

新日本製鉄(株) 堺製鉄所 田中 功, O中川 侃,
竹田 護, 太田 健男, 細川 正行

1. 緒言 均熱炉における鋼塊の焼上げ判定には, 鋼塊の温度分布を知ることは不可欠である。このために, 一次元, 多次元, 球体等の温度推定用伝熱モデルが使用され, オフラインではそれなりの効果を出しているが, オンラインでの焼上げ制御をするためには, 精度と計算時間の両立が難しかった。また鋼塊ボトム部の温度推定も, 焼上げ判定には欠くことができないものであるが, 簡便な推定法はないようである。今回上記モデルの欠点をなくし, 計算時間は一次元と同等に短かく, 精度は二次元と同等に良い円筒モデルを開発したので, ボトム部温度推定法と合わせてここに報告する。

2. 円筒モデルの概要 円筒モデルは, 図1に示すように, 実鋼塊の矩形の断面を半径 r_c , 肉厚 $T/2$ の中空円筒に近似させるものである。中心温度は円筒内面, 表面温度は円筒外面として計算する。このモデルは鋼塊断面の等温分布線がほぼ楕円に近似していることから発想したものである。

3. 計算式 円筒モデルは半径方向の一次元熱伝導方程式(1)で表わされ, 差分形にして計算した。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \theta}{\partial r} \right) \dots \dots \dots (1)$$

また円筒内径 r_c は鋼塊の偏平比, 大きさで異なり, 温度測定値と最もよく合う次式(2)で算出する。

$$r_c = 0.25 \left(\frac{A}{B} - \frac{B}{A} \right) \cdot B \dots \dots \dots (2)$$

ボトム部の温度推定は, 高さ方向の温度解析により得られた温度分布近似式(3)により, 高さ方向の熱流を算出し, 円筒モデルに付加して算出する。

$$\theta = Q \cdot z^n + \theta_M, \quad n = 0.001 (\theta_M - \theta_B) + 1.35 \dots \dots \dots (3)$$

熱流は次式(4)で表わされ, 温度分布近似式(3)式の係数 Q には関係しない。

$$Q = -\lambda \cdot n \cdot (\theta_B - \theta_M) / z_B \dots \dots \dots (4)$$

4. 結言 計算所要時間は, 一次元伝熱モデル程度に短かく, 精度は二次元伝熱モデル程度に良好なオンライン制御用鋼塊温度推定法(円筒モデル)を開発し, ボトム部の温度推定法と合わせて使用することにより, 精度の良いオンライン燃焼制御が可能となった。(精度および燃焼制御への適用についてはⅡ, Ⅲ報にて報告する。

記号 θ ; 温度

t ; 時間

α ; 温度伝導度

r ; 半径

λ ; 熱伝導率

A ; 鋼塊長辺長さ

B ; 鋼塊短辺長さ

z ; 鋼塊中心からの距離

添字 M ; ミドル部

B ; ボトム部

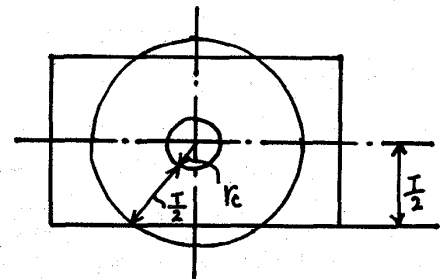


図1. 円筒モデル