

(48) マクロ偏析に関する理論的解析の実用鋼塊への適用  
(鋼塊マクロ偏析に関する研究 - III)

北海道大学工学部 高橋 忠義 ・市川 洸

## 1 緒言

鋼塊マクロ偏析に関して、すでに第1報においては、流体力学的検討から考えられた凝固方式による鋼の基礎実験で、実効分配係数が溶湯の流動速度にのみ依存する重要な実験事実を、また第2報では、凝固遷移層を基盤として溶湯流動を考慮に入れたマクロ偏析に関する理論式を得ている。

本報告は、第2報の理論的解析に第1報の実験事実を組合せることによって、実用上簡便な関係式を提示し、その式の妥当性を鋼の基礎実験および実用キルド鋼塊ならびにリムド鋼塊で検討し、鋼塊凝固におけるマクロ偏析の支配要因を解明したものである。

## 2 マクロ偏析に関する理論的解析とその実用鋼塊への適用

第2報の理論式(8)の諸因子の中で、冷却速度によって変動する非平衡分配係数  $k'_0$  に関して、実験を基礎として不可逆過程の熱力学の面から検討を加え、次のような解析結果を得た。<sup>(1)</sup>

$$k'_0 = 1 - (1 - k_0) / (1 + \beta VT) \quad (1)$$

ここで  $k_0$  は平衡分配係数、 $\beta$  は実験定数(鋼塊では  $\beta = 0.5 \text{ sec/cm}^2\text{K}$ )、 $V$  はデンドライト側枝の成長速度、 $T$  は実際の凝固開始温度である。 $K. Schwerdtfeger$ <sup>(2)</sup> の1t鋼塊における部分凝固時間とデンドライト側枝間距離の実測値より凝固初期を除いてデンドライト側枝成長速度を求め、 $k'_0$  を(1)式で概算すると  $k'_0$  は  $k_0$  にほぼ等しいとすることができる。従って大型鋼塊においては第2報の(8)式は

$$k^* = C_S^* / C_L = \{1 - S_p(1 - k_0 e^{-\Delta})\} / \{1 - S_p(1 - e^{-\Delta})\} \quad (2)$$

で表わされる。但し、 $C_S^*$  はデンドライトとその間隙の平均固相溶質濃度であり、 $C_L$  は未凝固溶湯の平均溶質濃度である。(2)式は、 $e^{-\Delta}$  の範囲が  $0 \leq e^{-\Delta} \leq 1$  であり、 $S_p$  と  $k_0$  が定数であるので、 $e^{-\Delta}$  が大きくなるほど、凝固遷移層が母液の流体流動によってより洗滌を受けることになり、その結果として  $k^*$  の値は小さくなることを示している。それ故  $e^{-\Delta} \approx 0$  ではキルド鋼塊凝固に、 $e^{-\Delta} \approx 1$  ではリムド鋼塊凝固に相当することが考えられる。そこで  $e^{-\Delta} = 1$  におけるリムド鋼塊の各溶質元素の実効分配係数  $k^*$  の理論値を実用リムド鋼塊のリム層における最小実効分配係数の実測値と比較検討したところ、各溶質元素とも理論値と実測値が非常によく一致しているのが確認されたので、(2)式の一面の妥当性が証明された。さらに鋼塊凝固における  $\Delta$  の諸因子の実測データが得られれば、 $e^{-\Delta}$  を変数として実用鋼塊における実効分配係数を種々の凝固条件においても求めることが可能であるけれども、実際には凝固遷移層等の実測データがないので、第1報の重要な実験事実を用いて  $e^{-\Delta}$  の凝固条件による変動因子に検討を加え、次のような結果を得た。<sup>(1)</sup>

$$U < 120 \text{ cm/sec では } C_S^* = C_L \{1 - 5.6 \times 10^3 (1 - k_0) U\} \quad (3-a)$$

$$U \geq 120 \text{ cm/sec では } C_S^* = C_L \{1 - 0.67 (1 - k_0)\} \quad (3-b)$$

但し、 $U$  は溶湯の流動速度である。そこで上式を実用鋼塊に应用する場合に必要な諸因子の検討を行ない、それを実際のキルド鋼塊およびリムド鋼塊凝固に適用して、(3)式の一般性を確かめた。

## 3 結言

実用鋼塊の固相溶質濃度分布は凝固過程における液相溶質濃度と溶湯流動速度の変化および各溶質元素の平衡分配係数によって決定される。

文献(1)高橋, 市川, 島原: 日本学術振興会(1973, 1, 22), (2) K. Schwerdtfeger: Arch. Eisenhüttenw., 41(1970)923, (3) T. Takahashi, I. Hagiwara and K. Ichikawa: Trans. ISIJ, Vol. 12(1972), No. 6, p. 412