

川崎製鉄 技術研究所 ○中戸 参
 名古屋大学 工学部 工博 榎 巖

1. 緒言 フラックス物性は、連鑄鑄型内の伝熱に大きな影響を及ぼし、^{1)~3)} 縦割れなどの鑄片表面の欠陥生成と密接な関係がある。しかし、フラックス物性の影響を考慮した伝熱モデルはまだ見当たらない。本報では、フラックス物性の影響を考慮した伝熱モデルを展開し、その計算結果と実測値とを比較してモデルの妥当性を検討する。

2. 伝熱モデル 基礎式、計算方法は松野ら⁴⁾と同じである。新たに鑄片表面での伝熱境界条件を以下のように定義した。

$$-k_s (\partial\theta/\partial x)_{x=0} = q_M = U(\theta_{x=0} - \theta_w) \quad (1)$$

$$1/U = d_f/k_f + (d_{af} + d_a)/k_a + d_m/k_m + 1/h_w \quad (2)$$

$$d_{af} = \lambda d_f (\theta_f - \theta_m) \quad (3), \quad d_a = d_{sh} - d_{taper} \quad (4)$$

$$d_{sh} = (\alpha_s/3) d_s (\theta_c - \bar{\theta}_s) \quad (5), \quad \bar{\theta}_s = (\theta_{s,L} + \theta_{x=0})/2 \quad (6)$$

$$d_{taper} = z \tan \beta \quad (7), \quad k_a = A + B(\theta_{x=0} + \theta_m) \quad (8)$$

表1. フラックスの物性^{2), 3)}

Brand	A	B	C	D	E	F
η_m (poise)	17.0	12.8	5.9	3.8	2.5	1.6
θ_f (°C)	1150	1110	1100	1160	1040	1010
	G	H	I	J	K	L
	3.11	6.37	3.91	2.52	11.41	2.4
	1223	1202	1090	1043	1178	1002

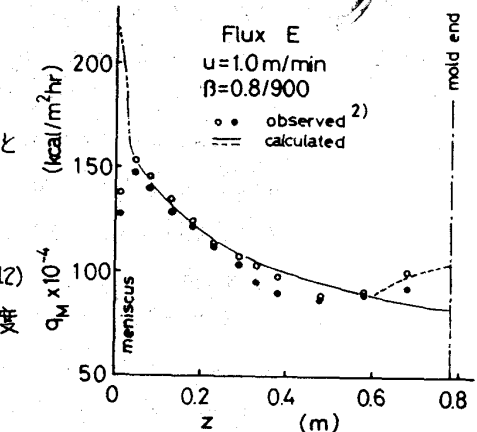


図1. 鑄型内熱流束の鑄込方向分布

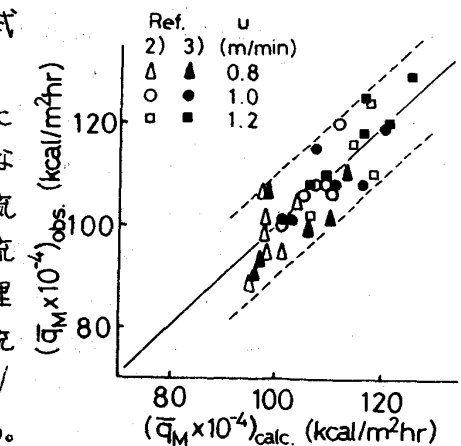


図2. 平均熱流束の計算値と実測値

鑄型内でのフラックス膜厚は、粘性流体の運動方程式を解くことにより、(9)のように求められる。

$$d_f = \{ \nu (\bar{d}_f + \bar{\eta}) \}^{1/3} + \{ \nu (\bar{d}_f - \bar{\eta}) \}^{1/3} \quad (9) \quad \text{ただし,}$$

$$(\rho_s u) / (\rho_f g) = \mu \quad (10), \quad (3/2)\mu = \nu \quad (11), \quad \sqrt{\bar{d}_f^2 + (4/9)\mu} = \bar{\eta} \quad (12)$$

計算は差分法で行ない、各ステップごとに θ_m と $\theta_{x=0}$ が一定精度内にはいるよう収束計算を行なった。

3. 計算結果 計算に用いた12種のフラックス物性を表1に示す。

モデルでは、フラックスの膨張率に相当するパラメータ λ を含むが、 $u=1.0 \text{ m/min}$ での実測値²⁾と一致するようにフラックス粘度の一次式として、 $\lambda = (0.105\eta_m + 3.84) \times 10^{-4}$ (13) のように表わした。

熱流束の鑄込方向分布を図1に示す。破線は、2次冷却水の分解による H_2 の効果を加味して、メニスカスより60cmまではその効果がなく、鑄型下端では H_2 が20 vol%まで直線的に増加するとした時の熱流束分布を示す。 H_2 は空隙部の熱伝導度を増加するので、鑄型内熱流束も増加している。メニスカス部で実測値と計算値が一致しない理由は、その部分で熱流が2次元であるためと考えられる。平均熱流束の計算値と実測値^{2), 3)}の比較を図2に示す。両者は、 $\pm 10^5$ (kcal/m²hr)の範囲で良く一致しており、本モデルの妥当性が示されている。

<記号> A, B; 定数, d_a, d_{af} ; 空隙厚, 相当空隙厚, d_f, \bar{d}_f ; フラックス膜厚, 平均膜厚, $d_m, d_s, d_{sh}, d_{taper}$; 鑄型実効厚, 凝固殻厚, 凝固収縮厚, テーパー量, g ; 重力加速度, h_w ; 冷却水熱伝達率, k_a, k_f, k_m, k_s ; 空気, フラックス, 鑄型, 鋼の熱伝導率, u ; 引板速度, U ; 総括伝熱係数, $\lambda, \bar{\eta}$; 厚さ, 鑄込方向距離, α_s ; 鋼の体膨張率, β ; テーパー角, η, η_m ; 鑄片表面での, 1300°Cでのフラックス粘度, $\theta_m, \theta_w, \theta_{x=0}, \theta_{s,L}$; 鑄型壁, 冷却水, 鑄片表面, 固相線の温度, θ_c ; 鑄片の収縮開始温度, θ_f ; フラックスの溶融温度, λ ; パラメータ, ρ_f ; フラックスの密度

<参考文献> 1) 井上ら: 製鉄研究('78), No.293, P34 2) 中戸ら: 鉄と鋼, 62('76), S506~508 3) R. Albery et al: Rev. Mét., ('76), July/Aug., P545 4) 松野ら: 鉄と鋼, 60('74), P1023