

(|) コークス炉温度場シミュレータを用いた最適加熱パターンの検討

新日本製鐵㈱ 設備技術本部 ○田中啓八郎 神尾進
八幡製鐵所 中川洋治 紫原康孝

1. 緒言 コークス炉における石炭の乾留過程に応じた加熱制御は乾留熱量およびコークス品質に影響すると考えられており、適正な加熱パターンを見出すために数多くの研究がなされてきている。今回、コークス炉の温度場挙動をソフト的に模擬するシミュレータを用いて、最少の燃料で、指定時刻に焼上げるための最適加熱パターン（炉温パターン）を動的計画法を応用して検討した。

2. 温度場シミュレータの概要 Fig.1は燃焼室、炭化室、蓄熱室の炉高一炉幅方向の断面図で、蓄熱室、燃焼室の炉高方向および炭化室を含めて一窯分がモデルの計算対象範囲である。シミュレータは、装入炭のかさ密度、水分、温度、燃料の流量、装入と窯出しの順序、などの操業に関するパラメータを含み、特に石炭の熱伝導で著しい物性値の温度依存性を考慮して、特性の異なる場所毎のモジュールに分けて数式モデル化し、それらを組み合わせて構成している。

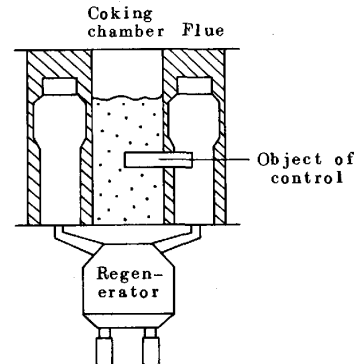


Fig. 1. Model of coke ovens.

3. 最適炉温パターンの検討 Fig. 1に示す制御対象位置での伝熱を炉幅方向のみの一次元熱伝導とした。

$$C_P \rho \frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \ell} \left(\lambda \frac{\partial \theta}{\partial \ell} \right) - \Delta H_M \frac{\partial M}{\partial t} \dots\dots\dots (1)$$

を炉幅方向に等分して差分近似し、さらに時間に対して離散化した $x(k+1) = \phi(k, x) \cdot x(k) + \psi(k, x) \cdot u(k)$ について、(2)式に示す制御時間が有限の2次形式の評価関数

$$J = (x(N) - X(N))^T R (x(N) - X(N)) + \sum_{k=0}^{N-1} (u(k) - U_0)^2 \dots\dots\dots (2)$$

を最小にするような最適炉温パターン $U(0), U(1), \dots, U(N-1)$ を動的計画法を応用して求めた。ここで、評価関数(2)式の右辺第1項は指定時刻Nにおける焼上温度誤差の評価、第2項は乾留サイクル内の炉温変動の評価である。パラメータ U_0 は一定炉温値で、炉温パターンは U_0 に対応して定まる。このため、パラメータ U_0 を介して最適炉温パターンを決定した。

得られた最適炉温パターンをシミュレータに与え、それを目標値とした燃焼制御シミュレーションを、実操業上許される炉温上下限値の制約条件下で行った。シミュレーション結果を Fig. 2 に示す。これらの結果よりわかることをまとめると、

- ① 省エネ指向操業と品質向上指向操業が可能である。
省エネ指向：コークケーキ最高到達温度の低下（パターン(A)）
品質向上指向：軟化溶融帯昇温速度の上昇（パターン(B)）
- ② 有効炉温を拡大することができ、コークス炉生産性および生産弾力性が向上する。

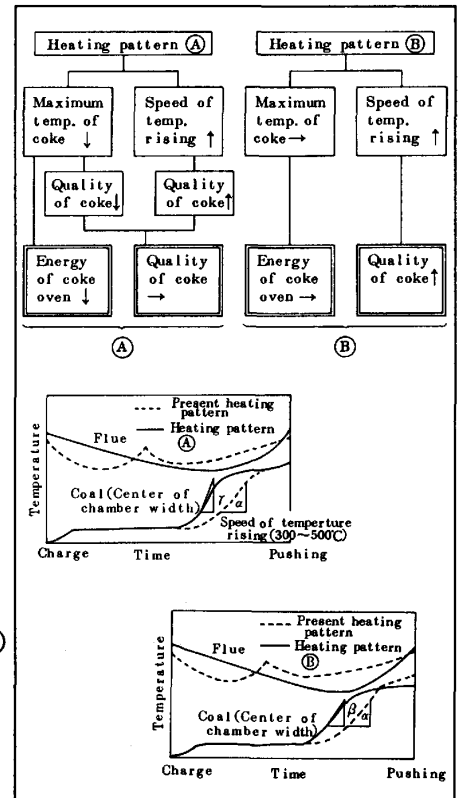


Fig. 2. Model of the most suitable heat pattern.

4. 結言 シミュレータを用いたシミュレーションによって、動的計画法を応用した最適加熱パターンの有効性を確認した。