

(5) 2次元モデルによる高炉内の圧力分布の無次元化と炉床のスラグの液面形状の推定

川崎製鉄 技術研究所 ○福武 剛 岡部依児

1. 緒言 高炉炉床にたまったスラグの液面の形状を知るために、スケールアップについての理論的考察により無次元圧力を導き、この無次元圧力を用いて2次元模型により高炉内の液面分布を推定した。
2. 実験装置と実験方法 圧力分布の測定を行なった装置を図1に示す。充てん粒子として球形のガラス玉を用い、ガスはN₂を用いた。流量の測定は、乾式ガスメーターで検定したオリフィスによつた。圧力は先端を切り落とした注射針により取り出し、ストレインゲージ式の差圧変換器とデジタルボルトメーターで測定した。液面分布の測定は図1に示す装置の半載の模型で写真により行なった。
3. 圧力分布の無次元化 充てん層内のガスの定常流れの運動方程式は、ガス密度が小さいため重力項を無視し、摩擦力を充てん層の圧力損失に相当するとしてR_x (x方向)とおき、慣性項を無視¹⁾するとx方向について(1)式で示される(y, z方向についても同様の形になる)。

$$\frac{\partial P}{\partial x} = R_x \quad \text{----- (1)}$$

圧力損失式に Ergun²⁾ の式を適用し、圧力P₀の基準点で装置断面の平均流速V₀、ガス密度ρ₀、装置径D_T、充てん粒子径D_p、空間率ε、ガス粘度μとして次の無次元数により(1)式を無次元化すると、

$$P^* = (P^2 - P_0^2) / (2 P_0 \cdot R_0 \cdot D_T) \quad \text{--- (2)}, \quad x^* = x / D_T, \quad V^* = V / V_0, \quad V_x^* = V_x / V_0 \quad \text{--- (3)}$$

$$\frac{\partial P^*}{\partial x^*} = - \frac{1.75 + 150 / (Re_p' V^*)}{1.75 + 150 / Re_p'} \cdot V^* \cdot V_x^* \quad \text{----- (4)}$$

(4)式が得られる。ここで、 $Re_p' = \rho_0 \cdot V_0 \cdot D_p / (\mu \cdot (1 - \epsilon))$ 、P = 圧力、R₀ = 基準点の条件で平均流速V₀によつて起きる充てん層の圧力勾配、V = ガス流速(スカラー)、V_x = x方向の流速成分である。

図2は図1のNo.7を基準点としたときのNo.2, No.3の無次元圧力(2)式)を示したもので、点は3~4個の平均値である。これから圧力分布は(2)式の無次元圧力を用いることによりスケールアップ可能で、レイノルズ数(Re_p)が変わつても無次元圧力は、ほとんど変化しないことがわかる。

4. 炉床の液面の形状 無次元圧力が模型と装置で等しいので、圧力分布により液面の形状が決まると仮定すれば、液体の密度ρ_L、重力の加速度g、重力換算係数g_cとして、無次元数R_L = R₀ · g_c / (ρ_L · g)が等しければ近似的に液面のスケールアップが可能である。中央部の液面が一定(水準A, B)のとき、レースウェイ前と中央部の液面の高さの差ΔHは、R_Lにより図3のように変化する。図3で粒度の異なるデータが同一の変化を示すので液面はR_Lによりほぼ決まることがわかる。高炉内ではρ_L = 2.65とするとR_L = 0.056 ~ 0.34と推定されるので図3から高炉炉床の液面分布はあまり大きくないといえる。

文献 1) J.Radestock, Dr.-Ing.-Diss. Techn. Univ. Clausthal 1969
2) S.Ergun, Chem. Eng. Progress, 48, (1952)89.

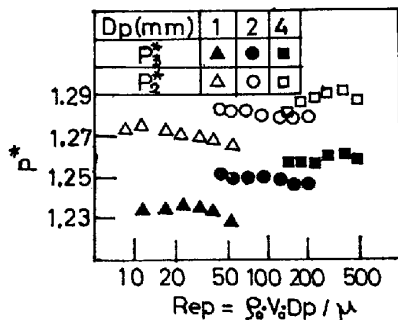


図2. P*とRe_pの関係

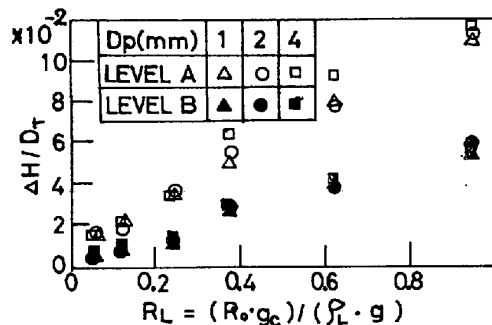


図3. ΔH/D_TとR_Lの関係

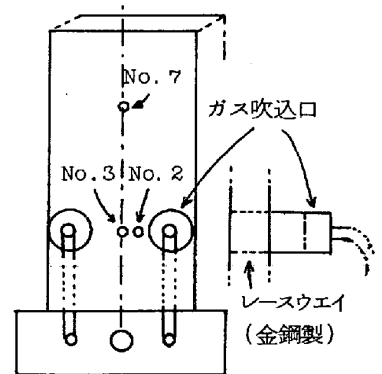


図1. 圧力分布測定装置