

る。

③ 送風限界におよぼすフラッディングの影響度については、文献などにのべられているが、フラッディングが確認され、その上で操業上にどのような影響があるかを知らねば、何ともいえない。今後試験高炉などによつて、フラッディングを確認する実験を行ないたいと考えている。

【質問】 住金中研 工博 中谷 文忠

(1) 図 3a および図 3b に炉頂ガス組成の正常変動と異常変動を示されているが、正常時の場合は、装入周期をサイクルとしたガス変動が明りように表われており、装入直後には $\text{CO}\%$ が低く $\text{CO}_2\%$ が高く、装入直前には CO が高く CO_2 が低い。すなわち、炉内の還元される酸素量に依存していることが首肯されるが、異常時においては、 $\text{CO}\%$ の低い点が必ずしも CO_2 の高い点に対応していない。

図 3b において $\text{CO}\%$ の高い点はスリップあるいは棚落ちの直後であろうか、お伺いしたい。

(2) 図 6 において棚吊時の炉内圧力分布を示しておられるがその中でボッシュ部の圧力のほうがかえつてベリー、シャフト下部よりも低いものがあるがこのような状態では炉内をガスが下から上方に流れることはできないように思う。

したがって棚吊り発生時においては同一高さの断面においてもかなり圧力差があり、ベリー、シャフト下段で示された圧力よりも高い圧力が、ボッシュ部のどこかに存在するのではないだろうか。

(3) 平均装入回数および ore/coke の実績を直線近似されて $P-V_B$ の関係式を求められ、 7.4m^3 の送風量のとき最大出鉄量を示すとされ、図 5 にこれらの実績を示しておられるが、この図の実績のプロット点からはこれら最高出鉄を示す送風量は認め難いのではないだろうか。

【回答】

(1) 図に示したのは、第 16 次操業の結果であるが、スリップ、棚落ちを確認していない。第 17 次、第 18 次操業でも、増風段階で異常変動が現われることを確認しているが、特にスリップ、棚落ちなどに関連がない。講演概要集にのべたように、直接還元帯に関係するものと考えられる。

(2) 図は実測を示すが、上部より下部の圧力が低く出る原因としては、①圧力測定系統に閉塞があつた、②同一高さ断面で圧力分布が存在していた、の 2 点が考えられる。①については十分注意して測定したが、必ずしも万全ではなかつた。②は、たとえば測定孔の炉内側前面に壁付きなどの障害があつて、正しく圧力を指示しないときが考えられる。この点については、更に測定法などを考えて、正しい値を測定できるように努力する。

(3) 第 16 次、第 17 次操業の実績では、 $P-V_B$ 曲線は明らかに単調増大を示しているが、第 18 次操業では、実測点が少ないが、増風に伴つて出鉄量のいく分減少している点がある。また $7.5\text{Nm}^3/\text{min}$ 段階以上では、安定した炉況が得られず、実測点を図に示すことができなかった。荷下り不順がなければ、過度の増風は ore/coke の低下を招き、出鉄量が減少すると推定できるので、図のように最高値があるものと考えた。

【質問】 九大工 工博 八木貞之助

(1) 16 次操業の異常変動時における荷下り状況はどのようなであつたか？ slip が多かつたように思われるがいかがか？

(2) 本研究で求めた増風の max は高炉の操業が不可能になる点に置かれているようであるが、実際操業においては、もう少し手前に置くべきと思うがいかがか？

【回答】

(1) 第 16 次操業の異常変動時に、スリップなどの荷下り不順の傾向は見られなかつた。

(2) ご質問のとおりで、試験高炉の実績では、出鉄量最大の点が操業不可能になる点のごく近くで得られた。大型炉では必ずしもこのとおりであるとは考えられない。しかし、操業の安定度から、増風の max は、いずれの場合でも、若干手前に置くべきであると考えられる。

