

669.162.228.3:669.162.263.43

る。

3. 結 言

(1) 高炉操業速度と炉内コークスの性状変化との関係を調査した結果、全般的にみて操業速度が早くなるにつれて炉内コークスの性状変化割合は大となる傾向を確認した。しかし高炉へ装入するコークスが良質であれば、操業速度の変化による炉内コークスの変化はあまり顕著でないことが判明した。

(2) Cガス吹込および重油吹込操業下の炉内コークス性状変化割合は通常操業下の場合よりやや大となる。したがって燃料吹込時に使用するコークスは通常操業下のものより良質のコークスを使用するのが望ましいと判断された。

(3) 高圧操業下における炉内コークスの性状変化を調べる第1歩としてコークス製造時の乾留温度を異にするコークスを使用したときの乾留温度の高低によるコークス品質の優劣を高炉炉内コークスの性状変化面から吟味した。その結果乾留温度の高いコークスの方が高炉炉内コークスの変化割合が小であることが認められた。この事実からすると、コークスの乾留温度はできる限り高目に保持するのが望ましいと考えられた。

文 献

- 1) 城 博, 井田四郎: コークス 技術年報 (燃協編), 9, (1959), p. 107; 46, (1960), p. 1155
- 2) K. K. HUMPHREYS: Blast Furn. & Steel Plant, 51 (1963), p. 1065
- G. A. VOLOVIR: Coke and Chemistry [7] (1962), p. 25

(46) 高炉内ガス流におよぼす炉頂圧の影響について

富士製鉄, 室蘭製鉄所

工博 城本 義光・米沢 泰三  
 “ 広畑製鉄所工博 宮川 一男  
 “ 室蘭製鉄所 ○萩原 友郎

Effect of Top Pressure on the Gas Flow in Blast Furnace.

Dr. Yoshimitsu JYŌMOTO, Taizō YONEZAWA,  
 Dr. Kazuo MIYAGAWA and Tomorō HAGIWARA

1. 緒 言

室蘭第3高炉は高圧操業の採用により、安定した炉況下での高生産性維持と、低コークス比での経済的生産という増減産いずれの市況にも適応した操業が可能なることを示しているが、高圧操業によつてコークス比の低下する原因を検討するため、羽口よりラジオアイソトープを打込み、炉頂ガス中の放射能強度を連続的に測定することにより、炉内ガス流に対する炉頂圧の影響を調べた。

2. 測定方法

第3高炉は18本の羽口と4本の炉頂ブリーダーをもつが、このうちNo. 13羽口を中心として、No. 3~16

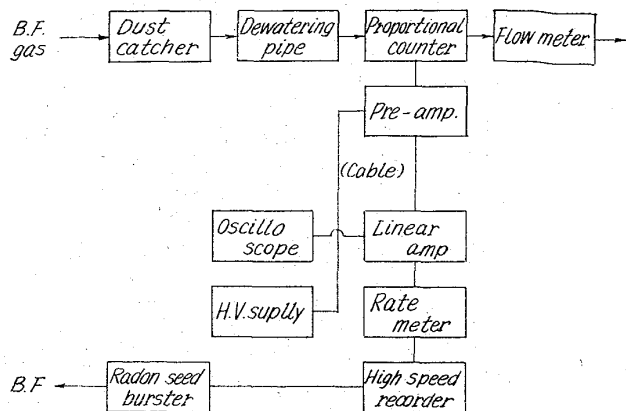


Fig. 1. Experimental apparatus.

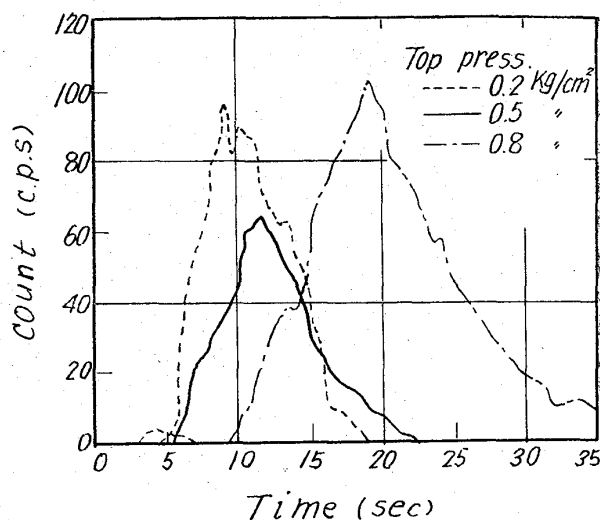
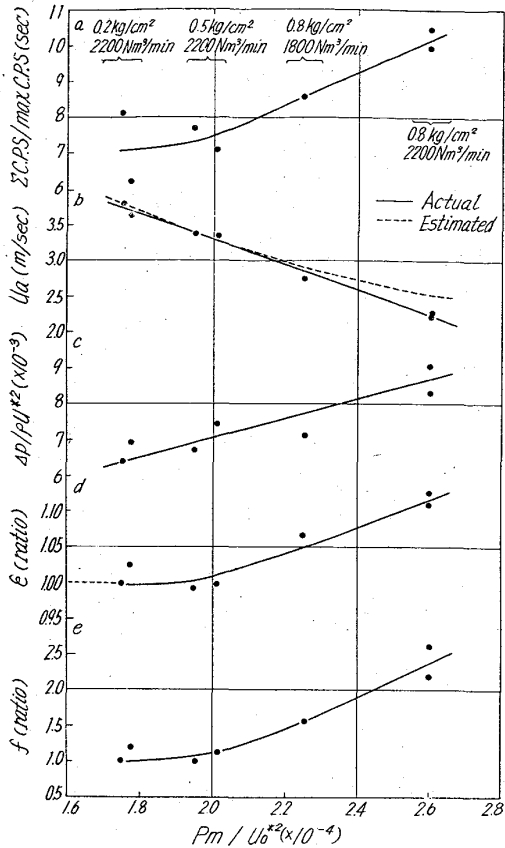


