

(2) 粒子層高が等しければ,  $U_{CR}/U_{mf}$  と  $A_0/A_T$  との間には, 粒子種類・粒径あるいは羽口条件にかかわらずほぼ一定の関係が成立する。

(3) Raceway は  $A_0/A_T$  が大きいほど, 粒子層高の大きいほど破れにくく, 粒子の移動速度が大きいほど破れやすい。

(4) 流量分布が最も均一になる羽口条件は  $Re=7.5 \times 10^4 D_P$  ( $D_P$ : cm) で与えられる。

文 献

- 1) 八幡製鉄: 学振 54 委-868 (1964)

(71) 充填層物理性状におよぼす装入物粒度構成の影響

(高炉操業に関する検討—II)

川崎製鉄, 千葉製鉄所

安藤 博文・○浜田 尚夫

Influence of Size Distribution of Materials on Physical Aspects of Packed Bed.

(Some consideration of blast furnace practice—II)

Hirobumi ANDO and Takao HAMADA.

1. 緒 言

平均粒径が等しい装入物でもその粒度構成が異なれば充填層の物理性状におよぼす影響に差異のあることは当然予想される。通気度, 吹き抜け速度, Raceway 形状, 流通分布におよぼす粒度構成の影響について模型実験を行ない, あわせて粒度構成の表示法についても検討した。

2. 実験装置および試料

圧力損失の測定および充填層の吹き抜け実験に用いた装置の概要を Fig. 1 に示す。Raceway 破壊実験および羽口流通分布についての実験装置は前報と同じものを使用した。実験に用いたコークスの粒度構成の例を Table 1 に示す。

3. 通気抵抗に対する影響

3.1 通気抵抗指数

充填層装入物の通気度を表示する方法は種々考えられ

るが, その装入物についての通気度が実測できる場合には, 児玉ら<sup>1)</sup>の定義した通気抵抗指数  $\Phi$  が便利であると考えられる。これを用いれば圧力損失の式は (1) 式で表わされる。

$$\Delta P/L = \Phi \mu \beta \rho^{1-\beta} u^{2-\beta} \dots\dots\dots (1)$$

ここに  $\Delta P$ : 圧力損失,  $L$ : 層高,  $\mu$ : 流体粘度,  $\rho$ : 流体密度,  $u$ : 空塔基準の流体線速度。

$\beta$  は充填層の摩擦係数とレイノルズ数との関係から, 層流域では 1, 転移域では 0.3, 混流域では 0.1 が使われている。高炉シャフト部においては  $\beta=0.3$  が適応できると考えられるので, 本実験においては混流域の実験条件で常温空気によつて圧力損失を測定した。コークス試料についての通気抵抗指数の測定例を Table 1 に併記した。

3.2 粒度構成の表示

装入物の通気抵抗指数は実測によるのがもつとも正確であるが, 一方では粒度構成の変わるたびに測定しなければならず実用上不便なこともある。そこで装入物の粒度構成から通気抵抗指数を推算する方法について検討した。

通気抵抗指数の内容はその定義から転移域では次のように表わされる。

$$\Phi = C' (1/D_P^3) ((1-\epsilon)^{1.3}/\epsilon^3) \dots\dots\dots (2)$$

ここに  $D_P$ : 粒径,  $\epsilon$ : 空間率,  $C'$ : 定数。

粒度構成の相異による通気抵抗の差を平均粒径と空間率で補正する考え方から粒度構成を表わす指数  $I_P$  を導入した。二つの篩目  $d_1, d_2$  にはさまれた試料の平均径

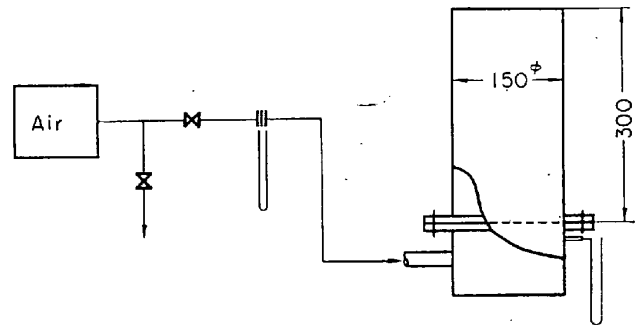


Fig. 1. Outline of experimental apparatus.

