

(118) 高炉軟化融着帯形状の数学的シミュレーション

名古屋大学 工学部 ○桑原 守 鞭 裁

1. 緒言 前報¹⁾では、ガス流れ、装入物の運動、および伝熱方程式の同時解析によって高炉の軟化融着帯形状を推定する数学的モデルを提案した。本報では、さらに、反応、物質移動過程をも考慮したトータルモデルを作成し、最近の大型高炉の操業解析を行った結果について報告する。

2. 数学的モデル 本モデルは、ガス(g)、固体(A)、液体(m)の各相についての物質、運動量、および熱の微分収支に基づいており、それらはベクトル記号を用いて次のように表わされる。

各相を構成する全物質(n成分)についての質量保存式： $div \vec{G}_j - \delta_j \sum_{k=1}^n \beta_k R_k^* = 0$, $\beta_k = \sum_{i=1}^n \nu_{ik} M_i$, $(j=g, A, m)$, $\delta_g = 1$, $\delta_A = \delta_m = -1 \dots (1)$ 各相内の反応物質iについての物質収支： $div(C_j \vec{U}_i) + div \vec{N}_{ji} - \sum_{k=1}^n \nu_{ik} R_k^* = 0$, $(j=g, A, m) \dots (2)$ ガス相についての運動量収支(Ergun式のベクトル表現)： $grad P = -(f_1 + f_2 |\vec{G}_g|) \vec{G}_g \dots (3)$ ポテンシャル流の近似による装入物運動： $rot \vec{U}_i = 0$ ($i=ore, coke$) $\dots (4)$ ガス、装入物相についての熱収支式： $div(C_j T_j \vec{G}_j) + div \vec{q}_j + \delta_j h_p a (T_g - T_b) - \eta_j \sum_{k=1}^n R_k^* (-\Delta H_k) = 0$, $(j=g, b(A+m))$, $\delta_g = 1$, $\delta_b = -1$, $\eta_g + \eta_b = 1 \dots (5)$

3. 計算結果 最近の oil cut, 高燃料比操業 ($o/c = 3.27$, 送风量 $6549 \text{ Nm}^3/\text{min}$, 炉頂圧 2.5 atm) についての計算例を Fig.1 ~ 3 に示す。Fig.1 のガス流れ場、あるいは、Fig.2 の等温線パターン ($1200 \sim 1350^\circ\text{C}$ に融着層が存在するとした) で示されるように、本操業では熱流しが小さいため、溶融レベルの高い逆V型融着層が形成されている。Fig.3 で、ガス圧力はレースウェイ回りと炉頂近傍では炉壁側が高く、融着帯回りでは中心側に高い分布となっており、各位置におけるガス流れの方向に対応しているが、中心部と炉壁部での圧力差は小さい。また、中間部の CO_2 組成が 0% となるレベルは中間部の溶融位置に対応している。

記号 a: 比表面積, C: 比熱, C: モル濃度, f_1, f_2 : 抵抗係数, \vec{G} : 質量速度, h_p : 伝熱係数, ΔH : 反応熱, l: 軸方向距離, M: 分子量, \vec{N} : 拡散のモル流束(ベクトル), P: ガス圧力, \vec{q} : 熱伝導流束(ベクトル), r: 半径方向距離, R_{be} : 炉壁径, R^* : 総括反応速度, T: 温度, \vec{U} : 空塔流速, η : 反応熱の取得率, ν : 量論係数 (添字) b: 装入物, i: 成分, k: 反応

文献 1) 桑原, 鞭: 鉄と鋼, 67(1981), 5752.

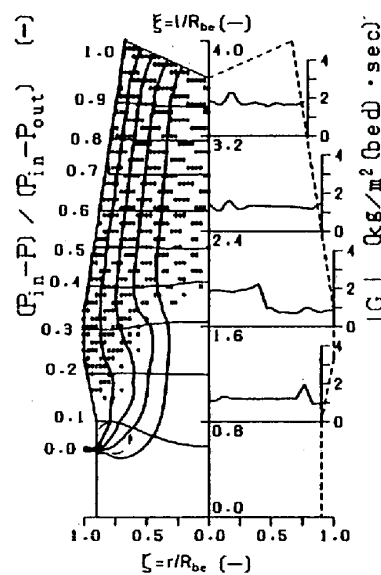


Fig.1. Streamlines, isobars and mass velocity of gas.

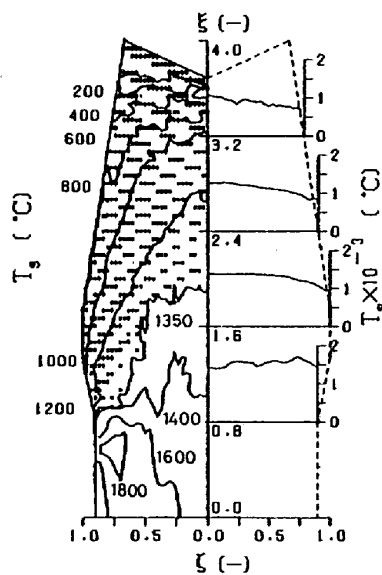


Fig.2. Isotherms and radial variation of burden temperature.

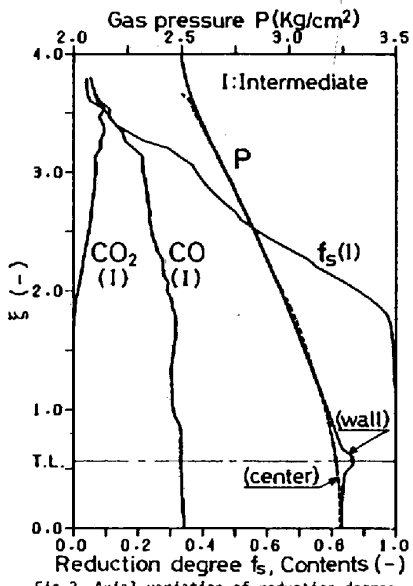


Fig.3. Axial variation of reduction degree, gas contents and gas pressure.