622.341.1 : 542.941 : 521.127.1

S 6

(6) 酸化鉄粒子充填層の水素による還元反応の数学的モデル

70282

九州工業大学　沢村企好
富士製鉄 広畑製鐵所　○相良 勝

1. 緒言

酸化鉄粒子充填層の還元ガス濃度分布、物質移動過程、化学反応過程を考慮した還元反応モデルを作成し操作条件の還元分布、ガス濃度分布への応答を解析し実験結果と比較した。

2. 解析法

充填層内で温度一定、半径方向でのガス組成は均一で定常状態にあると粒子の物質収支より、ガス境膜拡散、粒内拡散、界面反応の3過程を考慮した還元反応速度は

$$\partial N/\partial\theta = 4\pi r_0^2\left[(1+1/K_e)C_{H_2}^{(b)} - 1/K_e\right]/\left[\alpha + \beta r_0(1-f)/f + \gamma/f^2\right] \quad \cdots\cdots (1)$$

又

$$\partial N/\partial\theta = -4\pi\rho_{Fe_2O_3} r_0^3(1-\epsilon_s) f^2/M_{Fe_2O_3}\cdot\frac{\partial f}{\partial\theta} \quad \cdots\cdots (2)$$

(1),(2)より

$$\frac{\partial f}{\partial\theta} = -M_{Fe_2O_3}\left[(1+1/K_e)C_{H_2}^{(b)} - 1/K_e\right]/(1-\epsilon_s)\rho_{Fe_2O_3} r_0\left[\alpha f^2 + \beta r_0 f(1-f) + \gamma\right]$$

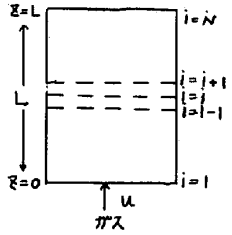

図1 解析図.

一方、充填層の物質収支と(1)式より

$$C_{H_2}^{(b)} = \left[1/K_e + \exp(-YZ)\right]/(1+1/K_e)$$

ここで $A = 1/k_f^{(H_2)} + 1/k_f^{(H_2O)}K_e$, $B = 1/D_{H_2}^{eff} + 1/D_{H_2O}^{eff}\cdot K_e$, $C = 1/k_p$

$\alpha = 1/\rho_{H_2}\cdot k_f^{(H_2)} + 1/\rho_{H_2O}\cdot k_f^{(H_2O)}K_e$, $\beta = 1/\rho_{H_2}\cdot D_{H_2}^{eff} + 1/\rho_{H_2O}\cdot D_{H_2O}^{eff}\cdot K_e$, $R = 1-f^3$

$Y = \pi 4\pi r_0^2(1+1/K_e)/u\left[A + Br_0(1-f)/f + C/f^2\right]$, $\gamma = 1/k_p\cdot\rho$, $f = r_i/r_0$

(3)式を$\Delta\theta$のキザミでRunge-Kutta法で解き(4)(5)を用いて還元率分布、濃度分布を求める。

3. 実験方法

ヘマタイト粒子の充填層を反応管内で水素還元し、熱天秤にて測定した。還元温度は800°C、900°C 1000°Cとする。

4. 実験結果及考察

モデルによる解析値と実験値の比較を図2に示す。図より800°Cから900°Cへの温度上昇により還元反応速度は増加するが、1000°Cではこの傾向は認められない。この現象はEdströmによっても認められ、swellingやsinteringなどによって生成鉄の空孔率が低下し粒内拡散抵抗が増し反応速度が低下すると考えられる。図3は各レベルに於る水素濃度の変化を示し反応装置下部の水素濃度の回復は早いが、上部の回復は遅れる。又水素濃度は軸方向に関して急激に低下し鉄-wüstite系の平衡濃度に近ずくことから反応装置上部で還元は圧迫され時間が経過して水素濃度が回復して上部で急激に進行する。これは図4からも分かり、図より I, II, III レベルでは同時に還元反応は進行するが上部では遅れていることが分かる。これらの図より還元率分布、ガス濃度分布を推定出来る。

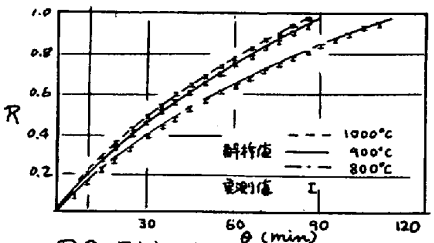

図2 還元率(R)-時間変化

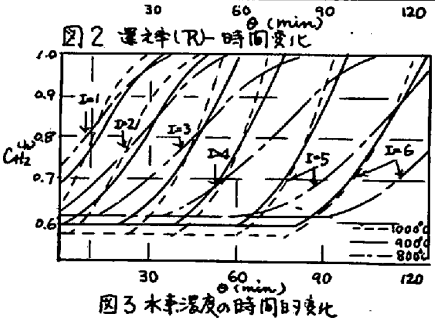

図3 水素濃度の時間的変化

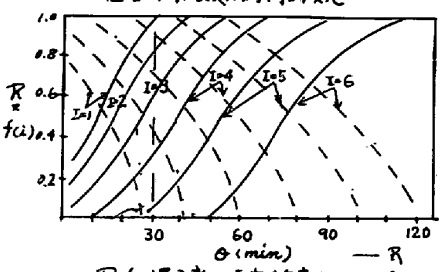

図4 還元率の時間的変化

5. 記号

C_{H_2}: 水素濃度, D_i^{eff}: i成分の有効拡散係数
k_f: 境膜物質移動係数, k_p: 界面反応速度定数, K_e: 鉄-wüstite系平衡定数, M: 分子量, $\mathcal{N}$: 単位体積中の粒子数, u: ガス流速, ρ_i: i成分の密度, θ: 時間, f(i): iレベルでのfの値