

(20) 焼結炉の数学的モデル

名古屋大学工学部 樋口充蔵・鞭巖

焼結炉で鉄鉱石を焼結する場合、層内でのガスと粒子の温度分布を求めるための数学的モデルを展開し、その解析結果について報告する。粒子層には水分が添加されているが、乾燥速度曲線を恒率期間と減率期間第一段階とで近似し、伝熱の面から解析すれば基礎方程式として、(1)~(5)式がえられる。

[I] 恒率乾燥期間

$$-\partial(G C_g t_g)/\partial z - b(1-\epsilon)h_p(t_g - t_s)/d_p = \partial(\epsilon \rho_g C_g t_g)/\partial \theta \quad (1)$$

$$-\partial(G W_g)/\partial z + b(1-\epsilon)h_p(t_g - t_s)/(\Delta H_1 \cdot d_p) = \partial(\epsilon \rho_g W_g)/\partial \theta \quad (2)$$

$$-\partial W_s/\partial \theta = b \cdot h_p(t_g - t_s)/(d_p \rho_s \Delta H_1) \quad (3)$$

[II] 減率乾燥期間

(1), (2)式のほかに、

$$-\partial W_s/\partial \theta = b h_p(t_g - t_s)(W_s - W_e)/(W_c - W_e)(d_p \rho_s C_s) \quad (4)$$

$$\partial t_s/\partial \theta = b h_p(t_g - t_s)(W_c - W_s)/(W_c - W_e)(d_p \rho_s C_s) \quad (5)$$

[III] コークスの燃焼反応と熱交換

ここでは  $C + O_2 = CO_2$  の反応のみを考慮し、ガス側、粒子側について熱および物質収支をとれば、反応帯を表わす基礎方程式として、(1)式のほかに、

$$\partial t_s/\partial \theta = b h_p(t_g - t_s)/(d_p \rho_s C_s) + R_2^* (-\Delta H_2)/(1-\epsilon) \rho_s C_s \quad (6)$$

$$\partial(G C_o f/\rho_g)/\partial z - R_2^* = -\partial(\epsilon C_o f)/\partial \theta \quad (7)$$

$$\partial(\rho_s 4\pi r^3/3M_c)/\partial \theta = -R_2^* \quad (8)$$

$$R_2^* = n_c 4\pi r^2 \bar{k}_0 C_o(1-f) \quad (9)$$

[I]の場合および[II]で反応がない場合には解析解を得ることが出来る。しかし[III]の場合と[IV]で反応を伴う場合には非線型となるので、計算機による数値解法によった。[III]で反応を伴う場合に、

各物性定数の温度変化を考慮して、計算した結果の一例を図に示す。さらに結晶水の蒸発、石灰石の熱分解反応、鉱石の溶融および凝固過程、カーボンソルーション反応、鉄鉱石の酸化および還元反応、粒子間の放射伝熱、熱伝導の効果を検討したモデルに改修すれば実測値をよりよく説明できよう。

(文献) 1) H.C. Hottel: I.E.C., 28(36), 1334  
 2) 深川, 石川, 野口, 楢岡: 鉄と鋼, 50(64), 338  
 3) 下村: 富士技報, 10('60), 219

- $C_g, C_s$ : ガス, 粒子の比熱 [kcal/kg·K]
- $C_o$ : 送風ガス中の酸素濃度 [kgmol/kg]
- $d_p$ : 平均粒子径 [m]
- $f$ : ガス中の酸素転化率 [-]
- $G$ : ガスの質量速度 [kg/m<sup>2</sup>·hr]
- $h_p$ : 粒子-流体間伝熱係数 [kcal/m<sup>2</sup>·hr]
- $\Delta H_1$ : 水分の蒸発潜熱 [kcal/kg(H<sub>2</sub>O)]
- $\Delta H_2$ : コークスの燃焼熱 [kcal/kg]
- $\bar{k}_0$ : 総括反応速度定数 [m/hr]
- $M_c$ : 炭素の分子量 [kgmol/kg]
- $n_c$ : コークス粒子数 [個/m<sup>3</sup>(bed)]
- $r$ : コークス粒子半径 [m]
- $R_2^*$ : コークス反応量 [kgmol/m<sup>3</sup>(bed)·hr]
- $t_g, t_s$ : ガス, 粒子温度 [°K]
- $W_g, W_s$ : 含水率 [kg(H<sub>2</sub>O)/kg(D.B.)]
- $W_c, W_e$ : 限界, 平衡含水率 [kg(H<sub>2</sub>O)/kg(D.B.)]
- $z$ : 層頂からの距離 [m],  $\epsilon$ : 空隙率 [-]
- $\theta$ : 時間 [hr],  $\rho_c$ : コークス嵩密度 [kg/m<sup>3</sup>]
- $\rho_g, \rho_s$ : ガス, 粒子密度 [kg/m<sup>3</sup>]

