

(128) プラスティングによる粉体の侵入深さ水モデル実験

(高炉樋脱珪法の開発 第3報)

住友金属工業㈱ 鹿島製鉄所 丸川雄浄 姉崎正治○山本高都
青木伸秀

1. 緒言 最近、粉体自身の大きな界面積を利用して、反応の迅速化をはかる粉体精錬技術の進歩が著しい。高炉樋脱珪処理においても、安定して高効率を得るには、粉体吹付法が有利である¹⁾。高炉樋脱珪プロセスを総合的に解明する一環として、粉体の挙動の研究が必要と考え、粉体吹付水モデル実験を行ない、粉体の液中への侵入深さ(及び時間)について理論解析解を導出した。

2. 実験方法 1)高炉樋型水モデルを用い、レーザードップラー流速計、高速度ビデオ撮影等により、ノズル先端～水中に及ぶ粉体挙動の観察、測定を行なった。粉体は、ポリプロピレン(粒径 = 0.3mm, 比重 = 0.9)を使用した。Table 1 に試験条件を示す。

3. 実験結果及び理論解析

(1)ガスによる液体のくぼみ深さ(L₁) : J. Szekelyらが導出した。力のつり合いに基く理論式eq. 1²⁾と本水モデル結果が良く合った(Fig. 1)

$$\left(\frac{L_1}{L_0}\right)^2 (L_0 + L_1)^2 = 154 d_0 \tau_g u_g^2 / 8g \tau_L L_0^3 \dots\dots (1)$$

ここに、 τ_g : ガス比重量, τ_L : 液比重量, u_g : ガス速度である。

(2)粉体の侵入深さ(L) : モデルの構成をFig. 2に示す。主たる仮定は、 i) 粒子は集団運動する。

ii) 粒子群先端での速度は 0 なので、流体抵抗としては、摩擦抵抗のみを考慮する。

これより、力のつり合いをとり整理すると基礎微分方程式は、

$$du/dt = -g(\tau_L - \tau_S)/\tau_S - (\pi D \lambda \tau_L / 8\dot{m}) u^3 \dots\dots (2)$$

ここに、 u : 粒子速度, t : 時間, τ_S : 粒子比重量, λ ³⁾ : 摩擦抵抗係数(層流域では $\lambda = 64/Re$, 乱流域では $\lambda = \text{一定数}$)である。

eq. 2を臨界レイノルズ数(臨界速度 u_0)で分割し、積分すると、

$$\begin{aligned} \text{侵入深さ}(L) = & \frac{1}{6CF} \left[\ln \left\{ \frac{u_0^3 + F^3}{(u_0 + F)^3} \right\} - \ln \left\{ \frac{u_1^3 + F^3}{(u_1 + F)^3} \right\} \right] + \frac{1}{2B} \ln \left(1 + \frac{B}{A} u_1^2 \right) \\ & + \frac{1}{\sqrt{3} CF} \left\{ \arctan \left(\frac{2u_0 - F}{\sqrt{3} F} \right) - \arctan \left(\frac{2u_1 - F}{\sqrt{3} F} \right) \right\} \dots\dots (3) \end{aligned}$$

ここに、 $A = g(\tau_L - \tau_S)/\tau_S$, $B = 8\pi \tau_L \nu / \dot{m}$, $C = \pi D \lambda \tau_L / 8\dot{m}$, $F^3 = A/C$, ν : 動粘度である。

Fig. 3に、侵入深さの理論解析値と水モデル結果の一例を示す。高炉樋脱珪に適用した場合、数百mm脱珪剤が侵入すると推算され、実現象の現象と良く合う。到達時間も同様にして解析解を得る。

4. 結言 粉体吹付けによる粉体の侵入深さは、理論解析解eq. 3により推算することが出来、実現象を良く説明できる。

参考文献

- 1) たとえば、丸川ら : 鉄と鋼 70(1984), S 120
- 2) J. Szekely et al : Fluid Flow Phenomena in Metals processing (1979), P 352
- 3) J.M. key : 流れ学(基礎と応用), P 62

Table 1 Experimental condition	
Mass velocity \dot{m} (g/min)	100 ~ 2200
d_0 (mm)	3.1, 4.6, 6.2
L_0 (mm)	100, 300, 500
N ₂ gas flow rate (l/min)	70, 140, 280

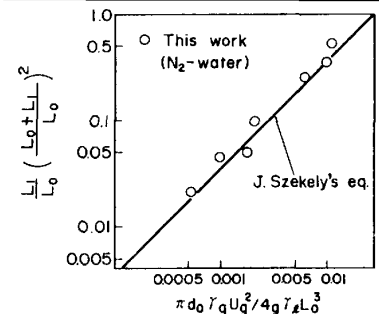


Fig. 1 Depth of the cavity, when a gas jet impinges on a liquid pool.

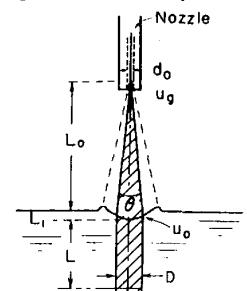


Fig. 2 Model of impinging gas-powder jet.

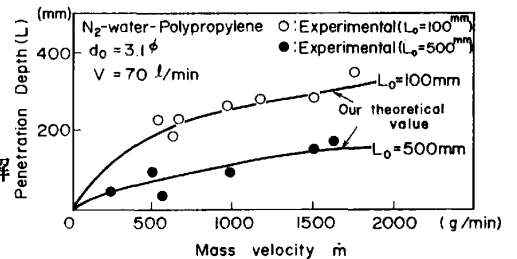


Fig. 3 Relation between our theoretical value and experimental value for penetration depth.