

(35) 熔鉱炉装入物通気性のモデル実験 A Model Experiment on Permeability of Blast Furnace Burdens

K. Ono, et alius.

八幡製鉄所, 技術研究所

工 重見 彰利・工〇斧 勝也

I. 緒 言

最近熔鉱炉内の物理的現象の究明に透明なモデルを使用した研究が盛んに行われるようになり, 今まで不明であつた現象がかなり明らかになつてきている. そこで当所でも小さな透明モデルを使用して実験を行い, 熔鉱炉の通風時における物理的な諸現象を検討することにした. ここではコークス, 石灰石および鉱石をそれぞれ単味で使用した場合の炉内圧力損失および羽口前でのレースウェイの状況について検討した結果を報告する.

II. 実験装置および実験方法

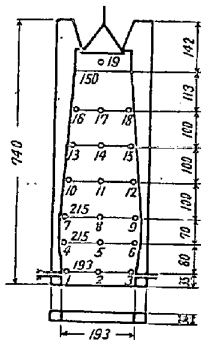


Fig. 1. Apparatus. 実験装置は Fig. 1 に示す通りで当所洞岡 3 高炉の 1/40 の切断型透明モデルで内部の状況が目で観察できるようにしてある. モデルの裏面には 19 箇の圧力測定孔を設け圧力を常時測定できるようにした. 試料は乾燥したコークス, 石灰石および鉱石の <0.5 mm 以下, 0.5~1 mm, 1~1.5 mm, 1.5~3 mm, 3~5 mm 粒度のものを選んだ.

試料は上部コーンから装入層のポイドがなるべく一定になるよう一定の条件で装入した. 装入後モデルの両端にある羽口から高压コンプレッサーにより送風を開始し風量を次第に増加させた.

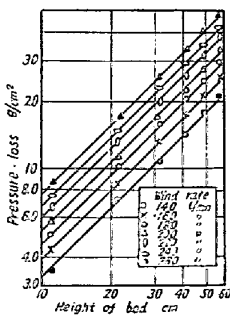


Fig. 2. Relation between pressure loss and height of bed. (ore 1~1.5 mm)

III. 圧 力 損 失

熔鉱炉のような充填層での圧力損失は種々の因子に影響されて変化するが, ここではこのうち炉内のガス流速, 充填層の高さおよび装入物粒度のみについて検討を加えた. Fig. 2 は圧力損失と装入層の高さとの関係の一例を両対数グラフで示したもので, この両者

には常に直線的な関係があり, 直線の勾配は実験条件に関係なく大約 1 であることが認められた. このような方法で炉内風速と圧力損失との関係を求めると, 装入層の高さの場合と同様直線的な関係が認められたが, 直線の勾配は実験条件によつて変化した.

充填層での圧力損失におよぼす炉内流速および装入物粒度の影響は一般にレイノルズ数の大きさによつて変化するものと考えられている. そこでここで求めた実験結果を充填層の圧力損失の式としてよく引用されている Carman の式¹⁾と比較して, レイノルズ数の変化による流速および装入物粒度の影響を検討してみた.

Carman は充填層の圧力低下の式を次のように与えている.

$$\Delta P = f' (\rho V^2 / g) (LS / \epsilon^3) \dots \dots \dots (1)$$

$$f' = A (V \rho / \mu S)^{-x}; \quad S = 6(1 - \epsilon) / D_p \phi$$

ここで ΔP は圧力損失 kg/m^2 , ρ は気体の密度 kg/m^3 , f' は修正摩擦係数, V はガスの Superficial 速度 m/sec , g は重力の加速度 m/sec^2 , L は層の高さ m , S は充填物の単位体積当りの表面積 $1/\text{m}$, μ は気体の粘性係数 $\text{kg/m}\cdot\text{sec}$, D_p は装入物粒度 m , ϵ は空隙率, ϕ は球係数で A および x はレイノルズ数によつて決まる値である. 第 1 式で $\rho, \mu, g, \epsilon, \phi$ が一定であると仮定すれば次のように置き換えることができる.

$$\Delta P = B \cdot L \cdot V^\alpha / D_p^\beta \dots \dots \dots (2)$$

ここで $\alpha = 2 - x$, $\beta = 1 + x$, B は比例恒数である. 第 2 式から層の高さの指数はレイノルズ数に関係なく 1 であると考えられ, このことは Fig. 2 に示す実験結果とよく一致する. Fig. 3 の各点はレイノルズ数と流速指数 α との関係を実験的に求めたもので, 破線で示した Carman の実験結果とレイノルズ数の小さい範囲で多少離れているが, 熔鉱炉のレイノルズ数範囲 (100~500) では大体一致していて, α は 1.6~1.7 程度であることが予想される.

次に装入物粒度について検討してみる. 第 2 式を利用して $\Delta P / V^\alpha L$ と D_p との関係を求めれば粒度指数 β を

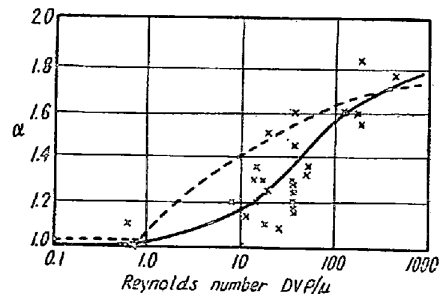


Fig. 3. Relation between index of flow rate (α) and Reynolds number.