Table 1. Typical examples of size distribution.

R	S										
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11
4~6								0.05	0.10	0.10	0.05
6~8				0.025	0.05	0.143		0.15	0.20	0.25	0.10
8~10		0.05	0.10	0.05	0.10	0.143	0.10	0.60	0.40	0.50	0.50
10~14	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.143	0.20	0.15	0.20	0.10	0.25
14~20	0.60	0.60	0.40	0.55	0.30	0.143	0.60	0.05	0.10	0.05	0.10
20~28	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.143	0.10				
28~35		0.05	0.10	0.05	0.10	0.143					
35~48				0.025	0.05	0.143					
$D_p$ (mm)	0.965	0.949	0.922	0.923	0.872	0.787	1.06	1.89	1.84	2.04	1.72
$I_p$	0.0543	0.113	0.217	0.240	0.527	1.39	0.107	0.118	0.224	0.148	0.164
$I_p/D_p$	0.560	1.18	2.36	2.61	6.05	17.6	1.01	0.622	1.22	0.725	0.956
$\Phi$ [CGS]	1.74	1.83	2.25	2.03	2.94	3.99	1.50	0.53	0.65	0.50	0.67

S: sample. R: range (mesh).

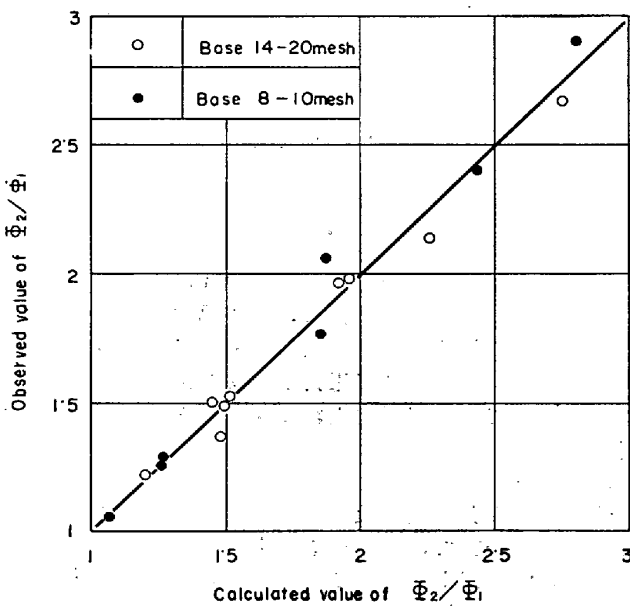


Fig. 2. Comparison between observed and calculated value of  $\Phi_2/\Phi_1$ .

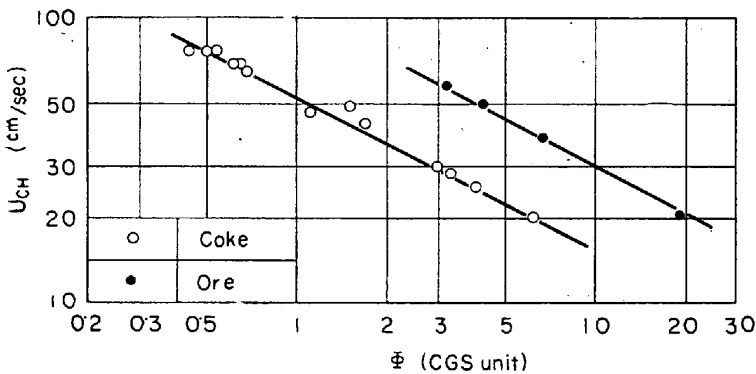


Fig. 3. Relation between  $\Phi$  and  $U_{CH}$ .

