

(108) | 気-液向流充てん層の液ホールドアップとガス圧力損失の推算式
(滴下帯の流れの研究-第2報)

川崎製鉄 技術研究所 ○福武 剛, 岡部 俛児

1. 緒言 羽口近傍を除く高炉滴下帯の中, 上部では, 気, 液流はほぼ向流に流れ, 化学工学の分野で取り扱われているかん液充てん層に類似している。このような流れでは, ガス流と液流が相互に影響するため解析が困難で, 滴下帯に適用しうるとして定まった評価を受けている圧力損失式はないようである。ここでは, 第1報¹⁾と同じ実験データを解析して得たホールドアップと圧力勾配の推算式を示す。

2. 気-液向流領域に拡張した圧力損失式 液体の存在しない乾燥時のガス圧力損失式をかん液層に拡張するため, 層内に存在する液体を仮想的な粒径 d_l を持つ粒子と考え, 層が, 固体粒子(有効粒径 $d_p\phi$)と液粒子の混合物と考える。このとき混合物の粒径は両者の調和平均径で与えられ, 圧力損失式は,

$$\frac{\Delta P_w}{\Delta L} = \left\{ A \left(\frac{1-\epsilon}{d_p\phi} + \frac{h_t}{d_l} \right)^2 V + \left(\frac{1-\epsilon}{d_p\phi} + \frac{h_t}{d_l} \right) V^2 \right\} / (\epsilon - h_t)^3 \dots\dots (1)$$

で与えられる。(1)式は, 乾燥時, かん液時両方に適用でき, 定数A, Bは乾燥時の圧力損失の測定値または実験式から求められる。

3. h_t と d_l の実験式 h_t と d_l は主として $\Delta P_w/\Delta L$ に影響され, ぬれ性と液体の表面張力により $\Delta P_w/\Delta L$ の影響の程度が異なるので, 実験値の解析によりこれらの影響を一括して示す無次元数 X_p を導入した。

$$X_p = \left[\frac{\Delta P_w}{\Delta L} \right] \cdot \left[\frac{\rho_l g d_p^2 \phi^2}{\sigma(1-\epsilon)^2} \right]^{0.3} \cdot [1 + \cos\theta]^{-0.5} \dots\dots (2)$$

d_l を無次元化するため液滴のキャピラリー数 C_{p1} を用いた。

$$C_{p1} = \rho_l g d_l^2 / \sigma \dots\dots (3)$$

最小自乗法を適用して, h_t , C_{p1} の実験式(4), (5)を得た。

$$h_t = h_{t0} (1 + 0.679 X_p^2) \dots\dots (4)$$

$$\sqrt{C_{p1}} = 6.828 (\sqrt{X_p} - 0.891)^2 + 0.695 \dots\dots (5)$$

図1に h_t の実験値と推定値の比較, 図2に $\sqrt{C_{p1}}$ と $\sqrt{X_p}$ の関係を示す。

4. $\Delta P_w/\Delta L$ の推算 図3

に $\Delta P_w/\Delta L$ の実験値と, A, B, h_{t0} , Vを与えて, (1)~(5)式を連立させて解いた計算値の比較を示す。

記号 $\Delta P_w/\Delta L$ = 圧力損失, ϵ = 空間率, h_t = 全ホールドアップ, V = ガス流速, ρ_l = 液密度, σ = 表面張力, θ = 接触角, h_{t0} = ガス流のないときの h_t , d_p = 粒子径, ϕ = 形状係数。文献 1) 福武,

岡部: 鉄と鋼 64(1978)S32

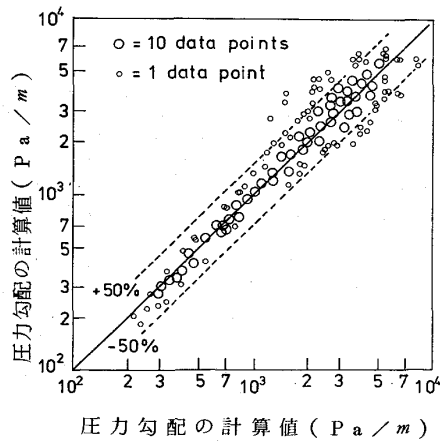


図3 圧力勾配の実験値と計算値の比較

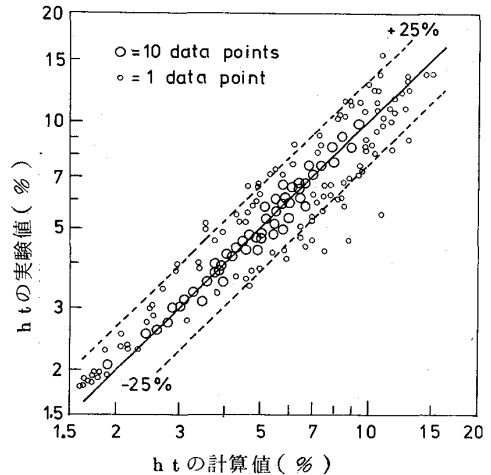
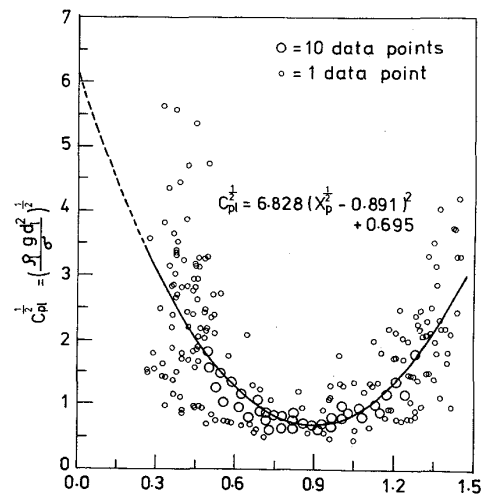


図1 h_t の実験値と計算値の比較



$$X_p^{1/2} = \left(\frac{\Delta P_w}{\Delta L \rho_l g} \right)^{0.5} \left(\frac{\rho_l g \phi^2 d_p^2}{\sigma(1-\epsilon)^2} \right)^{0.15} (1 + \cos\theta)^{-0.25}$$

図2 $\sqrt{C_{p1}}$ と $\sqrt{X_p}$ の関係