

(213) スラブの連続鋳造における凝固末期流動の理論解析

(連鋳々片の凝固末期流動の解析 - I)

新日本製鐵(株) 特別基礎第二研究センター

○宮沢憲一, 松宮 徹, 大橋徹郎

大分技術研究室

三隅秀幸

1. 緒言

スラブ連鋳の中心偏析低減策としてバルジング防止, 低温鋳造や電磁攪拌による等軸晶率の増加, および鋳片の軽圧下¹⁾が提案されている。凝固収縮やバルジングなどによる固液共存相内の固液の流動がマクロ偏析の直接原因であり, この流動を把握することが偏析対策にとって重要となる。本研究では, スラブ連鋳の凝固末期流動を理論解析し, 凝固収縮流動に及ぼす操作変数や透過度の効果, およびバルジングや鋳片ロール圧下の効果について検討した。

2. 理論解析

既提出の解析手法²⁾によれば, 共存相内の連続の式と樹間液の運動の式は次のように与えられる。

$$\partial(G_{sx} + G_{lx})/\partial X + \partial(G_{sz} + G_{lz})/\partial Z = 0 \quad (1)$$

$$V_{lx} - V_{sx} = -(K_x / \mu g_l) \cdot (\partial P / \partial X) \quad (2-1)$$

$$V_{lz} - V_{sz} = -(K_z / \mu g_l) \cdot (\partial P / \partial Z - g_r \rho_l) \quad (2-2)$$

ここで, $G_{sx} = \rho_s g_s V_{sx}$, $G_{lx} = \rho_l g_l V_{lx}$, $G_{sz} = \rho_s g_s V_{sz}$, $G_{lz} = \rho_l g_l V_{lz}$, ρ : 密度, g_s : 固相率, g_l : 液相率, V : 流速, X : 厚さ方向, Z : 引き抜き方向, μ : 粘性係数, K : 透過度 ($K = r \cdot g^n$), r : 係数, n : 指数。

鋳片の熱収支式は(3)式で与えられる。

$$(G_{sx} + G_{lx}) (\partial T / \partial X) + (G_{sz} + G_{lz}) (\partial T / \partial Z) = (\lambda / C) (\partial^2 T / \partial X^2) + (\Delta H / C) (\partial G_{sx} / \partial X + \partial G_{sz} / \partial Z) \quad (3)$$

ただし, 凝固殻内では $g_s = g_{sf}$, $g_l = 0$ とする。 $g_{sf} = (g_s^* \rho_s + \rho_l^* \rho_l) / \rho_s$, g_s^* : 凝固収縮流動限界固相率, T : 温度, λ : 熱伝導度, C : 比熱, ΔH : 潜熱。

速度場の計算には流れ関数を導入し, 固相の速度を仮定した速度場と温度場の Coupling 計算を行った。

3. 結果

凝固収縮による樹間流動について, 計算結果の一例を Fig. 1 (a) に, 圧下した場合のものを (b) に示す。ある程度以上の圧下を行うと, 凝固末期領域における樹間液の逆流が起こることがわかる。鋳片中心における凝固収縮流動の最大流速は, Fig. 2 のように, 引き抜き速度の増加に伴って速くなる。透過度の指数 (n) が大きくなると, 鋳片中心ほど樹間液が流れやすくなり, 引き抜き方向の流速が増大する。また, ロール間の定常バルジングは鋳片厚さ方向の流速を増大させることがわかった。

(文献)

- 1) 中田ら: 鉄と鋼, 68(1982), S871.
- 2) K. Miyazawa, et al.: Arch. Eisenhüt. : 52(1981), 415

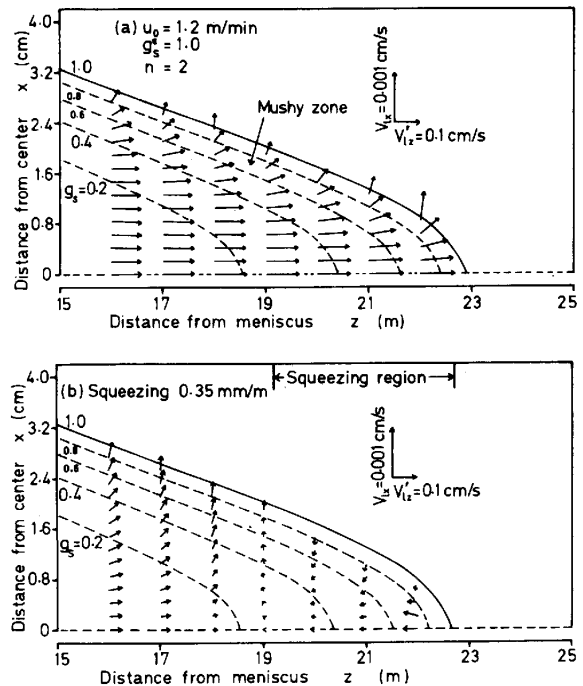


Fig. 1. Flow field in mushy zone, (a) due to solidification shrinkage and (b) squeezing.

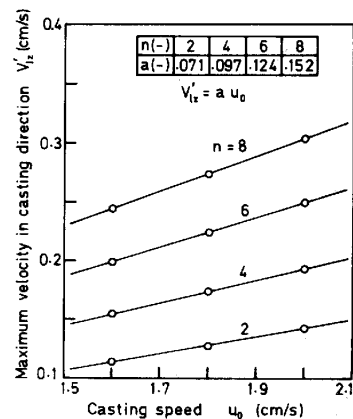


Fig. 2. Effects of casting speed on the maximum velocity of solidification shrinkage flow.