講演：垂直ゾンデによる高炉炉内状況の検討*

川鉄技研

岡部俠児・浜田尚夫・渡辺昭嗣

【質問】 北大工 工博 吉井 周雄

高炉内のガス中で変化を受けずに排出されるものは N_2 であるので $(\text{CO}+\text{CO}_2)\%$ の変化は $\text{CO}+\text{CO}_2$ の増減していることとなる。シャフト下部、ボッシュ上部でソリューションロス、直接還元にて羽口面のガスより CO は増加しているはずでありその上 CaCO_3 の分解で更に $(\text{CO}+\text{CO}_2)$ は増加してくる。

しかし鉍石の間接還元はガス量の変化を伴わない。そして炭素析出反応は CO は CO_2 に変化し $(\text{CO}+\text{CO}_2)$ の量は減少していく。したがってシャフトで CaCO_3 の分解が終わつた後は $(\text{CO}+\text{CO}_2)$ の増加する反応は考えられなく、むしろ減少する傾向を持つはずである。しかるに図 5 では $(\text{CO}+\text{CO}_2)\%$ が 500°C 付近で極少値を取り再び増加している。全圧も減少しているがこれはこのことにあまり関係は少なくガス採取時に N_2 より $\text{CO}+\text{CO}_2$ が選択的に採取されたと考えられるかもしれない。流路の変化ということではちよつと納得できない。また図 4 では 4, 7, 8, 9 の数値は 500°C より $\text{CO}/(\text{CO}+\text{CO}_2)$ が増加しているがゾンデが鋼管のために内面の鋼を CO_2 が酸化して減少したなどのことは考えられないだろうか。

【回答】

図 4 における 4, 7, 8, 9 などの挙動は図 1 の測定データの例におけるガス組成の変化と対応している。このような低温域では CO_2 濃度変化が停滞するはずであるが、このような現象が生じた原因としてはゾンデ内およびガス採取場所までの間におけるガス組成の変化、あるいは高炉内におけるガス流路の変動、すなわち半径方向のガスの流れの存在などが考えられるであろう。

ゾンデ先端からガス採取場所までガスを導く過程でのガス組成の変化としては CO_2 , H_2O などによる鋼管の

* 鉄と鋼, 54 (1968) 10, S 677~680

酸化が考えられる。これを確認するため実験室的に CO_2 30%, N_2 70% の混合ガスを 40 l/min の流速で流し、100, 200, 300, 400, 500°C の各温度で 30 min 間加熱して鋼管を酸化させ重量変化を調べたがほとんど重量増加を認めることができなかった。また図 1 のような装入物面付近の CO_2 の減少量がすべて鋼管の酸化に対応するとして鉄の酸化量を求めてみた。 CO_2 20.1%, CO 21.1% のガスが鉄を酸化して CO_2 19.3%, CO 22.0% に変化したものとし、圧力差、温度、ガス排出時間などからこの間のガス放出量を求め CO_2 の変化量を算出し酸化反応として $3\text{Fe} + 4\text{CO}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{CO}$ を仮定し Fe 酸化量を計算すると約 22 kg になった。これはこの程度のガス組成を示す位置までのゾンドの炉内にある部分の重量の 38% 程度に相当する。さらに焼結鉱の還元実験から、 CO_2 による Fe あるいは鉄酸化物の酸化速度は 300°C 程度ではほとんど無視できることも確認されている。

以上のような状況から CO_2 濃度変化がゾンド内面の酸化と全く無関係であるとはいえないまでも、それほど大きな影響を受けてはいないのではなかろうか。

高炉内における半径方向のガス流れは装入物面に近い領域では十分に起こりうると考えられる。一般に充填層内の等圧面は層頂に近いほど層頂のプロフィルに影響される。円筒に均一粒径の粒子を充填した場合、層頂のプロフィルの影響を受ける領域はわれわれの実験では $0.3D$ (D : 円筒内径) まで、K. POLTHIER¹⁾²⁾ は $0.5D$ までの範囲であることを確認している。この領域では等圧面は装入物面と似たプロフィルを有しており、炉頂付近の同一レベルでは、周辺部から中心方向へのガスの流れが生じる可能性は十分に認められる。この点については垂直ゾンドと水平ゾンドを用いた測定結果から推定している報告³⁾ もある。

