される。

3) 重油・酸素富化併用試験の結果コークス比低下、代替率向上の著しいことが分つた。これは重油の燃焼性が良く成つたことであり富化濃度、重油量を更に高めた操業又は酸素霧化方式バーナーなど今後の問題である。

4) 高炉における空気霧化方式のバーナーは、その冷却効果に依るバーナーの耐熱保護以外燃焼性向上に依る効果は期待できない。

669, 162, 263, 23, 669, 162, 283
(15) 高炉内におけるカーボン・デポジションとソリューション・ロス

(高炉内における鉄鉱石の還元とコークス比—II)

八幡製鉄所, 技術研究所 630/15

工博 児玉惟孝・○重見彰利・東辰男

Carbon Deposition and Solution Loss in Blast Furnace.

(Iron ore reduction in a blast furnace and coke ratio—II) 309~312

Dr. Koretaka KODAMA, Akitoshi SHIGEMI and Tatsuo HIGASHI.

I. 緒 言

M. A. PAVLOV の理論に従つて M. M. LEBOVICH および A. N. RAMM は高炉の最適間接還元率は送風温度 800°C~900°C の場合、70~76% であり、高炉技術者はコークス比を下げるためには間接還元率をこの値まで上げるように努力すべきであるとした。筆者らはこの誤りを前報¹⁾で理論的に明らかとして次の結論を導い