

(78) 固液共存相を考慮した連鑄ワ片的凝固プロファイルの研究

名古屋大学工学部大学院 ○宮沢憲一  
 名古屋大学工学部 工博 鞭 巖

I. 緒言 連鑄の凝固プロファイルに対する操作因子および装置因子の効果を適確に把握することは、操業上重要であるが、固液共存相を考慮した場合のこれらの効果についてはまだ十分な資料が得られていない現状である。そこで本研究は、cold modelによる定常凝固プロセスの実験結果と比較的簡単な数学的モデルによる計算結果とを比較検討し、実際の連鑄操業における凝固プロファイルおよび残留鋼の湯動きについて考察を行なった。

II. 解析 無限平板状鑄片の連鑄プロセスについて、未凝固溶鋼の流動混合に伴う熱移動を対流熱係数を用いて表現し、固相、共存相、液相における引きぬき方向の熱伝導を無視し、各相における熱的物性値はすべて等しいとすると、固相、共存相、液相における熱収支式として(1)~(3)式、 $\partial T_1/\partial z = F_1 \partial^2 T_1/\partial X^2$  (1),  $\partial T_2/\partial z = F_2 \partial^2 T_2/\partial X^2$  (2),  $dT_3/dz = St(T_L - T_3)/R(1 - X_L)$  (3), 境界条件として(4)~(7)式、 $X=0$ で $\partial T_1/\partial X = Ni T_1$  (4),  $X=X_s$ で $T_1 = T_2 = T_s$ ,  $\partial T_1/\partial X = \partial T_2/\partial X$  (5),  $X=X_L$ で $T_2 = T_L$ ,  $\partial T_2/\partial X = (T_3 - T_L)(N_2 + dX_L/dz/F_1)$  (6),  $z=z_{fI}$ で $X_s = 0$ ,  $X_L = X_{LfI}$ ,  $T_3 = T_{3fI}$  (7)が得られる。ここで、 $T \equiv (t - t_w)/(t_0 - t_w)$ ,  $X \equiv X/W$ ,  $z = Z/L$ ,  $F_1 \equiv Lk_1/(\rho W^2 C_p)$ ,  $F_2 \equiv Lk_2/(\rho W^2 C_p \{C + \lambda/(t_L - t_s)\})$ ,  $N_1 \equiv h_1 W/k_1$ ,  $St \equiv h_2/CU_p$ ,  $R \equiv W/L$ である。次に、積分法に基づいて固相、共存相内の温度分布を2次曲線近似し常微分化を行なうと(8), (9)式が得られる。  
 $g_{sd} X_s/dz = F_1(2 - N_1 X_s)(g_{IS} - \bar{g}_s)/X_s$  (8),  $g_{Ld} X_L/dz + \{g_s + \bar{g}_{sL} + (X_L - X_s)\bar{g}_s/X_s\}dX_s/dz = F_1(X_L - X_s)(N_1 X_s + 2X(g_{IS} - \bar{g}_s)) + 6F_2(g_s - \bar{g}_{sL})/(X_L - X_s)$  (9)

ここで、 $g_{IS} \equiv N_1 T_{IS}$ ,  $g_s \equiv \{2T_s - (N_1 X_s + 2)T_{IS}\}/X_s$ ,  $\bar{g}_s \equiv (T_s - T_{IS})/X_s$ ,  $g_L \equiv (T_3 - T_L)(N_2 + dX_L/dz/F_1)$ ,  $\bar{g}_{sL} \equiv (T_L - T_s)/(X_L - X_s)$ である。よって、(7)式の境界条件のもとに(3), (8), (9)式を連立させて数値計算し、凝固プロファイルおよび温度分布を求めることができる。

III. 実験 実験装置の概略を図2に示すが、装置本体は透明塩ビ板、鑄型壁は厚さ1mmのAl板で、鑄型部断面が20 x 90 mm<sup>2</sup>と30 x 150 mm<sup>2</sup>の2種類を使用した。冷却剤を入れ一定温度になるまで放置した後、ノズルからKCl溶液を一定流量で注入し、ノズルも一定の速度で上昇させて浸漬鑄込みを行なった。凝固プロファイルは幅方向からの写真撮影化、多点の熱伝対の測温結果より測定した。

IV. 結果および考察 本実験より、ノズルの形式の違いによって液相線の形状にかなりの差があり、注入流による強制対流領域では未凝固液の過熱が急速に除去され凝固速度が減少することが認められた。また、凝固プロファイルの実験結果は、本モデルの計算によって確かめられた。

(記号) C:比熱,  $h_1$ :鑄片表面の総対流熱係数,  $h_2$ :対流熱係数,  $k_1$ :熱伝導度, L:代表長さ, t:温度, u:引きぬき速度, W:鑄片厚さの1/2,  $\rho$ :密度,  $\lambda$ :潜熱 (添字) IS:鑄片表面, L:液相線, S:固相線, w:冷却水, 0:注入, 1:固相, 2:共存相, 3:液相

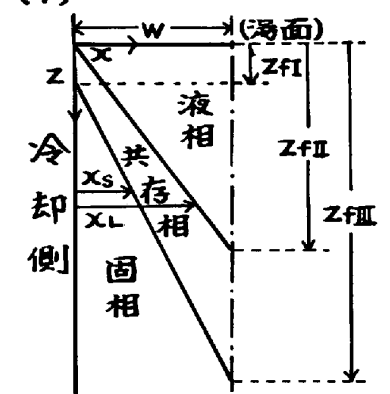


図1. 凝固プロファイルの模式図

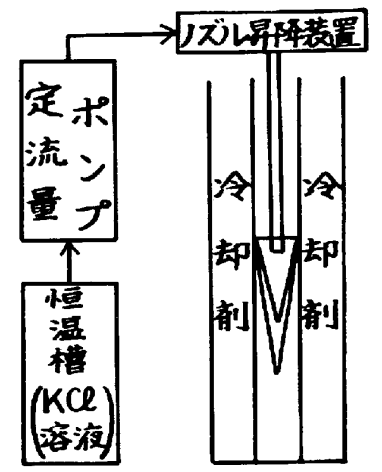


図2. 装置の概略図