

(8) 高炉の炉内状況および出鉄量とカーボン比に及ぼすパラメータ変化の交効果

名古屋大学大学院
名古屋大学工学部○八木順一郎
鞭 巖

1. 緒言 高炉々内で起こる物理的あるいは化学的变化のうち主要な因子であると考えられる鉄石の間接還元反応およびカーボンソルーション反応の化学反応速度定数, 炉壁からの熱損失, 粒子・流体間の伝熱係数および装入鉄石の予備還元率を変化させ, 出鉄量, コークス比および炉内におけるプロセス変数の変化を数学的モデルを使って検討した。

2. 鉄石の間接還元反応とカーボンソルーション反応 従来, 著者らは高炉の数学的モデルで $(1/3)Fe_2O_3 + CO = (2/3)Fe + CO_2 \cdots (1)$ および $C + CO_2 = 2CO \cdots (2)$ の総括反応速度として (3), (4) 式を使用している。

$$R_1^* = \frac{\pi d_p^3 \phi_1^{-1} N_1 \cdot 273 P (x - x^*) / 22.4 t}{(1/\phi_{f1}) + d_p \{ (1 - f_d)^{1/2} - 1 \} / 2 D_{d1} + \{ k_1 (1 + 1/k_1) (1 - f_d)^{1/2} \}^{-1}} \quad (3)$$

$$R_2^* = \frac{\pi d_c^2 \phi_c^{-1} N_2 \cdot 273 P y / 22.4 t}{(1/\phi_{f2}) + (6/dc E_f \phi_c R_2)} \quad (4)$$

(3), (4) 式中の反応速度定数 k_1 と k_2 には (5), (6) 式を用いていた。

$$k_1 = 0.6 \cdot \exp(6.3586 - 6878/RT) [m/hr] \quad (5)$$

$$k_2 = 2.99 \times 10^{13} \exp(-80000/RT) [m^3/kg \cdot hr] \quad (6)$$

従来報告されている k_1 と k_2 の活性化エネルギー E_1, E_2 は $4 \sim 25 \text{ kcal/mole}$ および $40 \sim 100 \text{ kcal/mole}$ でかなり大きい変動がある。ここでは $E_1 = 6878, 10, 13, 16, 18.5 \text{ kcal/mole}$ として $E_2 = 59, 70, 80 \text{ kcal/mole}$ に変化させて, 両反応速度の変化に伴う出鉄量, カーボン比 Cr および炉内状況の変化を調べた。

k_1 を (5) 式から計算し, $E_2 = 59 \text{ kcal/mole}$ とし, 頻度因子を変化させて炉内におけるプロセス変数の軸方向分布を求めた結果を図1に示した。この場合には, 炉頂の装入条件, 炉口の送風条件はすべて一定にしてあるので, (2) 式の反応が起こらないセフト上部とは一致している。しかし, セフト下部から (2) 式の反応が起こりはじめると温度分布, CO, CO_2 のモル分率分布などにも変化が現われる。図中一鉄鎖線の場合は R_2^* があまり速すぎて, 定常状態になり得なかった例である。

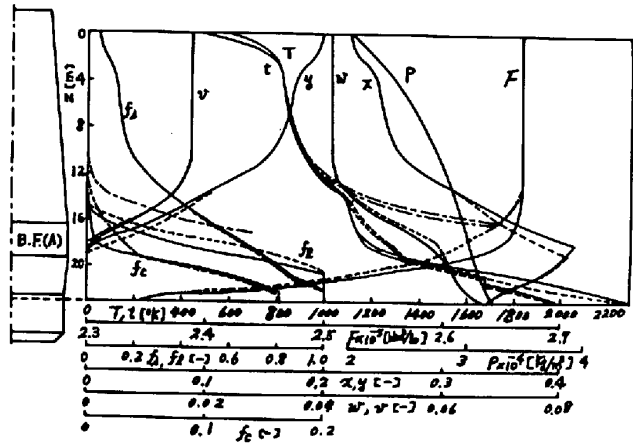


図1 k_2 を変化した場合のプロセス変数の軸方向分布
— $k_2 = 10^4 \exp(-59000/RT)$, --- $k_2 = 10^{12} \exp(-59000/RT)$, --- $k_2 = 10^{13} \exp(-59000/RT)$

3. 炉壁からの熱損失と粒子・流体間伝熱係数 h_p 炉全体の熱損失をパラメータとし, それに伴い総伝熱係数を変化させて炉内でのプロセス変数の分布状態を調べた。一方, h_p については, 種々の報告があるが数値がかなり相異しているので, ここでは, h_p をパラメータとして変化させ, w, Cr および炉内状況の変化の様子を調べた。

4. 装入鉄石の予備還元率変化 装入鉄石の予備還元率を $0 \sim 1$ まで変化させ, 予備還元率と Cr , w の関係および炉内でのプロセス変数の軸方向分布の変化を調べた。

記号: D_{d1} : 粒内拡散係数 $[m^2/hr]$; dc, d_{p1} : コークス, 鉄石の粒径 $[m]$; E_f : 有効係数; F : ガス流量 $[Nm^3/hr]$; f_c, f_e, f_s : コークス, 石灰石, 鉄石の反応率; K_1 : 平衡定数; ϕ_{f1}, ϕ_{f2} : 境界物質移動係数 $[m/hr]$; N_1, N_2 : 鉄石, コークスの個数 $[1/m^3(bed)]$; P : 圧力 $[atm]$; T, t : ガス, 粒子の温度 $[K]$; w, v, x, z, y : H_2, H_2O, CO , 平衡での CO, CO_2 のモル分率; ρ_c : コークスのみかけ密度 $[kg/m^3]$; ϕ_1, ϕ_2 : 鉄石とコークスの形状係数