Fig. 2. Recorded curve of radio active intensity without back ground.

の各羽口から火薬により1mc ずつの金管アンブル入り<sup>222</sup>Rnを炉内に打込み、No. 13羽口直上のブリーダーから炉頂ガスをプロポーショナルカウンターに導き、カウンターの指示をプリアンプで増巾してケーブルによりリニャーアンプ、レートメーターを経て高速記録計(45mm/sec)に記録させた。記録計のチャート駆動スイッチは、爆発筒の点火スイッチと連動しており、火薬点火と同時に炉頂ガス中の放射能強度が記録される。測定系統をFig. 1に示す。測定は0.2, 0.5, 0.8 kg/cm<sup>2</sup>の各炉頂圧下で、平常時、出滓中、出鉄中に、各羽口ごとに3回ずつ行なつた。試験中の送風量は1800~2200 Nm<sup>3</sup>/minで、炉頂圧の変更は2日間隔で行なつた。

3. 試験結果

RI打込後の炉頂ガス中の放射能強度変化の例をFig. 2に示す。(back groundは除いてある。)これらの測定結果から、出滓中、出鉄中はガスの乱れが激しくて一定した傾向を見出しがたかつたが、平常時については炉頂圧を高めるほど最大計数値に達するまでの時間が長くなり、かつ時間一放射能曲線がなだらかになる傾向が認められた。この時間一放射能曲線をそのまま比較するのは困難なので、(1)最大計数値(max c.p.s.) (2)総計数値( $\Sigma$  c.p.s.) (3)平均時間範囲( $\theta_R = \Sigma$  c.



C.P.S.: radio active intensity in top gas,  $U_a$ : actual gas velocity,  $\Delta p$ : pressure loss,  $\rho$ : gas density,  $U_0^*$ : gas velocity in empty column,  $\epsilon$ : functional void volume,  $f$ : friction factor,  $P_m$ : average pressure in furnace,  $U_0^*$ : gas velocity in empty column at standard state.

Fig. 3. Effect of top gas pressure.

p. s./max c. p. s.) (4) 羽口ストックライン間通過時間 ( $\theta_{sec}$ , RI 打込より max c. p. s. に達するまでの時間からストックライン-炉頂ブリーダー間通過時間および測定装置内通過時間を除いたもの) (5) 実測ガス速度 ( $u_0$  m/sec= $\theta$ /打込羽口ストックライン間直線距離)の各数値にまとめて検討したところ次のことがわかった。

3.1 垂直方向のガス混合

時間-放射能曲線から、打込まれた RI の大部分が炉外に出るに要する時間は max C. P. S. を示す時間の約 2 倍を要しており、高炉内のガスは垂直方向に相当よく混合されていることが知られるが、同曲線のなだらかさを示す平均時間範囲  $\theta_R$  は炉頂圧の増加とともに Fig. 3(a) のごとく増加する。したがって炉頂圧増加にしたがい垂直方向の混合がよくなるものと考えられる。なお第 3 図横軸は炉頂圧の効果がガス速度の低下にあるとの立場から、単位ガス流速に対する圧力の割合として、炉内平均圧  $P_m$  kg/m<sup>2</sup> を標準状態のガス空塔速度  $u_0^*$  m/sec で除した値をとっている。

3.2 水平方向の混合

打込羽口別にみた max c. p. s. の関係は Fig. 4 のようで、炉頂ガス採取位置直下に近い No. 12~13 羽口間で極大値を示す。これは  $\Sigma$  c. p. s. をとつても同様

