

(133) 内節点法による凝固収縮流を考慮した鑄塊の凝固解析

大阪大学工学部

○大 中 逸 雄, 福 迫 達 一

1. ま え が き

鉄鋼の凝固時における凝固収縮は引け巣を生じさせるのみならず液相を流動させマクロ偏析の原因の一つと考へられている。しかしながら凝固収縮による流動を考慮した定量的な凝固解析は十分にはなされていない。本報告では内節点法¹⁾による解析方法とその結果について述べる。

2. 解析方法

初期条件として流動のない一定温度の溶鋼が鑄型中に充満しているとする。そして凝固が生じない間は流動を考慮しない熱伝導問題として取扱う。ある要素(図1に計算モデルの一例と分割要素を示した)に凝固が生じ固相率が Δf_s 増加すると各要素に対する質量および運動量の保存則を満足するように凝固収縮流が生じる。これらの保存則はポテンシャル流れあるいはダルシーの法則を仮定することにより容易に解くことができる。次のステップではこのようにして求めた流動による熱移動を考慮した熱エネルギー保存則を各要素に対し解き各要素における温度、固相率を求める。以下この手順をくり返す。すなわち熱の場と流れの場を交互に解くことによりある程度これらの連成を考慮しようとするものである。なおダルシーの法則を適用する場合には透過率を $K = c S_L^2 f_L^3 / 20(c - f_L)$ とした。(C: Kozeny 定数, S_L : テンドライト一次アームスペースング, f_L : 液相率) 図1は解析モデルの一例で鑄塊上部には完全断熱の理想的押湯が存在し一定温度(鑄込み温度 T_p)の湯が流入するものと仮定した。また鑄物/鑄型界面には熱抵抗があるとして解析した。

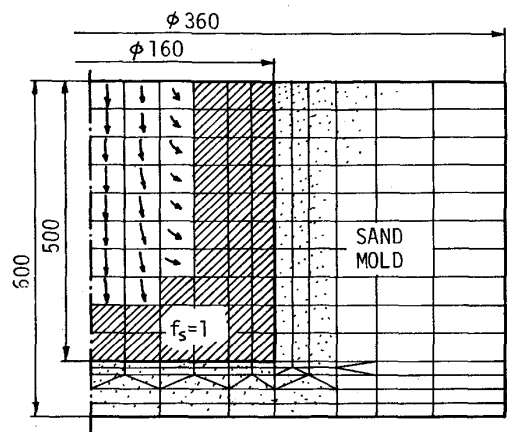


図1. 計算モデルの一例および鑄込後1320Sにおける凝固収縮流の方向

3. 解析結果および考察

(1) 当然予想されることではあるがポテンシャル流れと近似することは望ましくない。(2) 図2に示すように凝固収縮流により凝固がかなり遅れることが予想される。(図2では図1のモデルに対し、凝固時の密度変化 $\Delta\rho = 0.4 \text{ g/cm}^3$, $T_p = 1600^\circ\text{C}$, $T_L = 1510^\circ\text{C}$, $T_S = 1470^\circ\text{C}$ とした。) (3) 図1のモデルの場合凝固収縮流の最大値は $0.2 \sim 0.3 \text{ mm/s}$ の程度であった。また $S_L = 0.1 \text{ mm}$, $c = 1$ の場合には固液共存域に負圧は生じず $c = 0.1$ 程度以下で負圧が生じた。($c = 0.01$ の場合最大負圧は中心軸上面近くで約 -0.8 kgf/cm^2 であった。すなわち中心軸上面近くでは引け巣が生じやすいことが予想される。)

(4) Mehrabian²⁾の予想している流速分布は得られず、V偏析の原因は収縮流による直接的再溶解と考へるより、収縮流による圧力損失によって生じる負圧でかゆ状の等軸晶域が下方に吸引されるために生じると考へた方が良さそうである。(このような凝固収縮流は鈴木³⁾のサクシヨン効果の定量的取扱いにつながるものだろう。)

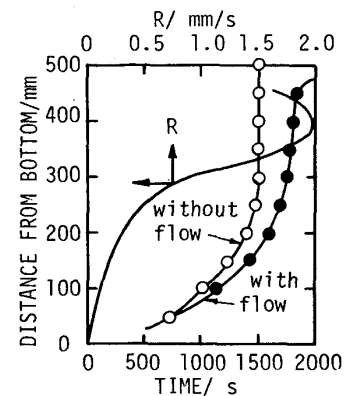


図2. 図1の中心軸における固相線の移動と移動速度(R)

4. 文献

- (1) 大 中 逸 雄: 鉄と鋼 (1979)10, に掲載予定 (2) R. Mehrabian, M. Kean and M. C. Flemings: Met. Trans. 1 (1970), 1209
(3) 鈴木 是明, 宮本 剛 汎: 鉄と鋼 59 (1973), 431, 59 (1973), 1540