

(4) 高炉滴下帯に相似させた条件下での気-液向流充てん層の物理特性

川崎製鉄 技術研究所 ○福武 剛

Imperial College

V. Rajakumar

1. 実験 内径95mmの塔に径8~12.7mmの粒子(破碎コークス、球)を最大60cmの高さに充てんし、上部から液、下部から空気を流し、液ホールドアップ、フラッディング速度を測定した。用いた液の物性値の範囲はそれぞれ密度 ρ (0.8~1.9 g/cm³)、粘度 μ (0.01~0.64 P)、表面張力 σ (24~89 dyn/cm)である。従来の研究が主として高炉の空塔液速度 u (約0.008 cm/s)より高い範囲で行なわれているのに対し、ここでは u を0.001~0.13 cm/sとした。また、溶鉄、溶滓がコークスをぬらさない点に着目し、異なる材質の固体を用いて接触角 θ (0~114°)の影響を調査した。

液の全ホールドアップ、 h_t は塔の重量変化を実験中連続的に測定して求めた。液量一定のままガス量を段階的に増し h_t とガス圧力損失が急増する点をフラッディング開始点とした。

2. ガスを流さないときの液ホールドアップ h_t を静的(h_s)と動的(h_d)ホールドアップの和であるとして実験により求めた測定値から最小自乗法によりそれぞれ次の回帰式を得た。

$$h_s(\%) = 1 / [0.205 + 0.00263 \frac{\rho g \phi^2 d^2}{\sigma (1 + \cos \theta) (1 - \epsilon)^2}] \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$h_d(\%) = 605 \left[\frac{\rho u d \phi}{(1 - \epsilon) \mu} \right]^{0.648} \left[\frac{\rho g d^3 \phi^3}{\mu (1 - \epsilon)^3} \right]^{-0.485} \left[\frac{\rho g d^2 \phi^2}{\sigma (1 - \epsilon)^2} \right]^{0.097} [1 + \cos \theta]^{0.648} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 g は重力の加速度(cm/s²)、 ϕ は粒子の形状係数、 d は粒子径(cm)、 ϵ は空間率である。 h_t の実測値とこの式による推定値の偏差は±0.6%(絶対値)以内であった。

3. フラッディング 測定データをSherwood¹⁾とMersmann²⁾の線図にプロットして両者を比較した。後者のデータのばらつきは前者のその半分であるので後者を採用した。発表された線図に含まれていないぬれ性の影響は、(2)式で u と $(1 + \cos \theta)$ の指数が等しいことから $(\cos \frac{\theta}{2})^2$ を横軸の無次元かん液量に乗ずることにより補正して、図1に示すフラッディング線図を得た。

4. フラッディングと流動化の競合 粒子の密度を低くし、あるいは液密度を増してゆくと、液のフラッディングが起こるまえに充てん層の流動化が始まる。図2は両者の起こる領域を2つの無次元数により識別したもので、図中右上の領域ではフラッディングが、左下の領域では流動化が起こる。図から高炉内ではコークスの流動化が起こることがわかる。

5. その他の記号 ΔP_d =圧力損失、 L =層高、 ρ_s =粒子密度

6. 文献 1) T.K. Sherwood et al., Ind. Eng. Chem. 1938, 30, 765.

2) A. Mersman, Chemie Ing. Techn., 1965, 37, 218

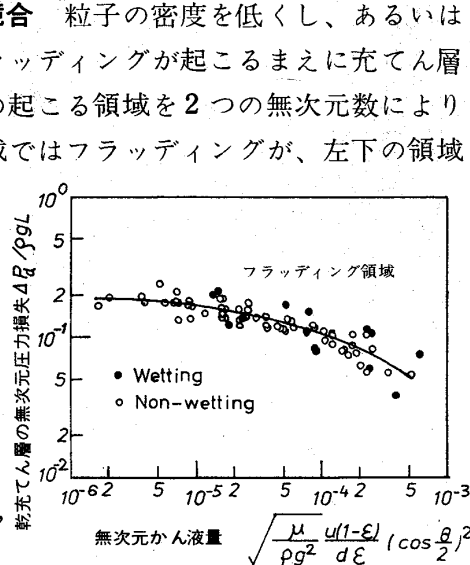


図1 フラッディング線図

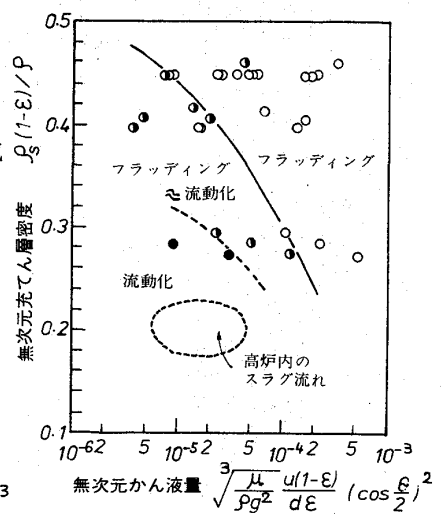


図2 フラッディングと流動化を識別する線図