以上のような理由から、炉頂付近で上へ行くほど CO_2 % が低下する原因として炉壁周辺の比較的 CO_2 % の低いガスの流れ込みが大きな役割を果たしていると思われる。

しかし、ゾンド内におけるガスと鋼管との反応については高温域へ入った時点でも考えられるので今後さらに検討する必要があるし、炉内においてゾンド先端へのガスの侵入経路などについても問題は残されている。

文 献

- 1) K. POLTHIER: Arch. Eisenhüttenw., 37(1966) 5, p. 365~374
- 2) K. POLTHIER: Arch. Eisenhüttenw., 37(1966) 6, p. 453~461
- 3) D. BÜLTER et al.: Stahl u. Eisen., 88(1968) 3, p. 108~119

講演：高炉プロセスのスケール効果について*

富士釜石 下 村 泰 人

【見解】 八幡技研 工博 児玉 惟孝

* 鉄と鋼, 54 (1968) 10, S681~684

(1) 現在の高炉操業において生産の限界を制約する条件はご報告のようにいろいろある。その中で最も大きな条件の 1 つは棚である。棚の原因に関してはいろいろの説があり通気抵抗、フラッディング、付着物などが原因であるといわれている。われわれは東田 5, 6 高炉を対象として各水準における炉内ガス圧を測定して棚吊り位置を推定した。(結果は図示する)。その結果棚のほとんどはシャフト部でかかっていることがわかった。シャフト部では鉱石はまだ溶解していない。したがってフラッディングは制約条件になつていないと思われる。モデル実験で確かめたところ装入物の通気抵抗と炉壁部の摩擦力との和が装入物の垂直分力と等しくなった場合に棚になるようである。したがって高炉の生産の制約条件としては通気抵抗が重要であると考ええる。

(2) 大型炉と小型炉の炉内ガス成分は大きな範囲内には入っているが、絶対値は相当に異なっているように思う。この差をどう補正すべきか。

【回答】

(1) 炉内の通気抵抗、棚が生産の制限要因ではないか。

指摘のとおりシャフト部の棚は非常に重要で、当所でもしばしば操業不調の原因となつている。その大部分はシャフト上～中段の棚である。

しかしこのような棚も、装入物の性状の改善、装入物の整粒・篩分の強化、装入物の適正な炉頂での配分、およびプロフィルの再検討によつて大幅に解決されるものと考えられる。

もちろん風量をどんどんあげ、ボッシュ以下に問題がなければ、いわゆる吹抜け限界に近くなつて通風抵抗による荷下り不調が経験されるかもしれないが、現在程度のスラグ量がいろいろの意味で必要とされるならば、送風量の増加によつて、むしろフラッディング現象が先に制約要因になると考えられる。

(2) 大小の炉で炉内ガス成分に大きな差があるようだが、本文の図表のように CNRM の炉などでは炉頂ガス成分は商業高炉と大きな差があるとはいえないが、東大試験炉ではこれが CO : 31~32%, CO_2 : 11~13% で大型炉に比しガス利用率が悪くなっている。

この原因としては、大型炉でも送風量を極端にあげていけばこの傾向になることと、東大試験炉では送風温度が低いので、熱損失などをコークス比を高めることでカバーせねばならず、そのために炉内ガス成分が他と異なるものである。ゆえに還元プロセスに本質的な差があるとは考えられない。

【質問】 東大生研 中根 千富

(1) 吹抜け限界とは、どういう限界を意味するのか。たとえば操業不能になるという限界であろうか。

(2) 空間率 ε について

① 吹抜け限界の式 $\Delta P/L = (1-\varepsilon)\rho_s$ を生研試験高炉の実績に適用すると、 $\varepsilon = 0.7 \sim 0.9$ 程度となる。同一の実績を ERGUN の式に適用すると、 $\varepsilon = 0.42 \sim 0.53$ 程度となる。

また ΔP は送風圧と炉頂圧の差とされているが羽口先端までの熱風系統の管内圧損を考慮すると、 $\Delta P/L = (1-\varepsilon)\rho_s$ では、さらに ε の値が大きくなるが、この点をどう考えたらよいのであろうか。