

(385) 棒鋼圧延温度予測への統一非定常熱伝導解析解の適用  
(汎用棒鋼圧延モデルの開発-2)

川崎製鉄(株)鉄鋼研究所○新井和夫

水島製鉄所 森 勝彦, 高取誠二, 藤本隆史, 馬場和史

1. 緒言

物体の温度変化予測式はその精度が高いこともさることながら、汎用性と発展性を持たせる上で出来る限り仮定を持たないことと物理的根拠の無い特定の係数を導入しないことが極めて重要である。著者が導出した“統一非定常次元熱伝導解析解”<sup>1)</sup>を適用して、回帰せざるを得ない2,3の係数を除き、極力仮定を持ち込むこと無く圧延温度予測式を確立し、汎用棒鋼圧延モデルの精度向上を行った。

2. 従来の棒鋼圧延温度予測式の問題点

最終的には真円断面形状に仕上げるが、素材と中間材の形状はほとんどが正方形、菱形及び楕円形である。しかしながら従来モデルでは主として等価断面積の真円に換算してきた(ただし、一部において近似誤差を補正する修正係数導入の試みはあった)。Fig.1に示すように、真円換算により材料の平均直径を大とせずことになって、1)降温量の過小見積り、と2)平均/表面温度差の過大見積りを招来し、結果的に、3)温度予測誤差の拡大と4)荷重予測誤差の拡大等の問題があった。

3. 統一熱伝導解析解による温度予測精度向上

第1報に示した平均温度式

$$\bar{\theta}_1 = (\bar{\theta}_0 - \theta_a) \cdot \exp(-k_c \cdot t) + \theta_a \quad ; k_c = 4 a Y / d^2 \quad \dots\dots (1)$$

$\bar{\theta}_0$ ,  $\bar{\theta}_1$ : 冷却前後の平均材温,  $\theta_a$ : 冷媒温度,  $t$ : 冷却時間

$a$ : 温度伝播率,  $d$ : 材料径,  $k_c$ : 変換係数

に  $Y = g(m, N)$ ,  $m$ : 表面積比,  $N$ : ヌッセルト数 を適用することによって、任意の  $m$  を持つ楕円や菱形状物体の温度計算が可能となった。

楕円や菱形状断面内で総平均温度を示す平均径の設定を、材料断面積中立点方式により行ない、短径/長径比  $\nu$  と等価断面積真円に対する冷速比との関係を調べた。Fig.2の如く楕円の場合  $\nu = 0.41$ , 菱形断面の場合  $\nu = 0.62$  で冷速が共に真円換算の2倍になることが理論上判明した。実圧延上、楕円で  $\nu = 0.41$ , 菱形状で  $\nu = 0.65$  がそれぞれの最小値として適用されており、真円換算による材温予測誤差の大なることを無視し得ないことがわかった。楕円及び菱形状の厳密な取扱いによって棒鋼圧延での広範な材温シミュレーションを行ない、大気放冷における総括熱伝達率の対流効果分  $\alpha_v$  の回帰式を

$$\alpha_v = a_0 \cdot V^{b_0} \quad \dots\dots (2) \quad V: \text{走行速度}, a_0 = 20, b_0 = 1/8$$

の如く一般化した。(2)式は  $V = 0.08 \sim 100 \text{ m/s}$  の広範囲において適用可能であり、発熱効率 = 0.95, 放射率 = 0.8, 摩擦係数 = 0.3を一

括同定できた。本温度モデルは棒鋼圧延のプロコンに組み込まれ、 $\pm 10^\circ\text{C}$  (確率85%)の材温予測精度と  $\pm 10\%$  (確率80%)の荷重予測精度を達成し、オンライン圧延制御モデルの中核となっている。

参考文献 1) 新井; 鉄と鋼, 72, (1986) S 384

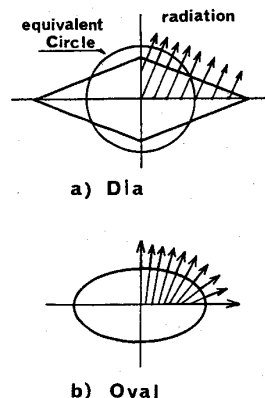


Fig.1 Cross-section Shapes

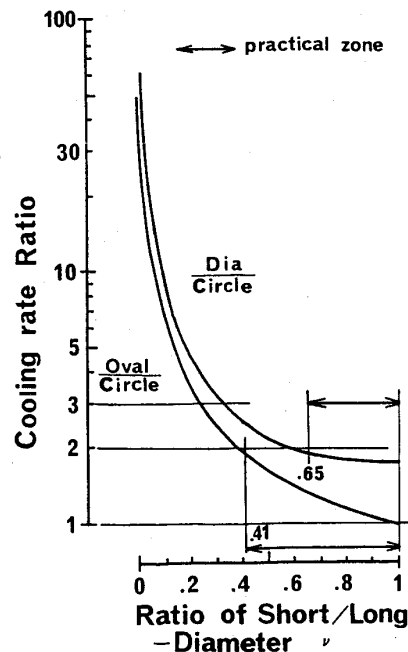


Fig.2 Cooling rate Ratio