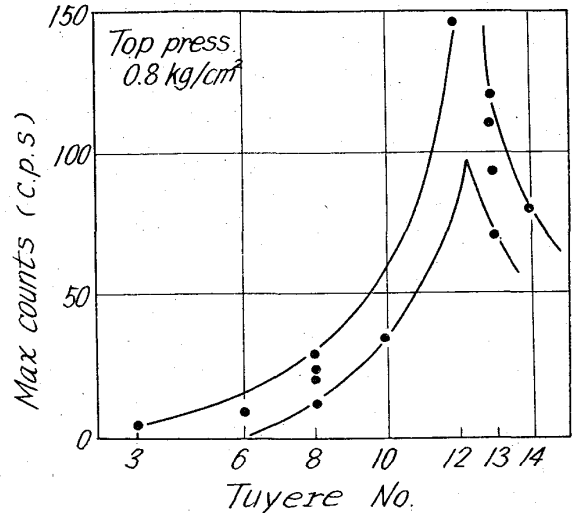


Fig. 4. Relation between Rn projected tuyere No. and max. counts in top gas.

な傾向を示し、ガスは炉内を大体まっすぐに上昇していて、水平方向の混合は垂直方向のそれほど著しくないようである。なおこの極大値の位置は日により若干変動し、それが 0.5 kg/cm<sup>2</sup> のときに max c. p. s. が低くでた原因と考えられる。

3.3 ガス流速

実測ガス速度は Fig. 3(b) のごとく、炉頂圧を高めると  $P_m / u_0^{*2}$  に対し直線的に低下した。図中の点線は 0.2 kg/cm<sup>2</sup> のときの  $u_a$  をもとに炉内圧、温度で補正して炉頂圧を高めた場合を推定した線であるが、炉頂圧が高まるにしたがい、実測値より大きくなる。すなわち炉頂圧を高めると、圧増加に相当する以上にガス流速が減少することを示している。

4. 充填塔圧損失理論による検討

高炉を充填層としてみた場合、圧損失  $\Delta p$  は  $\rho u^{*2}$  ( $\rho$ : ガス密度,  $u^*$ : ガス空塔速度) に比例する<sup>2)3)</sup>ので  $\Delta p / \rho u^{*2}$  は一定になるはずであるが、実際には Fig. 3(c) のように炉頂圧を高めるほど大きくなり、炉頂圧増加にもとづくガス速度の低下に相当するほどは圧損失が減少しない。

一定の充填層で  $\Delta p / \rho u^{*2}$  をきめるものは空隙率  $\epsilon$  と流体摩擦係数  $f$  であるから、 $u^*$  と  $u_a$  から  $\epsilon$  を求めてみると Fig. 3(d) のように炉頂圧増加とともに  $\epsilon$  が増大する傾向が認められ、更にこの  $\epsilon$  を M. HANSEN<sup>3)</sup> の式に入れて  $f$  を逆算すると、やはり炉頂圧増加とともに増大していることがわかった。これより炉頂圧の増加は実質的な空隙率とガス固体間の摩擦抵抗の増大をもたらす。換言すればガス固体間の接触改善をもたらすものと考えられる。

5. 考 察

以上より炉頂圧を高めると高炉内のガスの流れ方が変化する事は明らかであるが、なぜ炉頂圧をかけただけでガス流が変化するのであろうか。高炉内のガス流は相当 Channeling を起しているといわれるが、Channeling とは小粒子が集合している部分へ、粒子の終端速度より大きい速度のガスが流れて粒子を移動させ、選択的な通路を開くとして理解され、終端速度は  $\rho u^2$  に比例

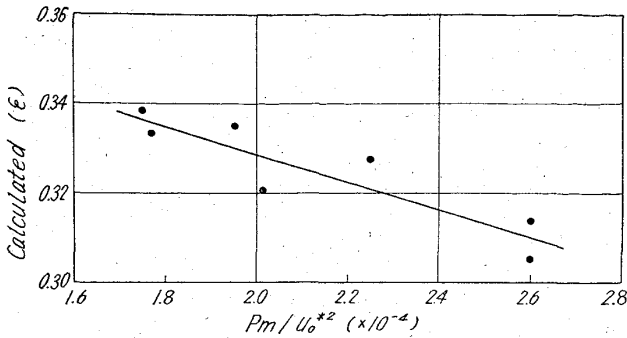


Fig. 5. Relation between top gas pressure and calculated functional void volume by packed column theory.