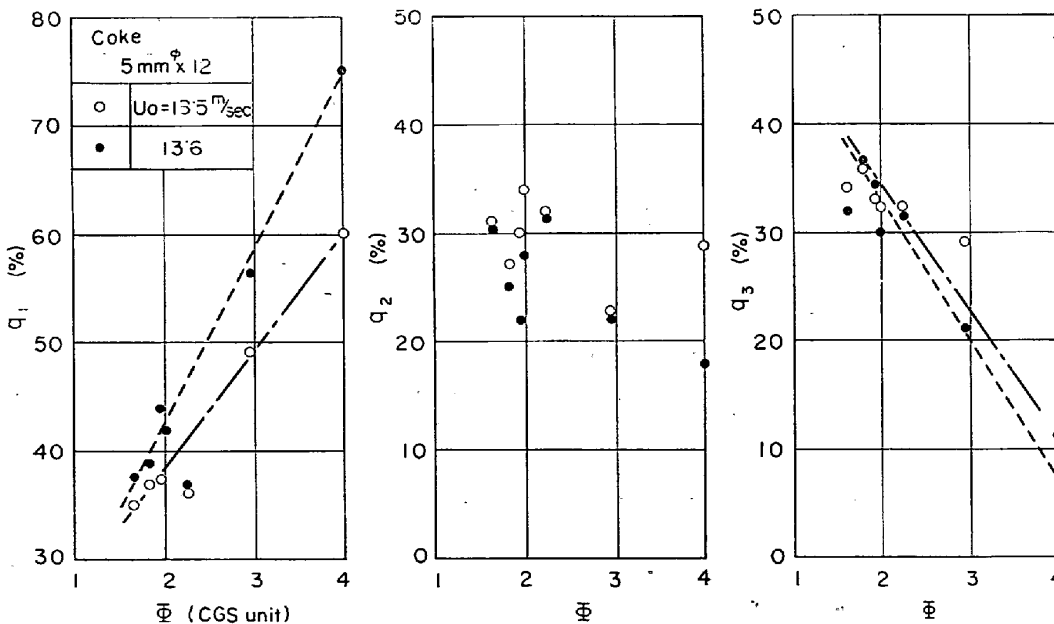


Fig. 4. An example of flow distribution.

を  $d_i$  とし、その重量分率が  $w_i$  であるような装入物についての  $I_P$  を (3) 式で定義する。

$$I_P = \sum w_i (d_i - D_P)^2 / D_P^3 \dots\dots\dots (3)$$

ここに  $D_P$ : 調和平均径 ( $= 1 / \sum w_i / d_i$ )

各粒度構成についての空間率を測定して  $I_P$  と  $(1-\epsilon)^{1.3} / \epsilon^3$  との関係求めた結果、 $(1-\epsilon)^{1.3} / \epsilon^3$  は  $I_P / D_P$  の 0.22 乗に比例した。したがって、転移域における装入物の通気抵抗指数はその粒度構成から次のように計算することができる。

$$\Phi = C (1/D_P^3) (I_P / D_P)^{0.22} \dots\dots\dots (4)$$

$C$  は装入物の種類と充填状態によつてきまる定数である。(4)式を用いて求めた通気抵抗指数の計算値と実測値を比較すると Fig. 2 に示したようによく一致するので、装入物の通気抵抗指数を推算する簡便法としては実用上十分であると考えられる。

充填層における種々の物理性状との関係を通気抵抗指数を用いて求めておけば、(4)式を用いて  $\Phi$  を計算することができるので、装入物の粒度構成の影響を定量的に把握することが可能となる。

