

(75) 凝固プロファイルに及ぼす固相率分布の効果

名古屋大学工学部

○宮沢憲一

工博 鞭 巖

I. 緒言 : 凝固プロセスで固液共存相を考慮した伝熱に関する従来の研究では, 種々の固相率分布を仮定して, 共存相内における凝固潜熱の発生の方を設定している。本研究では固相率を共存相内の温度や位置の関数として表わし, 連鑄の数学的モデル¹⁾および簡単な一方向凝固モデルを用いて, 固相率分布が凝固プロファイルに及ぼす影響について検討した。

II. 解析

(1) 一方向凝固モデルによる推算

(仮定) ① 鑄片の表面温度 t_{i0} は一定, ② 溶鋼に過熱はない, ③ 各熱的物性値は一定, ④ $X = X_0$ で $f = 1$, $X = X_2$ で $f = 0$ 。以上の仮定に基づいて固相と共存相の熱収支を行なうと, (1), (2) 式が得られる。

$$\partial T_1 / \partial \Theta = \partial^2 T_2 / \partial X^2 \quad (1), \quad \partial T_2 / \partial \Theta = \partial^2 T_2 / \partial X^2 + H(T_2 - T_0) \cdot \partial f / \partial \Theta \quad (2)$$

(I.C.) $\Theta = 0$ で $X_0 = X_2 = 0$ (3) (B.C) $X = 0$ で $T_1 = T_{i0}$ (4), $X = X_0$ で $T_1 = T_2 = T_0$, $\partial T_1 / \partial X = \partial T_2 / \partial X$ (5), $X = X_2$ で $T_2 = T_0$, $\partial T_2 / \partial X = 0$ (6)

ここで, $T_j \equiv (t_j - t_w) / (t_0 - t_w)$ $j = 1, 2, i, s, l, s$, $X \equiv x / W$, $\Theta \equiv k\theta / W^2 \rho C$, $H \equiv \lambda / C(t_2 - t_0)$

(1), (2) 式を解くと, 凝固プロファイルを表わす(7), (8) 式が得られる。

$$X_0 = 2\alpha_1 \sqrt{\Theta} \quad (7), \quad X_2 = 2(\alpha_1 + \alpha_2) \sqrt{\Theta} \equiv 2\beta \sqrt{\Theta} \quad (8)$$

ただし, α_1, α_2 は(9), (10) 式から求められる。 $(1/3 + HQ)\alpha_2^2 + (1 + H)\alpha_1 \alpha_2 = 1$ (9)

$\alpha_2 = \sqrt{\pi} (T_2 - T_0) / (T_0 - T_{i0}) \cdot \text{erf}(\alpha_1) / \text{erfc}(-\alpha_2)$ (10) ここで, (9) 式中の Q は(11) 式で示される。

$Q = \int_0^1 f dY$, $Y \equiv (X - X_0) / (X_2 - X_0)$ (11) 固相率が(12), (13) 式のように仮定される場合には, Q と

して(14), (15) 式が得られる。 $f = 1 - T^n$, $T \equiv (T_2 - T_0) / (T_2 - T_0)$ (12), $f = 1 - Y^m$ (13),

$Q = 1 - \prod_{n=1}^m (2n) / (2n + 1)$, (ただし, $n = 0$ の時 $Q = 0$) (14), $Q = m / (m + 1)$ (15) Q 値の変化に伴う α_1 と β の変化を図1に示す。また, 平衡凝固に従った場合の Q 値も同図に示した。

(2) 連続鑄造モデルによる推算

従来の連鑄の熱移動の研究では, 凝固潜熱を比熱に換算して, 共存相を固相よりも大きな比熱を有する領域として取扱っているものが多いが, この取扱いは, 共存相内の固相率と温度の関係を直線的とみなすことに相当する。ここでは, 固相率と温度の関係が(16) 式で示される場合の凝固プロファイルに及ぼす影響について検討した。 $f = (1 - T) / (1 + \alpha T)$, $\alpha = 0 \sim 1$ (16)

III. 結果と考察

鋼の凝固プロファイルに及ぼす固相率の影響は, 鑄片表面の冷却が強いほど, また, 炭素濃度が低いほど小さくなり, 固相率と温度を直線関係で示す仮定は有効である。

(使用記号) C : 比熱, f : 固相率, k : 熱伝導度, t : 温度, W : 鑄片厚さの1/2, x : 距離, θ : 時間, ρ : 密度, λ : 潜熱 (添字) i : 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

(文献) 1) 宮沢, 鞭: 鉄と鋼, 59 (1973), S353

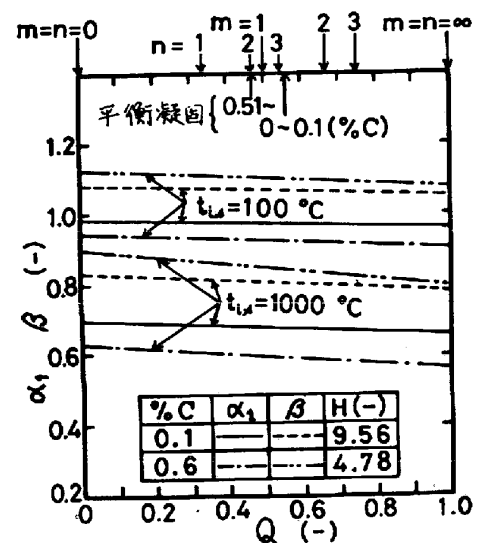


図1. Q 値の変化に伴う α_1 と β の変化