

住友金属工業(株)

中央技術研究所

・牧野 義 小野正久

小倉製鉄所

高津明彦

上野保長

宮田謙一

山内 裕

1. 緒 言

当社においては鹿島製鉄所熱延工場連続加熱炉等で連続加熱炉の計算機制御を実用化しているが¹⁾、この技術をさらに小倉製鉄所棒鋼工場ビレット連続加熱炉に応用し、抽出温度安定化及び省エネルギー効果が得られているので報告する。

2. 制御システム

図1に本制御システムの計算概念図を示す。主な機能とその処理内容は下記のとおりである。

①材料温度計算：装入温度及び実績炉温を用いて、現時点の炉内ビレット温度を計算する。ビレット温度は上下・左右対称と仮定し(図2)、二次元非定常伝熱モデルを用いて求める。

②炉温設定値計算：各帯の代表ビレットについて、下記制約条件を満足し、かつ炉尻側炉温を可能な限り下げて、排ガスによる熱損失を少なくする炉温を決定する。(図3)

(a)抽出時のビレット温度平均値 θ_m が目標値 $\theta_{m.aim}$ 以上であること。

(b)抽出時の表面と中心の温度差 θ_s が目標値 $\theta_{s.aim}$ 以下であること。

(c)各帯の炉温及び帯間の炉温差が操業実現可能な範囲内であること。

具体的解法としては、上記制約を(1)~(3)式のように定式化し、各帯炉温変更量 ΔT_i ($i=1, 2, 3$) を変数とし、(4)式で表わされる評価関数 C を最小とする線形計画問題としてとらえ、各帯の炉温設定値を決定する。

$$\theta_m = \theta_{mo} + \sum_{i=1}^3 \frac{\partial \theta_m}{\partial T_i} \cdot \Delta T_i > \theta_{m.aim} \quad \theta_{mo} : \text{現在の平均温度} \quad (1)$$

$$\theta_s = \theta_{so} + \sum_{i=1}^3 \frac{\partial \theta_s}{\partial T_i} \cdot \Delta T_i < \theta_{s.aim} \quad \theta_{so} : \text{現在の内外温度差} \quad (2)$$

$$T_{i+1} - T_i > C_i \quad (i=1, 2) \quad C_i : \text{定数} \quad (3)$$

$$C = g_1 \Delta T_1 + g_2 \Delta T_2 + g_3 \Delta T_3 \quad g_i : \text{重み係数} \quad g_1 \gg g_2 \gg g_3 \quad (4)$$

3. 制御結果

図4に計算機制御の例を示す。目標抽出温度の変更、休止の有無にかかわらず炉温が良好に制御され、所定のビレット抽出温度が精度よく得られていることがわかる。本システムにより、抽出温度のバラツキ減少、昇温待の減少による能率向上及び約 10^4 Kcal/T の燃料原単位の向上が達成された。これらの成果をもとに、目標温度の低下等により今後更に省エネルギー操業を図っていく予定である。

参考文献 1) 高橋他, 鉄と鋼 64(1978) S 252

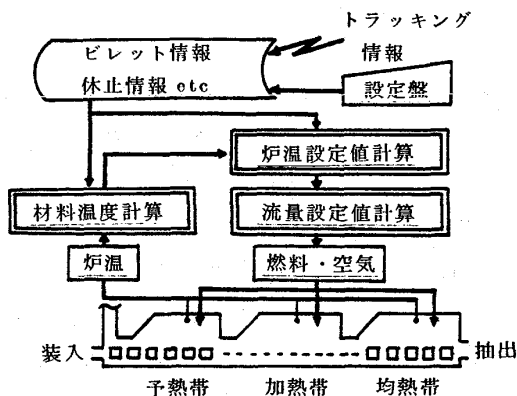


図1. 制御システム計算概念図

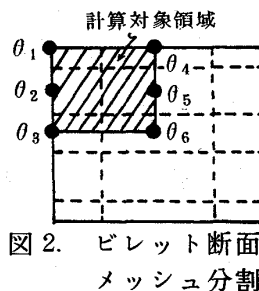


図2. ビレット断面のメッシュ分割

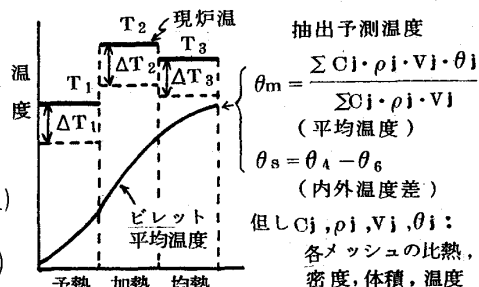


図3. 炉温設定値計算方法

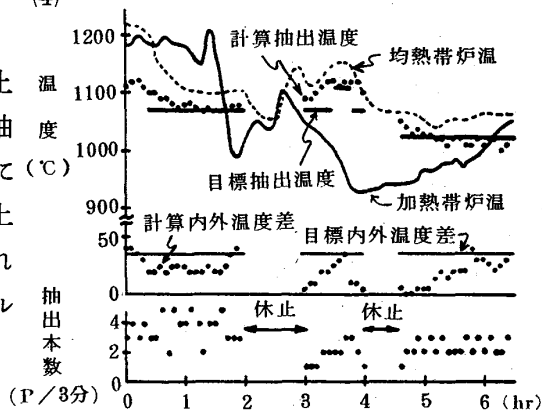


図4. 計算機制御結果例