

(192) 連続鋳造における凝固収縮流動防止のための圧下条件の推算

(連続鋳造の凝固末期流動の解析-Ⅲ)

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

1. 緒言

前報¹⁾において、鋳片を圧下することにより、中心偏析の形成原因の1つである固液共存相内の凝固収縮流動を停止させ得ることが理論的に示された。中心偏析低減策として鋳片の圧下により樹間流動を防止する際、圧下条件の簡便な推算方法の確立が必要となる。本研究では、物質収支と熱収支に基づく必要圧下条件の推算方法を開発し、操作条件や物性値などが必要圧下量に及ぼす効果について検討した。

2. 理論解析

鋳片断面の模式図をFig.1に示す。ロールによって鋳片長辺側を強制的に圧下すると凝固殻が変形し、内部の共存相や液相が圧搾されることになり、鋳造方向に生じている凝固収縮流動を停止させたり、あるいは逆流させることが可能となる。

鋳造方向(z方向)の総括物質収支は(1)式で与えられる。

$$G = \iint_{S_1} (\rho_s g_s + \rho_l g_l) v_{sz} dx dy + \iint_{S_1+S_2} \rho_l g_l v_{l2} dx dy \quad (1)$$

ここで、G:質量流量、 S_i :全断面積、 v_{l2} :液体の相対流速($=v_{l2} - v_{sz}$)、 v_{sz} :固体の鋳造方向速度、 ρ :密度、 g :体積分率、(添字)s:固体、l:液体。

定積分の微分に関するLeipnitzの定理に基づき(1)式をzに関して微分し、 x_1 がy方向に一定と仮定すると、相対流速 v_{l2} を0にするために必要な圧下勾配($dR/dz = -dx_1/dz$)は(2)式で表わされる。

$$\frac{dR}{dz} = \left[\iint_{S_1} (v_{sz} \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial z} + \bar{\rho} \frac{\partial v_{sz}}{\partial z}) dx dy + \int_0^{x_1} \bar{\rho} v_{sz} \Big|_{y=y_1} \left(\frac{dy_1}{dz} \right) dx \right] / A \quad (2)$$

ただし、 $A = \int_0^{y_1} \bar{\rho} v_{sz} \Big|_{x=x_1} dy$ 、 $\partial \bar{\rho} / \partial z = (\rho_s - \rho_l) (\partial g_s / \partial T) + \{g_s (d\rho_s / dT) + g_l (d\rho_l / dT)\} (\partial T / \partial z)$ 、 $\bar{\rho} = \rho_s g_s + \rho_l g_l$ 、 $R = x_1^0 - x_1$

固体の速度分布が既知とすれば、(2)式と鋳片の熱収支式のcoupling計算により必要圧下勾配が求められる。

3. 結果

必要圧下勾配に影響を及ぼす要因は、(2)式の吟味に基づき、Table.1のように要約される。鋳片の扁平比(幅/厚さ)が小さいほど必要圧下勾配は大きくなる。圧延による凝固殻の先進や幅広がりがないものとして計算した必要圧下勾配をFig.2に示す。同図の計算値は必要圧下勾配の最小値であるが、鋳造方向に減少し、鋳造速度(u)が小さいほど大きくなる。また、凝固殻の熱収縮が生ずると必要圧下勾配は大きくなる。

(文献) 1) 宮沢ら: 鉄と鋼, 71(1985), S 213.

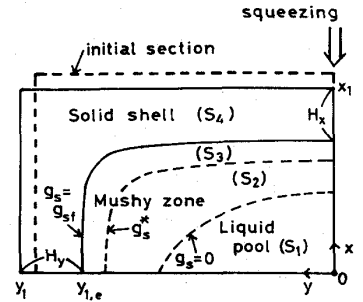


Fig.1 Schematic view of strand section.

Table.1 Factors to increase the necessary gradient of squeezing (dR/dz).

Factor
(1) Increase in $\partial \bar{\rho} / \partial z$ (Properties) Increases in $\Delta \rho = \rho_s - \rho_l$, $ d\rho_s / dT $ and $ d\rho_l / dT $ (Operation) Increases in $\partial g_s / \partial z$ and $\partial T / \partial z$ (i.e., slower casting speed and stronger cooling)
(2) Forward slip of solidified shell by rolling ($\partial v_{sz} / \partial z > 0$)
(3) Spreading of strand width by rolling ($dy_1 / dz > 0$)
(4) Decrease in strand width ($2y_1$) (i.e., larger dR/dz for bloom than slab)
(5) Increase in strand thickness ($2x_1$)
(6) Stronger cooling in wide face of strand (because of the increase in $\bar{\rho}(y=y_1)$)
(7) Higher temperature in narrow face of strand (because of the decrease in $\bar{\rho}(x=x_1)$)

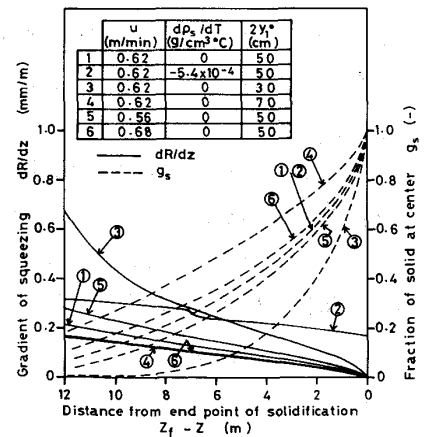


Fig.2 Changes in necessary gradient of squeezing and fraction of solid at center with the distance from end point of solidification.