

(45) 層状装入高炉のシャフト内ガス流れの近似解析

名古屋大学 工学部

桑原 守 ・近松 栄二
野 巖

1. 緒言 高炉内を上昇するガスの流量は、層状装入に起因して半径方向にも軸方向にも分布することになる。前報¹⁾²⁾では、各半径位置で隣接二層における流通抵抗を平均して得られる質量速度の半径方向分布の近似解析¹⁾、さらに各半径位置において隣接二層の流通抵抗の差に起因する流量分配比²⁾を算出する近似解析を提出した。ここでは、前報の二つの近似解析の手法に若干の修正を加えた結果を示すとともに、両手法を結合することによって各層内におけるガスの質量速度 G_c , G_o の半径方向分布を簡単な計算で予知する手法について報告する。

2. 近似解析 図1で折線は流線を示す。隣接する鉱石層とコークス層を1ブロックと考えるとき、1ブロックでの全圧損失を各層での圧損失の和として表わすと、そのブロックの平均粒子径は、 $\bar{d}_p(\zeta) = \Delta(1-E)/\{\bar{E}^3(C+D\zeta)\} \dots(1)$, $E \neq 1$, $\bar{E} = A+B\zeta \dots(2)$, 前報¹⁾と同様にして、各半径位置で1ブロックで平均した質量速度 $G_{\ell}(\zeta)$ は、 $G_{\ell}(\zeta)/G_o = 1/\sqrt{C+D\zeta} \dots(3)$, $E \neq 1$, G_o は断面平均での質量速度である。ここで各無次元因子は、 $A = (\Delta_c \epsilon_c + \Delta_o \epsilon_o)/\Delta$, $B = (\epsilon_o - \epsilon_c)\Delta R/\Delta$, $C = \Delta_c(1-\epsilon_c)/d_{pc} \epsilon_c^3 + \Delta_o(1-\epsilon_o)/d_{po} \epsilon_o^3$, $D = \{(1-\epsilon_o)/d_{po} \epsilon_o^3 - (1-\epsilon_c)/d_{pc} \epsilon_c^3\} \Delta R_o$, E は $\alpha_o \neq \alpha_c$ のとき、 $E = 2(\sqrt{C+D} - \sqrt{C})/D$ (二次元), $E = 4\{(D-2C)\sqrt{C+D} + 2C\sqrt{C}\}/3D^2$ (三次元), $\alpha_o = \alpha_c$ のときは、 $E = 1/\sqrt{C}$, $\Delta = \tan \alpha_o - \tan \alpha_c$ また、1ブロック通過後、流線が元の半径位置に回復する条件から $\tan \theta_c = (\Delta/\Delta_o) \tan \alpha^* - (\Delta_c/\Delta_o) \tan \theta_o \dots(4)$, 両層間での流量分配比は $G_o/G_c = \sin(\theta_c - \alpha^*)/\sin(\theta_o - \alpha^*) \dots(5)$, ブロックの下端に垂直に流入させた G_{in} と G_c との関係は $G_c/G_{in} = \cos \alpha^*/\sin(\theta_c - \alpha^*) \dots(6)$, $E \neq 1$, これらの式で、 $\alpha^* = (\alpha_o + \alpha_c)/2$ とした。各層内での流線の長さは $l_c = \Delta \cos \theta_o/\sin(\theta_c - \theta_o)$, $l_o = -\Delta \cos \theta_c/\sin(\theta_c - \theta_o) \dots(7)$, 1ブロック内の全圧損失を Ergun 式で表わすと、 $-(\Delta P)_t = (f_{1c} + f_{2c} G_c) G_c l_c + (f_{1o} + f_{2o} G_o) G_o l_o \dots(8)$, $E \neq 1$, $f_1 = 150(1-E)^2 \mu / E^3 (\phi dp)^2 \rho$, $f_2 = 1.75(1-E) / E^3 (\phi dp) \rho$, (4)~(8) 式を連立させて、 $(\Delta P)_t$ を最小とするような $\theta_o, \theta_c, G_o/G_c, G_c/G_{in}$ を決定する。一方、 $G_{in} = G_{\ell}(\zeta) \dots(9)$ の関係を適用すると、 $G_o(\zeta)$ および $G_c(\zeta)$ が求められる。

3. 計算結果 図2は、二次元系での G_o および G_c の半径方向分布の計算結果の一例を示している。同図や他の計算例でも、近似解析により得られる G_o と G_c の分布は、流れの方程式の数値計算結果に数%以内の誤差で一致する。また、近似解析での計算時間は数値解析でのそれの約1/20程度である。

記号 θ : 横軸の正方向からの反時計回りの流線方向, R_o : 炉幅, r : 横方向距離, α : 見かけの安息角

文献 1) 桑原, 野; 鉄と鋼, 62 (76) P463. 2) 桑原, 近松, 野; 鉄と鋼 62 ('76) S440.

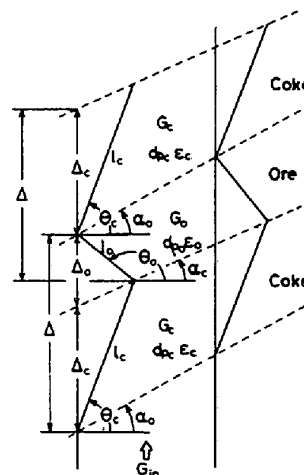


図1. 層状装入物層内の流れの模式図

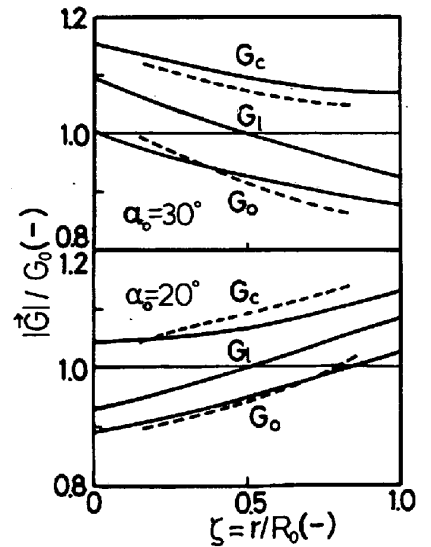


図2. 二次元系での質量速度の半径方向分布(実線: 近似解, 破線: 数値解, $\alpha_c = 25^\circ$)