

(15)

住友金属 中央技術研究所 羽田野道春
 ○山岡 秀行

I 緒言

高炉の安定経済操業の観点から、動特性の適確な把握は重要な課題であり、数学手法を介した研究例も、内外に多数見ることが出来る。我々も同上の目的で、炉内の熱と反応の相互関係を数式的に記述し計算機で解くことにより、高炉の動特性の一端を明かすべく数学モデルを作成した。ここでは、数学モデルの概要、および高炉操作量ステップ応答への適用例について報告する。

II 数学モデルの概要

断面均一と仮定し、炉内で化学反応と熱交換が生じているとすれば、たとえば任意断面(Z)における任意時刻(θ)での、固体の熱と物質収支をとれば、次の微分方程式を得る。

$$\text{熱} \dots A \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \rho_s \sum_j c_j \cdot y_j \cdot t + A \frac{\partial}{\partial Z} u_s \cdot \rho_s \cdot \sum_j c_j \cdot y_j \cdot t = A \cdot a h_p (T - t) + A \cdot \sigma \sum \Delta H_R R_R - \pi D \cdot h_w (t - t_w)$$

$$\text{物} \dots A \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \rho_s \cdot y_s + A \cdot \frac{\partial}{\partial Z} u_s \cdot \rho_s \cdot y_j = A \cdot \sum_k m_{k \cdot j} \cdot R_R \quad (\sum_j y_j = 1)$$

ここで、A: 断面積 D: 炉径 t: 固体温度 T: ガス温度 y_j: 固体成分 c_j: 固体比熱
 a: 比表面積 h_p: 熱伝達率 R_k: 反応速度 ΔH_k: 反応熱 m_{j k}: 反応次数 h_w: 熱放散率
 u_s: 荷下り速度 ρ_s: 固体密度 σ: 反応熱分配比。

これらは、次式のように整理でき、荷下り速度 u_s に相当する特性曲線に沿って積分する。

$$\frac{d}{d\theta} \cdot t = \{ A \cdot a h_p (T - t) + A \cdot \sigma \sum \Delta H_k R_k - \pi D h_w (t - t_w) - A t \sum c_j \sum m_{n j} R_k \} / A \cdot \rho_s \sum_j (c_j + (\frac{d}{dt} c_j) t) \cdot g$$

$$\frac{d}{d\theta} y_j = \{ -y_j \sum_k m_{k j} \cdot R_k + \sum_k m_{k j} R_k \} / \rho_s, \quad \frac{d}{d\theta} \rho_s = \sum_j \sum_k m_{k j} \cdot R_k \quad \text{on} \quad \frac{dZ}{d\theta} = u_s$$

他方、ガス流速は速いので、ガスに関しては、時間微分は無視できる。

このように、固体の初期状態分布を任意に与えて、ガス状態分布計算→次の時刻の固体状態分布の計算、をくり返せば、高炉内状態の時間推移を追うことができる。

III 高炉操作量ステップ応答の計算

図には、送風温度を 50°C 下げたときの溶銑温度と反応量の变化の計算値を示す。送風温度を下げた影響はまず羽口前ガス温度の低下であり溶銑温度は急速に下がる。しかし、炉下部の固体温度も次第に低下するため直接還元反応が抑制され荷下り速度が低下するので、溶銑温度の下がり方は抑制されて比較的早く定常になる。

他に、各種操作量のステップ応答の計算も行い実際と比較した結果、モデル計算は、良く実績を説明するものであり、本モデルの妥当性が確かめられた。

なお、本モデルは、例えば、炉高方向を 200 分割した場合、UNIVAC 1106 計算機で、28^{kw} 使用し、1 日分を約 30 分で計算することができる。

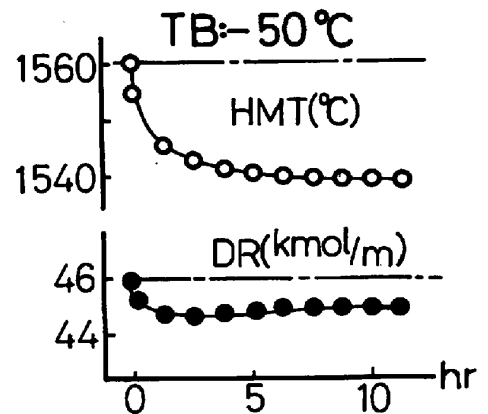


図 送風温度ステップ応答