するから、送風量を一定のまま炉頂圧を高めれば、圧増加に反比例して  $u$  は小さくなり、同一送風量でも粒子は浮遊せず Channeling はおこり難くなる。このことから炉頂圧増加の効果は Channeling の防止にあると考えたと前記の諸測定、検討結果はすべて説明できる。すなわち Channeling が防がれれば炉内の選択的なガスの流れは均一化するためガス混合は改善され今までガスの流れにくかった部分までガスが行きわたるので通路面積が増大してガス速度は単なる圧増加に相当する以上に低下する。これはまた実質的な空隙率の増大と、接触面積の増大にもとづく流体摩擦係数の増加となつてあらわれてくる。このようなガス分布の改善、ガス固体間の接触向上は、当然熱交換とガス還元反応を促進しガス利用率を高めるから、コークス比の低下が可能となり、炉況も安定するものと考えられる。

なお充填塔圧損失の計算式を用いて炉内空隙率を計算する<sup>3)</sup>と、Fig. 5 のように炉頂圧を高めるほど空隙率が小さくなるという不合理な結果を生じるが、これは炉頂圧を加えても炉内のガス流は変化しないとして  $f$  を一定にとるためである。したがって高圧高炉の操業解析に充填塔圧損理論を適用するときは十分な注意が必要であると考えられる。

### 6. 結 言

室蘭第3高炉において、0.2, 0.5, 0.8 kg/cm<sup>2</sup> の各炉頂圧下で羽口から <sup>222</sup>Rn を打込み、炉頂ガス中の放射能強度を連続的に測定して、炉頂圧の変化による炉内ガス速度ならびに分布の変化を調べたところ、出洋中、出銃中はガス流の乱れが激しく一定した関係が見出しがたかつたが、平常時の測定から次のことがわかつた。

1. 高炉内のガスは垂直方向にはよく混合されているが、水平方向にはそれほどよく混合されず、大体まつすぐに上昇している。炉頂圧を高めると混合は促進され、より完全混合流れに近づく、
2. ガス流速は炉頂圧を高めるほど小さくなり、かつ圧増加による密度上昇相当分以上に低下する。
3. 圧損失は逆にガス速度の低下相当分ほどは減少しない。
4. 実質的な空隙率と流体摩擦係数が増大する。

このような現象はいずれも高炉内で Channeling がおこっており、炉頂圧を高めるとガス流速が小さくなるので Channeling が防がれるとして説明される。した

がつて炉頂圧付加の効果はガス速度の低下による Channeling の防止にあり、これにより炉内ガス流が平均化、安定化し、ガスと装入物間の接触が改善されて熱交換、ガス還元反応が促進され、コークス比の低下、炉況の安定化が達成されるものと考えられる。

### 文 献

- 1) 山田, 竹川, 永井, 野崎: 鉄と鋼, 50 (1964)11, p. 1599
- 2) S. ERGUN: Chem. Eng. Prog., 48 (1952), p. 89
- 3) M. HANSEN: Arch. Eisenhüttenw., 34 (1963), p. 151

## (47) 高炉スラグの粘性について

住友金属工業, 中央技術研究所

工博 中谷 文忠・○羽田野道春

On the Viscosity of Blast-Furnace Slag.

Dr. Fumitada NAKATANI and Michiharu HATANO.

### 1. 結 言

最近、珪酸塩スラグについては物性的な立場から、幾多の論文が発表されている。なかでも電気化学的な研究および粘性の研究は、それぞれ活量計算や熔融珪酸塩の構造決定に一段とすぐれた成果を挙げている。

粘性の熔融スラグに対する意義は理論上および実用上きわめて大きい。たとえば耐火物のスラグによる侵食、脱硫反応の速度におよぼす影響、スラグの構造上の問題、あるいは出洋作業におよぼす影響などいずれも粘性が関与する問題である。そこでわれわれはスラグの基礎系である CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 三元系に関して、回転式粘度計を使用して粘度測定を行なつた。特に高炉の酸性操業、砂鉄使用操業、または高 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 操業など、高粘性滓が生成される場合の対策として食塩吹込みが考えられるので、三元系スラグの粘性に対する NaCl の効果を検討した。

### 2. 実 験 装 置

実験装置は、回転円筒体の粘性物質によつて生じるトルクを自動的に測定するもので、Gebrüder Haake 社の (Rotovisko) を用いた。加熱は 40 kvA タンマン炉によつた。外観を Fig. 1 に示す。

測定方法は、一定組成に配合された粉末試料をあらかじめ黒鉛ルッポで熔融した後、黒鉛回転体を 10 cm の深さまで浸漬して、いろいろの回転速度で回転させる。その回転によつて生じる粘性抵抗を電気的に検出し、相対的な値 (S 値) として測定する。S 値は、あらかじめ粘性が既知のグリセリンによつて常数を定めることができるので、これを用いてポアズ単位の粘性値に換算する。

### 3. 実 験 結 果

Fig. 2 は CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 三元系状態図<sup>1)</sup>上に等粘性曲線を書き加えたものである。ここでは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の効果を端的に知るために、なるべく高温の 1650°C におけるデータをプロットした。