

(112) 充填層内における粉体2次元挙動の検討

住友金属工業(株) 中央技術研究所 山岡 秀行

I 緒言

前報¹⁾で、高炉内ガス流れを、粉を含有する固気2相流の立場から検討し、低ガス流速条件下で、固気2相流特有の通気阻害現象が生起することを示した。ここでは、上記理論を2次元空間に拡張し、固気2相流の観点から、高炉の不活性化問題について検討したので報告する。

II 充填層内固気2相流2次元数式モデルの概要

II-1. 基礎方程式 粉体挙動は、初期状態に依存すると考えられるので、以下に示すように、非定常状態を想定してガス、及び粉体運動記述式を導出した。

1) ガス
$$\frac{\partial}{\partial t} \epsilon_k \rho_g \frac{\vec{u}_g}{\epsilon_p} + \text{grad } P_g + \vec{F}_{P,g} + \vec{F}_{k,g} = 0 \quad \text{.....①}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \epsilon_k \rho_g + \text{div } \epsilon_k \rho_g \vec{u}_g = 0 \quad \text{.....②}$$

(=0^{*1})

2) 粉
$$\frac{\partial}{\partial t} (1-\epsilon_k) \rho_k \frac{\vec{u}_k}{\epsilon_p} + \vec{F}_{k,P} - \vec{F}_{k,g} + (1-\epsilon_k) \rho_k \vec{g} = 0 \quad \text{.....③}$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (1-\epsilon_k) \rho_k + \text{div } (1-\epsilon_k) \rho_k \vec{u}_k = 0 \quad \text{.....④}$$

(=0^{*2})

3) 相互作用

$$\vec{F}_{k,P} = 1.5 \frac{1+e}{1-e} (1-\epsilon_p) \rho_p (1-\epsilon_k) \rho_k \frac{(d_p+d_k)^2}{\rho_p d_p^3 + \rho_k d_k^3} \frac{\vec{u}_k |\vec{u}_k|}{\epsilon_p^2} \quad \text{.....⑤}$$

$$\vec{F}_{P,g} = 150 \mu_g \left(\frac{1-\epsilon_p}{\epsilon_p d_p} \right)^2 \frac{\vec{u}_g}{\epsilon_p} + 1.75 \rho_g \frac{1-\epsilon_p}{\epsilon_p d_p} \frac{\vec{u}_g |\vec{u}_g|}{\epsilon_p} \quad \text{.....⑥}$$

$$\vec{F}_{k,g} = 150 \mu_g \left(\frac{1-\epsilon_k}{\epsilon_k d_k} \right)^2 \frac{\vec{u}_k}{\epsilon_p} + 1.75 \rho_g \frac{1-\epsilon_k}{\epsilon_k d_k} \frac{\vec{u}_k |\vec{u}_k|}{\epsilon_p} \quad \text{.....⑦}$$

(Δu = u_g - u_k)

ここで、添字 g, P, K はガス、充填粒子、粉を示す。また、ρ は密度、u は空筒速度、ε は空隙率、d は粒子径、μ は粘性係数、P は圧力、e は反撥係数、g は重力加速度を示す。

II-2. 計算方法 ガスの非圧縮性(*1)と粉体運動の擬定常(*2)を仮定し、SOLA法を適用して①~③式からガスと粉の流速を求め、④式から粉の滞留状態を求める手続きの反復により、粉とガスの非定常的挙動を計算した。

III 不活性化機構の検討

Fig.1に示すように、ガス流速の低下(A→B)や、炉壁部細粒偏積(C→B)により、炉壁側のガス流速が低下すると、羽口前の強い上昇流で吹き上げられた粉が滞留して不活性化帯を形成することが判明した。したがって、不活性化対策として、炉壁ガス流速維持が重要であるが、特に、低生産量操業下では、的確な装入物分布制御が肝要と考えられる。

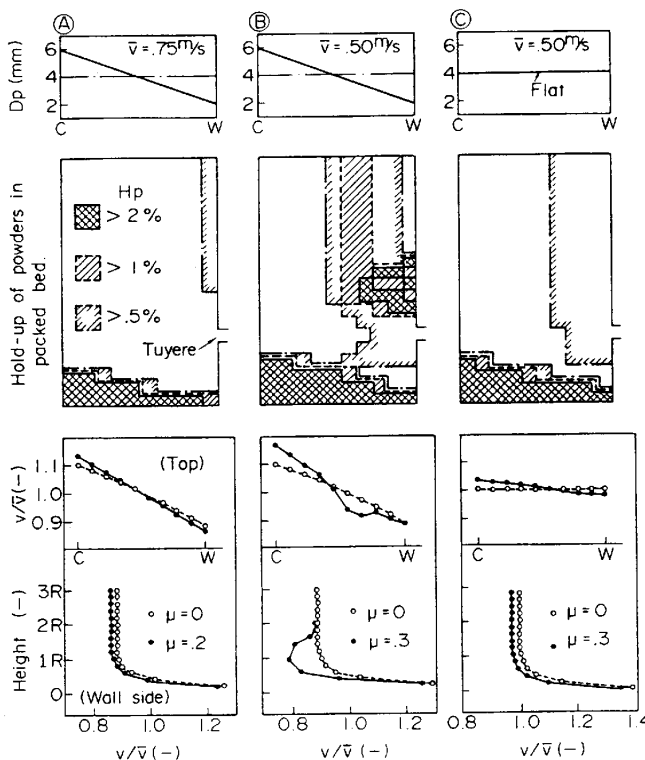


Fig. 1 Behaviour of powders (d_k=0.1mm) in packed bed (20min after injection)

1) 宮崎, 梶原, 山岡; 鉄と鋼, 70 (1984) 4, S90