

(60) 融着充填層におけるガス流れ, 伝熱および還元反応の非定常解析

住友金属工業(株) 中研 ○高谷 幸司 岩永 祐治
下田 輝久

I 緒言

融着層を考慮した高炉のモデル解析としては, ガス流れと伝熱を組込んだ報告¹⁾等がなされているが, その数は少なく, 多くは定常解を得るにとどまっている。本報告では一つの融着帯を想定した系²⁾に対し, 還元反応挙動を表現する非定常数式モデルを開発し, モデル計算と実験結果とを対比する。

II 数式モデルの概要

Fig.-1 に示す系において, ガスの運動方程式に Ergun 式を採用した。ガスと固体に関する物質および熱の収支式を以下に示す。(直交座標系)なお, 還元反応には未反応核モデルを用い, 速度パラメータは単一融着粒子の還元実験より決定した。

また, ガス流れは圧力と質量流量を変数として time-marching 法により解き, 他の方程式については, SOR 法を変形して収束性を高めた。

$$\begin{cases} \epsilon_B \frac{\partial \rho_g k}{\partial t} + \frac{\partial(\rho_g G_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_g G_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho_g D_x \frac{\partial x_k}{\partial x})}{\partial x} + \frac{\partial(\rho_g D_y \frac{\partial x_k}{\partial y})}{\partial y} - R_k = 0 \\ \epsilon_B \frac{\partial(\rho_g C_{pg} T_g)}{\partial t} + \frac{\partial(C_{pg} T_g G_x)}{\partial x} + \frac{\partial(C_{pg} T_g G_y)}{\partial y} + \frac{\partial(k_{gx} \frac{\partial T_g}{\partial x})}{\partial x} + \frac{\partial(k_{gy} \frac{\partial T_g}{\partial y})}{\partial y} \\ + \alpha_p h_p (T_g - T_s) - \sum_k R_k (-\Delta H_k) (1 - \eta) = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial t} = - \frac{R_{CO}}{d_o (1 - \epsilon_B) M_{CO}} \\ \frac{\partial(\rho_B C_{ps} T_s)}{\partial t} + \frac{\partial(k_{sx} \frac{\partial T_s}{\partial x})}{\partial x} + \frac{\partial(k_{sy} \frac{\partial T_s}{\partial y})}{\partial y} + \alpha_p h_p (T_s - T_g) - \sum_k R_k (-\Delta H_k) \eta = 0 \end{cases}$$

α_p : 比表面積 C_p : 比熱 D : 拡散係数 d_o : 被還元酸素濃度 d_p : 粒子径 f : 還元率
 G : 質量流量 h_p : 熱伝達係数 k : 熱伝導度 M_{CO} : CO分子量 R_k : k 成分生成速度
 T : 温度 x_k : k 成分分率 ϵ_B : 空隙率 ρ : 密度 (添字) g : ガス s : 固体 B : 充填層

III 計算結果

還元ガス温度を 1100℃ から 1300℃ にステップ変化させた計算例を Fig.2, 3 に示す。

(1) 融着層内の還元は, 拡散項を無視すると底部から反応進行するのに対し, 拡散項を考慮すると周囲から進行するようになる。(Fig.-2)

(2) 融着部の空隙率が小さくなると伝熱および反応は, 対流支配から拡散支配へと移行するが, 反応進行の方がその影響は大きい。(Fig.-3)

参考文献 1) 八木, 武田, 大森: 鉄と鋼, 66(1980), P1888 2) 杉山, 八木, 大森: 鉄と鋼, 64(1978), P1696

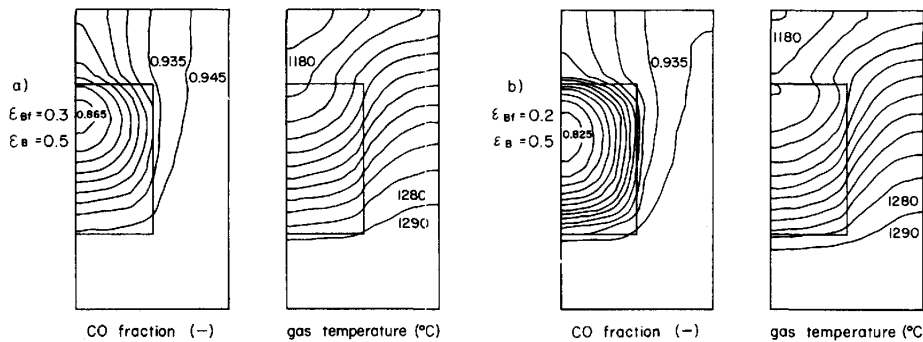


Fig. 3 Effect of fused layer porosity

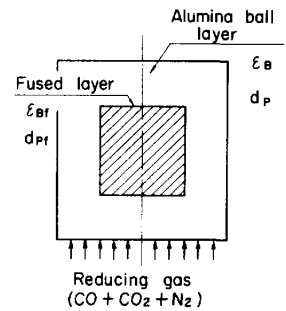
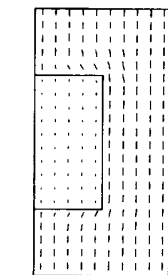
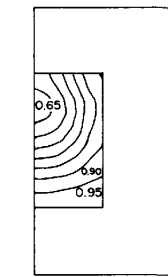


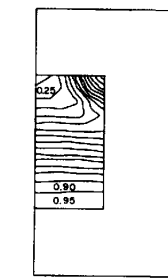
Fig.1 Schematic model for fused layer



a) gas flow pattern



b) reduction degree (-) (with diffusion)



c) reduction degree (-) (without diffusion)

Fig.2 Effect of diffusion