

(764) 過冷現象を考慮した双ロール法急速凝固プロセスの理論解析

新日本製鐵(株) 特別基礎第二研究センター ○宮沢憲一 大橋徹郎
製鋼研究センター 笠間昭夫 梶岡博幸

1. 緒言

急冷時の融体の過冷現象を把握することは、プロセスの操作や設計、および準安定相形成の予測にとって重要である。従来、過冷を考慮した熱移動解析の報告は少なく、凝固開始時の過冷度や形成相の予測も可能な解析手法の確立が望まれている。本研究では、過冷を組み込んだ双ロール法プロセスの解析を行い、融体過冷度の経時変化や凝固速度などに及ぼす初期過冷度や操作変数の効果を検討した。

2. 理論解析

双ロール法における急速凝固でも過冷凝固実験と同様に、凝固の進行に有効な固体核が形成されるまで融体が過冷され、初期過冷度に到達後、凝固が進行するものと考えて解析を進める。

ロール軸方向への流動や変形がなく、固液界面は平滑なものとしてロール間隙における熱収支を行うと、(1)式が得られる。

$$v_{ix}(\partial T_i/\partial x) + v_{iy}(\partial T_i/\partial y) = \alpha_i(\partial^2 T_i/\partial y^2) \quad (1)$$

ただし、 v : 流速, T : 温度, α : 熱拡散係数, x, y : 引抜方向, 厚さ方向の座標, 添字 $i = 1$: 融体, $i = 2$: 固体。

融体と凝固殻が存在する領域の境界条件は次の通りである。

(凝固開始位置) $x = -x_3$ で $T_1(y=H) = T_{nu}^0, y_s = H$

(ロール間中心) $y = 0$ で $\partial T_1/\partial y = 0$

(凝固界面) $y = y_s$ で $T_1 = T_2 = T_{nu}$ (未知)

$$k_1(\partial T_1/\partial y) - k_2(\partial T_2/\partial y) = \rho \Delta H \cdot V_c \quad (2)$$

(ロール表面) $y = H$ で $-k_2(\partial T_2/\partial y) = h(T_2 - T_r)$

ここで、 T_{nu}^0 : 凝固開始温度, T_{nu} : 固液界面温度, y_s : 界面位置, k : 熱伝導度, ρ : 密度, ΔH : 潜熱, h : 熱伝達係数, T_r : ロール温度。また、 V_c は凝固速度を示し、過冷度 ($\Delta T_{nu} = T_m - T_{nu}$) との関係は経験的に(7)式で与えられ、界面位置は(8)式で求められる。

$$V_c = a \Delta T_{nu}^n \quad (7), \quad V_y - V_x(dy_s/dx) = V_c \quad (8)$$

ただし、 a : 係数, n : 指数, T_m : 融点, V : 界面での速度。

なお、速度場と圧延反力の計算は各々既報^{1),2)}の手法で求めた。

3. 結果

双ロール実験(ロール径 30cm)の条件や結果を考慮して推算した凝固殻厚さの変化を Fig. 1 に示す。また、メニスカスから凝固開始および完了位置までの距離に及ぼすロール回転速度(ω)の効果を各々 Fig 2 と 3 に示す。初期過冷度が大きくなると凝固開始が遅れるが、その後の凝固速度が大きくなるため、凝固完了位置は初期過冷度に依らず一定となることがわかる。

(文献) 1) K. Miyazawa, et al.: Met. Trans., 12A(1981), 1047.

2) 宮沢ら: 日本金属学会誌, 46(1982), 944.

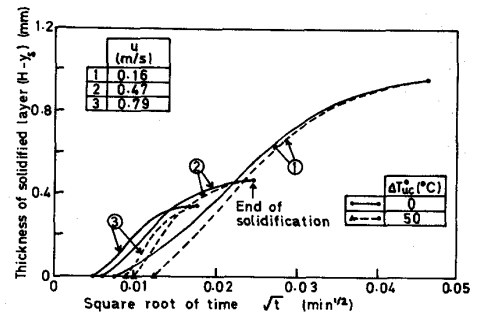


Fig.1 Calculated thickness of solidified layer.

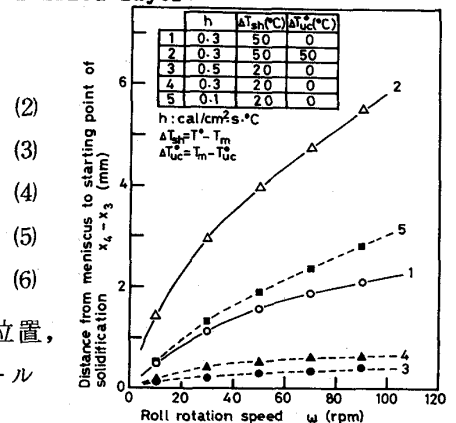


Fig.2 Effect of roll rotation speed on the distance from meniscus to starting point of solidification.

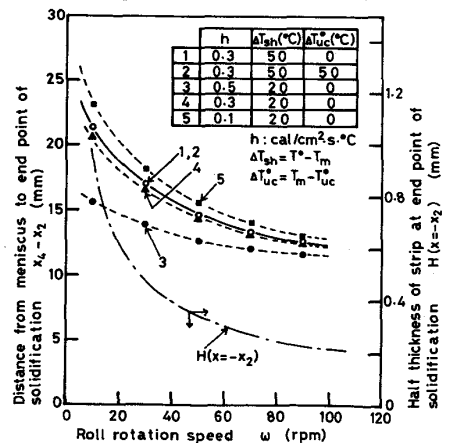


Fig.3 Effect of roll rotation speed on the distance from meniscus to end point of solidification and shell thickness at the point.