

(47) 凝固遷移層を基盤としたマクロ偏析に関する理論的解析
(鋼塊マクロ偏析に関する研究-Ⅱ)

北海道大学工学部 高橋 忠義 ○市川 丞

1. 緒言

従来実用鋼塊凝固におけるマクロ偏析は定性的かつ概念的にのみ説明されてきた。しかしマクロ偏析を定量的に示すためには鋼塊の凝固機構に立脚した解析を行なわなければならない。

本報告は、実際の鋼塊凝固が温度分布と凝固の開始と終了の温度との関係より、固相と液相の共存する領域、すなわち凝固遷移層を形成しつつ進行すること、この凝固機構を基盤として、それによらざる溶湯流動の影響を考慮に入れることにより、実効分配係数の検討を行なったものである。

2 実効分配係数の理論的解析

凝固遷移層は図1に示すように液相が固相に完全に捕捉されるp層と液相が固相間を流動できるg層に分けられる⁽¹⁾。そこで凝固が一定速度で進行し、g層の一部が母液の様な流体流動によって洗滌される定常状態を考える。図中のx=0はg層とp層の境界を示し、この位置は凝固遷移層が洗滌を受け得る限界の固相率 S_p の位置であり、それに対応する液相溶質濃度を C_p とする。またx=hは溶湯流動のもとで凝固遷移層として安定に存在できる先端までの距離を示す。その位置付近の液相は溶湯流動の乱れのために混合作用を受ける⁽¹⁾。

凝固遷移層内の乱流による単位時間に単位面積を通過する質量輸送量Jは拡散係数を混合拡散係数におきかえられることにより、次のように示される。

$$J = -A_D \cdot dc/dx \tag{1}$$

但し、 A_D は混合拡散係数である。この質量輸送の時間的変化は

$$dc/dt = -A_D \cdot d^2c/dx^2 \tag{2}$$

であるので、凝固速度 $f = dx/dt$ とすると

$$A_D \cdot d^2c/dx^2 + f \cdot dc/dx = 0 \tag{3}$$

が得られる。その境界条件はx=0で $C = C_p$ 、x=hで $C = C_L'$ であるので、(3)式のx=hにおける解は次のように示される。

$$(dc/dx)_{x=h} = (C_p - C_L') \cdot (-f/A_D) \cdot e^{-\Delta} / (1 - e^{-\Delta}) \tag{4}$$

ここで、 $\Delta = fh/A_D$

$$\tag{5}$$

またg層内で定常状態が成り立ったためには

$$f C_L' = f \bar{C}_p + J_{x=h} \tag{6}$$

の条件を満足しなければならない。ここで \bar{C}_p はp層の平均溶質濃度である。さらに C_p は近似的に

$$C_p = (\bar{C}_p - k' C_L' S_p) / (1 - S_p) \tag{7}$$

と表わされる。ここで k' は非平衡分配係数である。そこで(1)、(4)および(7)式を(6)式に代入し、 $C_L' = C_L$ とすると、実効分配係数 K^* は次のように示される。

$$K^* = \bar{C}_p / C_L = \{1 - S_p(1 - k'e^{-\Delta})\} / \{1 - S_p(1 - e^{-\Delta})\} \tag{8}$$

3. 結言

凝固遷移層を基盤として、溶湯流動の影響を考慮することにより、鋼塊凝固における実効分配係数を示す式を理論的に求めた。

文献 (1) 高橋, 市川: 日本学術振興会第19委員会凝固現象協議会, 19委9471 (1972, 9, 27)

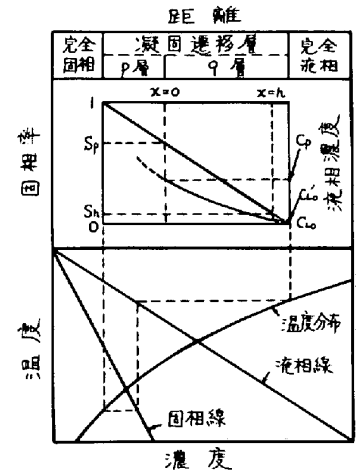


図1 平衡状態図と温度分布を基礎として求めた凝固遷移層の分類およびその固相率と距離の関係