

(2) 酸化鉄ペレットの水素還元反応速度

70002

東北大学冶金製錬研究所 ○ 高橋礼二郎 工博 八木順一郎

工博 大森康男

1 目的 酸化鉄ペレットの固定層内および移動層内での還元状況を解明する場合、単一ペレットの還元速度を正しく、簡単に記述する必要がある。本報においては、高温度域におけるペレットの水素還元反応に、未反応核モデルで3つの抵抗を考慮した速度式を適用し、粒子径および還元ガス濃度が速度パラメータ ( $k_p, D_0, k$ ) に及ぼす影響を検討する。さらに、各種条件下の還元曲線について、モデルにもとづく計算値と実測値を比較し、還元モデルの適用性について検討することを目的とする。

2 数学モデル 球形酸化鉄ペレットの還元反応に未反応核モデルを適用し、界面での反応は可逆1次反応であると考え、ガス境膜内拡散、粒子内拡散、化学反応の各過程を考慮するとその速度式の積分形は次式となる。

$$t = \frac{3d_0 r_0}{C-O^*} \cdot \frac{x}{3k_p} + \frac{3d_0 r_0^2}{C-O^*} \cdot \frac{1}{6D_0} \{3-3(1-x)^{2/3}-2x\} + \frac{3d_0 r_0}{C-O^*} \cdot \frac{1-(1-x)^{1/3}}{k(1+\frac{1}{K})} \quad (1)$$

3 実験 使用した試料は工業用酸性ペレットであり、 $d_p = 0.8 \sim 1.4$ ,  $\epsilon_p = 0.15 \sim 0.17$  である。主な還元条件は、 $T = 1132 \sim 1417$ ,  $F = 50$  ( $D_r = 7.7$ ),  $P_{H_2} = 0.4$  (空素で希釈) である。

4 速度パラメータの決定 (1)式において  $K$  は熱力学データよりウスタイト-鉄の平衡値を使用した。 $k_p, D$  および  $\mu$  は理論的に推算した。 $D_0$  は従来のデータを整理し  $\xi$  の温度関数式を求め、 $D_0 = \epsilon_{Fe} \cdot \xi \cdot D$  の関係式より決定した。 $k$  の値は実測値より、主として混合律速の解析により決定した。その温度関数式を図.1に示したが、用いた試料の活性化エネルギーは約  $26 \text{ kcal/mol}$  であった。また、 $d_p$  および  $P_{H_2}$  の速度パラメータに及ぼす影響についても検討し、(1)式でこれらの影響もほぼ説明し得ることがわかった。

5 結果 図2と図3に決定したパラメータを用いた場合の計算値と実測値との比較を示した。図2は各温度における比較であり、図3は還元途中で条件の1つを変更した場合である。いずれの場合も計算値と実測値は良い一致を示しており装置解析にも十分利用できると思われる。

記号  $C, O^*$ : 濃度および平衡濃度 ( $\text{mol H}_2/\text{cm}^3$ ),  $D$ : ガス拡散係数 ( $\text{cm}^2/\text{min}$ ),  $D_0$ : 有効拡散係数 ( $\text{cm}^2/\text{min}$ ),  $D_r$ : 管径 ( $\text{cm}$ ),  $d_p$ : 粒子径 ( $\text{cm}$ ),  $d_0$ : 密度 ( $\text{mol Fe}_3\text{O}_4/\text{cm}^3$ ),  $\epsilon_p$ : 生成鉄層の気孔率 (-),  $\epsilon_p$ : ペレットの気孔率 (-),  $F$ : ガス流量 ( $\text{Nl}/\text{min}$ ),  $x$ : 還元率 (-),  $K$ : 平衡定数 (-),  $k$ : 化学反応速度定数 ( $\text{cm}/\text{min}$ ),  $k_p$ : ガス境膜係数 ( $\text{cm}/\text{min}$ ),  $P_{H_2}$ : 水素分圧 (-),  $r_0$ : 粒子半径 ( $\text{cm}$ ),  $T$ : 温度 ( $^\circ\text{K}$ ),  $t$ : 時間 ( $\text{min}$ ),  $\mu$ : 粘度 ( $\text{g}/\text{cm} \cdot \text{min}$ ),  $\xi$ : 迷官度 (-)

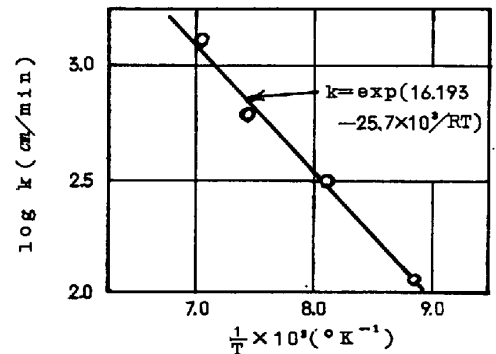


図.1  $k$  のアレニウスプロット

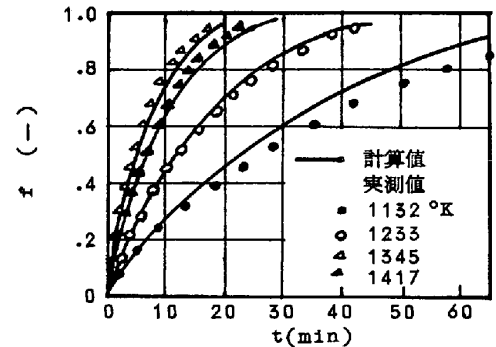


図.2 計算曲線と実測値の比較

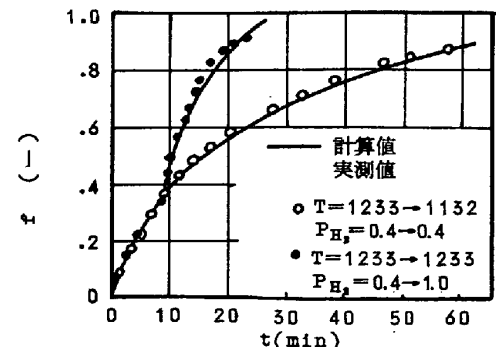


図.3 還元条件変更における比較