

(32) 高炉炉胸部におけるガス流速の半径方向分布の理論解析

名古屋大学 工学部 ○ 桑原 幹
 藪 徹

I 緒言 炉胸部におけるガス流速の半径方向分布は、ペル装入により生じた粒子径と空間率の半径方向分布に強く起因するものと考え、炉胸部を等温充填層とみなして、その分布形状を求め、その分布形状に及ぼす因子について考察する。

II 解析 (仮定) 1) シャフト部を均一径の等温充填層と考へる。2) コークス、焼結鉱は図1に示すように、それぞれ安息角 $90^\circ - \alpha_1$, $90^\circ - \alpha_2$ をもつたV型の形状で層状に堆積するものとする。3) コークスおよび焼結鉱のいずれも十分整粒されており、これら粒子の各層内での粒子径と空間率の分布は無しとする。4) ガスの流れは炉軸に平行な方向にだけ起こるとする。5) 半径方向の各位置におけるガス流速は層高方向に変化しないとする。6) 層高方向でのガスの圧力差の半径方向での分布は無視できるとする。

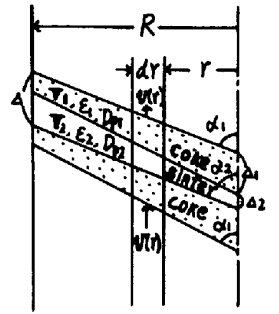


図1: モデルの模式図

(解析) Ergun の式に粒子径と空間率の半径方向分布を考慮すると、

$$dP/dR = (\rho/g_0) \{ 1 - \epsilon(r) \} \psi(r) \cdot v(r)^2 / \{ \phi(r) \cdot D_p(r) \cdot \epsilon(r) \} \dots (1) \quad \text{ここで } \phi_1 = \phi_2^2$$

$$\therefore \phi(r) = \phi_1 = \phi_2 = \phi : \text{const.} \dots (2) \quad \psi(r) = 150 \nu \{ 1 - \epsilon(r) \} / \{ D_p(r) \cdot v(r) \} + 1.75$$

$$= 150 \{ 1 - \epsilon(r) \} / \text{Rep}(r) + 1.75 \dots (3) \quad \text{高炉条件下では } \text{Rep}(r) \text{ は非}$$

$$\text{常に大きいため } \psi(r) \equiv \psi : \text{const.} \dots (4) \quad \epsilon(r) = A + Br \dots (5)$$

$$\text{ただし } A = (\Delta_1 \cdot \epsilon_1 + \Delta_2 \cdot \epsilon_2) / \Delta, \quad B = (\epsilon_2 - \epsilon_1) (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) / (\tan \alpha_1 \cdot \tan \alpha_2)$$

$$\Delta_1 = W_1 / \{ \pi R^2 \rho_1 (1 - \epsilon_1) \} + (2R/3) (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) / (\tan \alpha_1 \cdot \tan \alpha_2)$$

$$\Delta_2 = W_2 / \{ \pi R^2 \rho_2 (1 - \epsilon_2) \} - (2R/3) (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) / (\tan \alpha_1 \cdot \tan \alpha_2)$$

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

これら二層が順次積層している場合の軸方向平均粒子径としては、

$$D_p(r) = \Delta \{ 1 - \epsilon(r) \} / \{ \epsilon(r) \cdot (C + Dr) \} \dots (6) \quad \text{ただし}$$

$$C = \Delta_1 (1 - \epsilon_1) / (D_{p1} \cdot \epsilon_1) + \Delta_2 (1 - \epsilon_2) / (D_{p2} \cdot \epsilon_2), \quad D = \{ (1 - \epsilon_1) / (D_{p1} \cdot \epsilon_1) - (1 - \epsilon_2) / (D_{p2} \cdot \epsilon_2) \} (\tan \alpha_1 - \tan \alpha_2) / (\tan \alpha_1 \cdot \tan \alpha_2)$$

$$(1) \sim (6) \text{式より } dP/dR = \rho \cdot \psi \cdot (C + Dr) \cdot v(r)^2 / (g_0 \cdot \phi \cdot \Delta) \dots (7)$$

仮定6)より、 $d(dP/dR)dr = 0 \dots (8)$ 、また連続の関係より

$$F = 2\pi \int_0^R r \cdot \epsilon(r) \cdot v(r) \cdot dr \dots (9)$$

したがって、(7),(8),(9)式から

$$v(r) = \frac{F_r}{2\pi \cdot E} \cdot \frac{1}{\sqrt{C + Dr}} \dots (10)$$

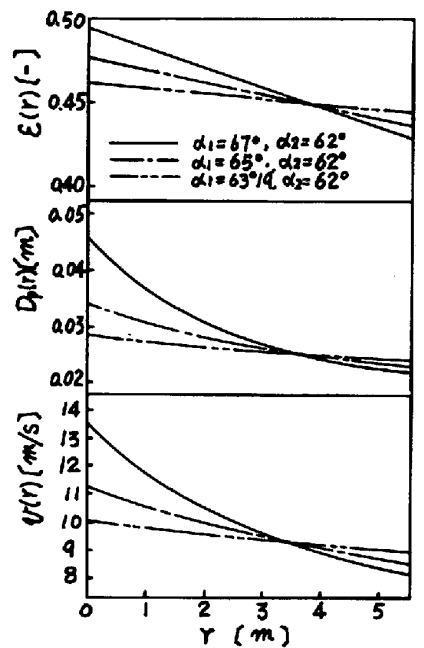


図2: 空間率、粒径、ガス流速の半径方向分布

$$\text{ただし、} E = 2 \sqrt{C + DR} \{ B(C + DR)^2 / 5 + (DA - 2BC)(C + DR) / 3 - C(DA - BC) \} - \sqrt{C} \{ BC^2 / 5 + (DA - 2BC) \cdot C / 3 - C(DA - BC) \} / D^3 \dots (11)$$

III 結果 $F = 5700 \text{ Nm}^3/\text{min}$, $T = 900^\circ\text{C}$, $W_1 = 23,000 \text{ kg}$, $W_2 / W_1 = 3.36$, $D_{p1} = 0.0527 \text{ m}$,

$D_{p2} = 0.0190 \text{ m}$ とする操業条件下での計算例を図2に示す。1) ガス流速の分布形状は、層高を観測されるガス温度分布形状とよく対応しているように推察される。2) 流速分布に影響する因子としては、両層間の安息角の差 $|\alpha_1 - \alpha_2|$, coke base, 焼結鉱粒径等があるが $|\alpha_1 - \alpha_2|$ の影響は著しい。

(記号): $D_p(r)$: 平均粒子径, F : ガス流量, T : ガス温度, W : 各層の装入物質量, $\epsilon(r)$: 平均空間率, ϕ : 粒子形状係数, ρ : 粒子密度
 (文献): 1) 桑原 藪: 鉄と鋼 56(1970)5345, 2) Stahl u. Eisen 49(1929)1728, 下岡 佐野: 日本鋼管技報 41(1967)270.