4. 吹き抜け速度に対する影響

吹き抜け現象は羽口 Raceway 破壊現象に起因するものと装入物の部分的流動化によるものとに分けられる。ここではガス整流板を用いて充填層での流速分布をできるだけ少なくした条件で充填層の吹き抜け実験を行なった。このような場合の吹き抜けは層高  $L$  の充填層の圧力損失  $\Delta P$  と粒子密度  $\rho_s$ 、空間率  $\epsilon$  の間にほほ次の関係が成立したときに起こると考えられるので

$$\Delta P = \rho_s (1-\epsilon) L (g/gc) \dots\dots\dots (5)$$

$g$ : 重力加速度,  $gc$ : 重力換算係数

転移域における吹き抜け速度  $U_{CH}$  は、近似的には粒子密度の 0.59 乗に比例し、通気抵抗指数の 0.59 乗に逆比例すると考えられる。常温空気をを用いたコークスおよび鉄鉱石についての実験結果

は Fig. 3 に示すようになり、次のような実験式を得た。

$$U_{CH} = 55 \rho_s^{0.47} \Phi^{-0.55} \text{ (CGS unit)} \dots\dots\dots (6)$$

5. 流通分布に対する影響

平均粒径のほほ等しい装入物の場合には、流通分布と粒度構成との関係は Fig. 4 のようになり、通気抵抗指数が大きくなると周辺流は増して中心流は減少するが中間流はそれほど変わらない。

6. Raceway 形状に対する影響

6.1 Raceway の大きさ  
平均粒径がほほ等し

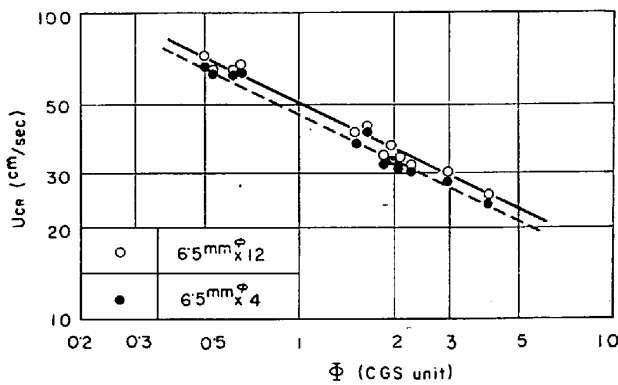


Fig. 5. Relation between  $\phi$  and  $U_{CR}$ .

い場合には粒度構成が変わっても、Raceway の横方向の大きさはあまり変化なく WAGSTAFFら<sup>2)</sup>による Raceway Factor と Penetration Factor との関係に一致した。しかし、縦方向の大きさは通気抵抗指数の増大とともに大きくなり、流量分布における周辺流の増加傾向とよく一致した。

6.2 Raceway の破壊速度

Raceway の破壊するガス線速度  $U_{CR}$  と通気抵抗指数  $\phi$  との間には Fig. 5 に示したような関係が成立ち、粒度構成の影響は前述の吹き抜け現象に対する場合とほと

んど一致していて、 $U_{CR}$  は  $\phi$  の 0.5 乗に逆比例している。

7. 結 言

充填層の物理性状におよぼす粒度構成の影響について模型実験を行なつて検討した結果、次のことが明らかとなつた。

(1) 粒度構成を表わす指数  $I_P$  を用いることにより、調和平均径  $D_P$  の装入物の転移域での通気抵抗指数  $\phi$  を次式によつて推算することができる。

$$\phi = C(1/D_P^{1.3})(I_P/D_P)^{0.22}$$

(2) 装入物の部分的流動化による吹き抜け速度  $U_{CH}$  は常温空気の場合、次式で表わすことができる。

$$U_{CH} = 55 \rho_s^{0.47} \phi^{-0.55} \text{ (CGS unit)}$$

(3) 平均粒径がほぼ等しい場合には、通気抵抗指数が大きくなると周辺流は増大し、中心流は減少するが、中間流割合はあまり変わらない。

(4) また、Raceway の横方向の大きさはあまり変化しないが縦方向の大きさは増大する。

(5) Raceway は通気抵抗指数  $\phi$  の 0.5 乗に比例して破れやすくなる。

文 献

- 1) 児玉, 堀尾, 肥田: 鉄と鋼, 52 (1963) 3, p. 295, 298
- 2) J. B. WAGSTAFF and W. H. HOLMAN: J. Metals, (1957), p. 370