求めることができる。そこで α の値が 1.1~1.3, 1.3~1.5, 1.5~1.7 の範囲に入るものをそれぞれ 1.2, 1.4, 1.6 とし β を求め、それぞれ 1.6, 1.3, 1.2 なる値をえた。この数値は Carman の式と多少食い違いがあるが熔鉱炉のレイノルズ数範囲 ($\alpha=1.6\sim 1.7$) で β は 1.1~1.3 程度の値を取ると考えられる。

IV. レースウェイ

最近熔鉱炉羽口前でのコークスの運動に関して熔鉱炉羽口の覗き穴あるいはモデル使用による研究が行われ、羽口前でコークスが廻転運動をしている部分があることが認められている。これはレースウェイと呼ばれているものであるが、このレースウェイはどのような条件で生じるものか、あるいはこの大きさとの因子とはどのような関係があるかを検討した。

モデルの両端にある羽口から送風を開始するとある風量までは内部に変化は起らないが、風量がある点以上に増加すると装入粒子がたて方向の廻転を始め、その中央に空間ができることが認められた。レースウェイの大きさは装入物の種類、粒度、送風量等の変化に左右されるが、同一の装入物であれば送風量の増加にしたがつて、たて、横ともに大きくなる。この場合、たて方向に比べて横方向の大ききの増加割合が若干大きいことが認められた。

レースウェイの大きさに関しては Wagstaff と Holman の共同研究²⁾でかなり精しく検討されていて、無次元のレースウェイファクター(R.F)とペネトレーションファクター (P.R) によつて関係づけている。ここで R.F および P.F は次に示すような値である。

$$RF = V^2 / g \sqrt{S} [\rho / (\rho_s = \rho)] (A_j / A_m)^{0.75} ;$$

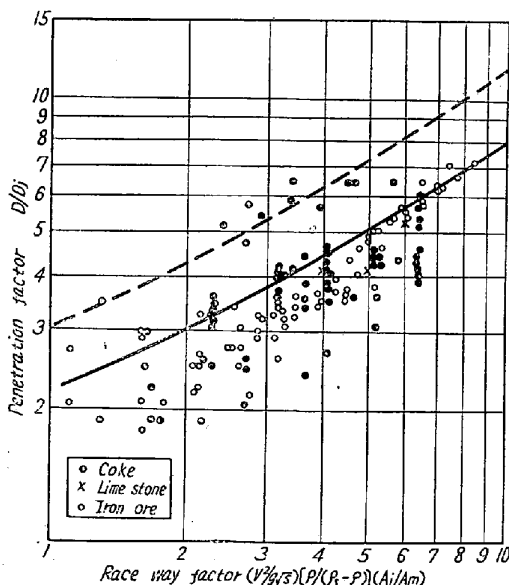


Fig. 4. Correlation of model data.

$$PF = D / D_j$$

ただし、 V は羽口でのガス流速 m/sec, S は粒子 1 箇の表面積 m^2 , ρ はガスの密度 kg/m^3 , ρ_s は装入物の密度 kg/m^3 , A_j は羽口の総断面積 m^2 , A_m は炉床面積 m^2 , D_j は羽口の直径 m, D はレースウェイの径 m である。そこでこれらの値を利用して Wagstaff および Holman の研究結果とここで求めた実験結果とを比較した。Fig. 4 はこの関係を示したもので破線で示した Wagstaff 等の研究と当実験で求めた点とは平行的な関係があることが判る。この実験結果のずれは実験装置の本質的な差異によるものか、あるいは装入粒子が完全に球体であるとしてレースウェイファクターを計算したためであるか不明であるが、非常に興味ある結果を示している。

V. 結 言

当所洞岡 3 高炉の 1/40 の切断型透明模型を製作し、通風時における物理的な現象特に圧力損失およびレースウェイの状況について検討した。圧力損失におよぼす装入層の高さ、炉内流速および装入物粒度との関係を探り求め熔鉱炉のレイノルズ数範囲では次のような関係があることを認めた。

$$\Delta P \propto LV^\alpha / D_p^\beta \quad (\alpha = 1.6 \sim 1.7, \beta = 1.1 \sim 1.3)$$

ただし ΔP は圧力損失, L は装入層の高さ, V は炉内のガス流速, D_p は装入物粒度である。

次に羽口前の状況を観察し、レースウェイの存在することを確かめ、ペネトレーションファクターとレースウェイファクターによつて、この関係を表わせることが判つた。

文 献

- 1) P. C. Carman: Trans, Institute of Chemical Engineers, London, 15, 1937
- 2) J. B. Wagstaff and W. H. Holman: Journal of Metals, Mach, 1957, p. 370~376

(36) 熔鉱炉の調湿操業について
On the Humidity Control Operation for Blast Furnace

Y. Togino, et alii.

八幡製鉄所, 製鉄部

工 井上 誠・工 光井 清
都留 隆・工〇研野雄二

I. 緒 言

調湿操業は、ソ連において盛んに行われているようで