

(37) 高炉装入物の通気性について
Permeability of Blast Furnace Burdens

N. Kikuchi. et alius.

富士製鉄, 室蘭製鉄所

太田満喜雄・○菊地 望

I. 緒 言

Darcy の研究以来, 固体粒子充填層における流体の圧損失については多くの研究によつて漸次改良され, Carmam-Kozeny の式として現在に至っている。

熔鉱炉は本質的には充填塔であるので, 熔鉱炉における圧力降下, あるいは高炉原料の通気性の検討には屢々 Carman-Kozeny その他の式が利用される。W. O. Philbrook¹⁾ および Sabri Ergun²⁾ は高炉における圧降下について検討しているが, これ等は若干, 相違している。今これ等の基礎試験を考えて見るに,

- 1) 実験は比較的小規模であつて, 試料の粒径は微小である。
- 2) 充填層における圧力降下を解析するに当つて, 流体の受ける圧損失は充填層の表面積および空隙の体積と等しい毛細管の集合体を通過する際に受ける摩擦損失に等しいと考えられている。
- 3) 圧降下の測定は, 流体の流れが安定した状態, すなわち整流層を設けて流れを均一にした状態で行われている。

しかしながら以下に述べるような問題点がある。

- 1) 装入物は種々の粒度フラクションから成る粒径分布を有するものであるから, 粒径が微小である場合に対して各粒子間の幾何学的相似, あるいはその相対疎度は変化しているものと考えられる。
- 2) 充填層を毛細管の集合として考察することは無理であつて³⁾, 流路の拡大, 縮小に伴う圧降下の存在することが考えられる。
- 3) 熔鉱炉の羽口先端の流速は 300~500m/sec と考えられ, しかもその前面は空洞となつて衝風は装入物と共に旋回運動している⁴⁾ ので衝突および攪乱運動による圧損失は相当量になると考えられる。

このような観点から, 試料粒径として高炉原料と同程度の粒度組成の装入物に対して, 流体の流れが過渡状態にある場合において圧力損失との関係を試験したのである。

II. 試 験 方 法

実験に使用した装置は R. W. Campbell⁵⁾ が使用したものとほぼ同様の装置である。試料粒体として, 各種

鉱石類, コークス, 焼結鉱より成る高炉装入原料の粒度組成を, 焼結鉱のような形状の特異性は全装入物としては僅少であり稀釈される⁶⁾ ものであるので, コークスのみで調製し, これをコークスの粒度組成を有する装入物層と鉱石類の粒度組成を有する装入物層とに分割して, その各層の厚さ及び数を変化させ, また, 混合層として試験した。さらに実験装置に装入する場合, 装入方法によつて同一粒度組成の装入物でも空隙率は最疎充填状態から最密充填状態の間に変化させることができるし, 粒度組成の異なる装入物でもほぼ同一の空隙率にすることができる。このようにして, 装入物層の厚さ, 数, 空隙率, 粒度組成について検討した。送風空気量は粒子レイノルズ数 (N'_{Red}) が高炉における N'_{Red} の領域 100~300 の範囲になるように調整した。

III. 実 験 結 果

固定層における抵抗係数は充填の仕方によつて変化するものであるから, 流体の流れの方向に関する幾何学的相似の問題を空隙率 (ϵ) の函数 $F(\epsilon)$ で補正して一定値になるものと考えた。一般にこの空隙率函数 $F(\epsilon)$ は $6(1-\epsilon)/4\epsilon^3$ として考えられているが, 今, この値を使用すると種々の粒径から成る粒子充填層の摩擦係数 f' は

$$f' = \frac{\Delta P g_c}{\rho u^2} \cdot \frac{D_p}{L} \cdot \frac{\psi \epsilon^3}{6(1-\epsilon)} \dots \dots \dots (1)$$

として与えられ粒子レイノルズ数 (N'_{Red}) のみの函数として表わされる。すなわち

$$f' = a(N'_{Red})^{-n}$$

ここに a および n は層流, 混流においてそれぞれ一定値を取る。ただし ΔP は充填層の有効高さ L における圧降下, ρ は流体の密度, u は表面速度, g_c は重力換算係数, D_p は調和平均粒径, ψ は形状係数である。

今, 種々の粒度組成の装入物に対して圧降下を求め, (1) 式にしたがつて f' を求めると, $L/D=1.24$ において $f' - N'_{Red}$ 線図は Fig. 1 のように N'_{Red} の

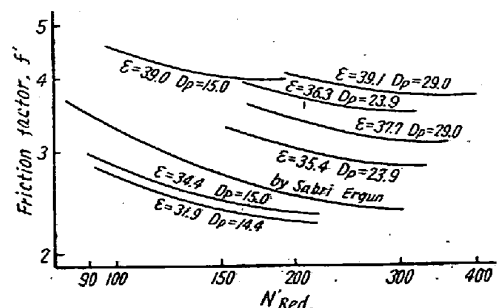


Fig. 1. Friction factor for beds of burdens as a function of the modified Reynolds' number, N'_{Red} .

