

(59) デンドライト 2 次アーム間隔と凝固速度

川崎製鉄 技術研究所 ○藤井徹也, 工博 中西恭二

1. 緒言 デンドライト 2 次アーム間隔と固液共存領域における平均冷却速度との間には密接な関係のあることが認められていて, 鋳塊の 2 次アーム間隔を測定することで冷却速度の推定ができる。しかし, これらの測定から得られる知見では, 平均冷却速度がわかるのみで鋳塊の凝固速度を直接求めることはできない。そこで, 簡単な伝熱計算に基づいて, 従来報告されている平均冷却速度とデンドライト 2 次アーム間隔の関係を使用し, デンドライト 2 次アーム間隔と凝固速度の関係を求めた。

2. 伝熱計算 平均冷却速度をパラメータとして凝固速度を求める目的から, 伝熱計算は固液共存相のみに着目し, 凝固中期までの Lightfoot の式が成立する範囲を対象とする。解析に当り次の仮定を置く。i) 一次元問題, ii) 溶鋼は一定温度を維持, iii) 共存相内の温度と固相率には直線関係が成立。共存相内の伝熱の基礎式は,

$$C\rho(\partial t/\partial \theta) = k(\partial^2 t/\partial x^2) + L\rho(\partial f_s/\partial \theta) \text{-----(1)}$$

iii) の仮定から (1) 式は,

$$\partial t/\partial \theta = \alpha(\partial^2 t/\partial x^2) \text{-----(2)}$$

$$\text{ただし, } \alpha = k / \{C + L / (t_l - t_s)\} \rho \text{-----(3)}$$

$$\text{境界条件は, } x = x_s \text{ で } t = t_s, x = x_l \text{ で } t = t_l, k(\partial t/\partial x) = C\rho(t_0 - t_l)(dx_l/d\theta) \text{-----(4)}$$

また, 固相線, 液相線凝固位置を (5) 式で表わす。

$$x_s = K_s \sqrt{\theta}, x_l = K_l \sqrt{\theta} \text{-----(5)}$$

(4), (5) 式の条件のもとで (2) 式の解を積分法にて求めると, K_s と K_l の関係は (6) 式で表わされる。

$$(-2\Delta t - 5S - P)K_l^2 + (-2\Delta t + 4S + 2P)K_s K_l + (4\Delta t + S - P)K_s^2 + 12\alpha(2\Delta t + S - P) = 0 \text{-----(6)}$$

$$\text{ただし, } P = \sqrt{S(2\Delta t + S)}, S = C\rho\alpha(t_0 - t_l)/k \text{-----(7)}$$

$$\text{部分凝固時間 } \theta_f \text{ は, } \theta_f = x^2(1/K_s^2 - 1/K_l^2) \text{-----(8)}$$

3. 適用例 (6), (8) 式による計算結果を

図 1 に示す。図によれば, デンドライト 2 次アーム間隔の測定値から液相線, 固相線凝固定数 K_l, K_s が求まる。水冷銅定盤付ぎの断熱鋳型に注入された 18Cr-8Ni 鋼塊について, 計算結果と熱電対による測定結果の比較を表 1 に示す。表面から 30 mm の範囲において, 計算値と測定値間にはよい一致が得られる。しかし, 連鋳鋳片 ($C=0.15\%$) に適用した結果では, 計算値は連鋳における凝固定数と比較してかなり小となり, 実情と一致しない。この不一致の理由として, (4) 式の境界条件, および, 2 次アーム間隔の測定法などに問題があるものと考えられる。

(参考文献) 鈴木, 鈴木, 長岡, 岩田; 日本金属学会誌, 32 (1968), P.1301

(記号) C:比熱, f_s :固相率, k :熱伝導度, K_s, K_l : 固相線, 液相線凝固定数, L :潜熱, t :温度, t_s, t_l : 固相線, 液相線温度, $\Delta t: t_l - t_s, t_0$: 溶鋼温度, x :距離, x_s, x_l : 固相線, 液相線位置, θ :時間, ρ :密度

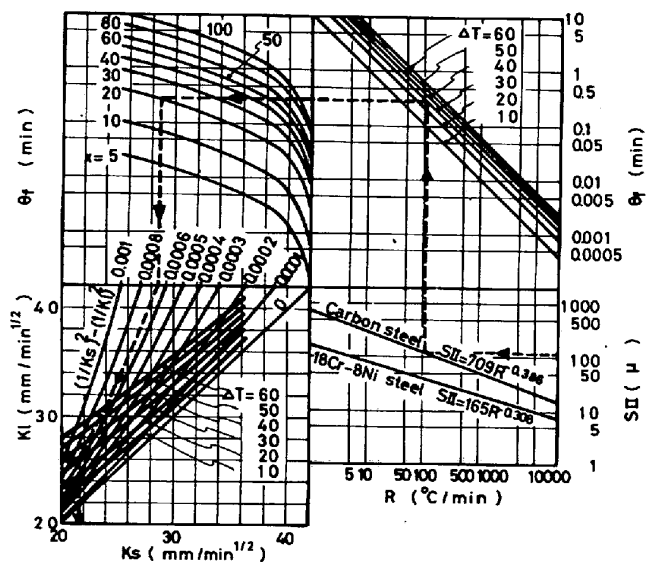


図1 計算結果 (過熱度 5°C)

表1 計算結果と測定結果との比較

x (mm)	S _{II} (μ)	K _s (mm/min ^{1/2})		K _l (mm/min ^{1/2})	
		計算	測定	計算	測定
10	22.6	24.5		28.5	
20	33.3	24.1	25.6	28.1	28.2
30	44.2	24.2		28.2	
40	57.0	22.4		26.6	