

(107) チャンネル型偏析の生成の理論解析とモデル実験

名古屋大学工学部

○浅井滋生, 山沢順彦
報 載

1. 緒言 キルド鋼塊のマクロ偏析の生成機構については、従来、多くの研究が発表されているが、マクロ偏析の生成機構を不安定現象と関連づけて研究した報告としては、*Mehrabian*¹⁾の報告が知られているのみである。著者らは、前報²⁾で、マクロ偏析の理論解析とモデル実験を行ない、その結果、共存相内で、自然対流と融解現象との複合作用によって、局所的に固相率の低い部分が生成するという不安定現象が起こり得ることを示した。本報では各種冷却条件がマクロ偏析の生成に及ぼす効果について、不安定現象の解析を行ない、その結果を模型実験によって検証する。

2. 理論解析結果 前報²⁾では、水平方向の温度分布が存在する場合についてマクロ偏析のモデルを提示したが、今回は、水平方向および垂直方向の温度分布が存在する場合について前報のモデルを拡張し、安定性理論に基づいて、マクロ偏析生成につながる不安定性の解析を行なった。その結果、

(1) 鋼塊の上面および下面を断熱する場合 — (i) $u \geq 0$ の場合、 $(\partial \epsilon / \partial x) < 0$ となり、安定。(ii) $u < 0$ で $|(-\epsilon)u(\partial T / \partial x)| > \lambda(\partial T / \partial x)$ の場合、 $(\partial \epsilon / \partial x) > 0$ となり、不安定； $u < 0$ で $|(-\epsilon)u(\partial T / \partial x)| \leq \lambda(\partial T / \partial x)$ の場合、 $(\partial \epsilon / \partial x) \leq 0$ となり、準安定。共存相内融液の密度が温度の上昇に伴って増加する $(\partial \rho / \partial T) > 0$ 場合には、自然対流によって $u < 0$ の流れが生ずるため、側壁から冷却すると、系は不安定か準安定となり、マクロ偏析生成の可能性が高いことがわかる。

(2) 鋼塊の側面を断熱する場合 — この場合、安定条件は、 $(\partial \rho / \partial T) \cdot (\partial T_0 / \partial Y) < 0$ となる。すなわち、 $(\partial \rho / \partial T) > 0$ の場合には $(\partial T_0 / \partial Y) < 0$ の上面冷却で、また、 $(\partial \rho / \partial T) < 0$ の場合には $(\partial T_0 / \partial Y) > 0$ の下面冷却で、系は安定となる。普通鋼塊でマクロ偏析が生成されるのは $(\partial \rho / \partial T) > 0$ の場合²⁾であるから、その際には上面から冷却すればチャンネル型の偏析は生成しないことになる。 $(\partial \rho / \partial T) > 0$ で下面から冷却する場合、系は不安定となるが、温度の外乱の発達が遅い場合には軽微なものになることが理論的に推察される。

3. 実験結果 NH_4Cl 水溶液を用いて模型凝固実験を行ない、凝固後のマクロ偏析分布の可視化を試みた。写真1は(a)上面冷却、(b)下面冷却、(c)側面冷却の場合を示す。理論解析結果から予測されるように、

(a)の場合、チャンネル型偏析は見られない。(b)の場合、下部に軽微な偏析が見られる。(c)の場合、顕著な偏析線が見られる。

(記号) t : 時間, T : 温度, T_0 : 外乱が入らない場合の温度, u : x 方向の速度成分, x : 中心から壁面方向に取った水平距離, Y : 底面からの垂直方向距離, ϵ : 液相分率, ρ : 融液の密度, λ : 熱拡散係数

[文献] 1) R. Mehrabian, et al; *Metall. Trans.* 1 (1970) P1209 2) 浅井, 佐原, 報: 学振 19巻-9920 (1976年5月)



(a) 上面冷却

(b) 下面冷却

(c) 側面冷却

写真1 マクロ偏析分布