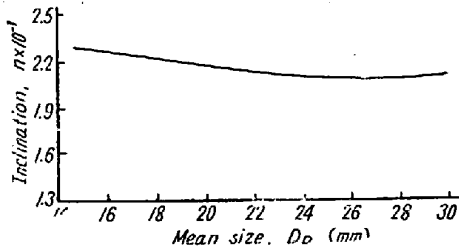


Fig. 2. Relation between n and mean size with various burdens.

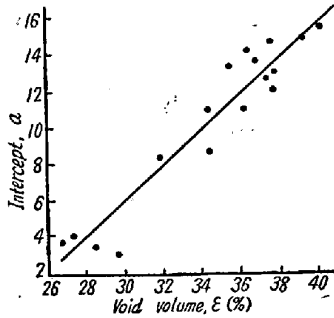


Fig. 3. Relation between a and void volume with various burdens.

みの函数として表示されないで、粒度組成および空隙率の影響を受けていて、その変化の度合は同一粒度組成では減少勾配が一定となり、空隙率は接辺の大いさと関係があるようである。そこで $N'Red$ 100~300 の領域で減少勾配 n と接辺の大いさ a を検討すると、Fig. 2, Fig. 3 に見られるように n は D_p の函数として a は ϵ の函数として考えることができる。しかもこの関係はコークス粒度組成の装入物層と鉬石類粒度組成の装入物層

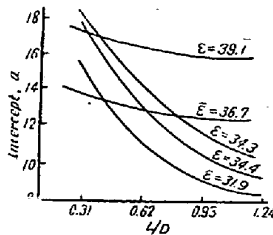


Fig. 4. Relation between a and L/D with various void volume.

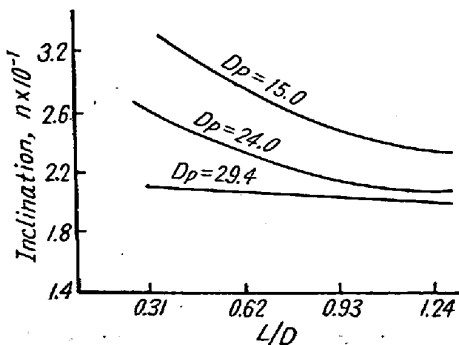


Fig. 5. Relation between n and L/D with various mean size.

の層の厚さおよび数には無関係である。さらに a および n は L/D (充填層有効高さ L と装置の断面積 D との比) によつて Fig. 4 および Fig. 5 のように変化し、 L/D の値が小さい場合には、 a と ϵ との関係は不明瞭であるが、 D_p および ϵ が大なるにしたがつて L/D には無関係に一定値に近づく傾向がある。

IV. 結 言

現行の高炉原料の粒度組成を含む種々の粒度組成の装入物の圧力降下について実験し、次の事項を明らかにした。

- 1) 固定層における摩擦係数 f' は $f' = a(N'Red)^{-n}$ として考えられるが、 a は ϵ および L/D の函数、 n は D_p および L/D の函数として考えられる。
- 2) 高炉装入物の圧降下を検討する場合、 L/D についても十分留意することが必要である。

文 献

- 1) W. O. Philbrook: Journal of Metals, Dec. (1954)
- 2) Sabri Ergun: Industrial and Engineering Chem. Feb. (1953)
- 3) 伊藤四郎: 化学工業 8 (1957)
- 4) C. Burns: Iron Coal Trades Rev. 170, 4536号 (1955)
- 5) R. W. Campbell: Blast Furnace and Steel Plant, May~June (1952)
- 6) 久田, 太田, 菊地: 昭和30年10月, 鉄鋼協会第50回講演大会で発表

(38) 熔鉬炉内ガス分布に関する研究 (I)

(放射能による熔鉬炉内ガス通過時間の測定方法)

Study on the Distribution of Gas in a Blast Furnace (I).

(A Radio-Active Technique for Determining Gas Transit Time in a Blast-Furnace)

Y. Takahashi, et alii.

富士製鉄, 広畑製鉄所

工博 葛原義雄・工 芹沢正雄・工〇高橋愛和
工 神原健二郎・工 宮川一男

I. 緒 言

熔鉬炉内におけるガスの流れがどのようになっているかを知ることは、炉内装入物分布とともに非常に重要なことであるが、そのことに関しては実験の困難さのために