

(74) 出鋼時の窒素ガス吸収モデル

名古屋大学工学部 〇浅井 滋生・鞭 巖

転炉や平炉から出鋼する際、溶鋼が円筒状となって取鍋内に落下し、溶鋼の表面から空気中の窒素ガスが吸収される現象について、落下時と取鍋内での蓄積時とに分けて解析した結果を報告する。

落下時の基礎式:  $(1/D)(\partial C/\partial \theta) = (\partial^2 C/\partial r^2) + (1/r)(\partial C/\partial r)$  (1)

$\theta = 0$  で  $C = C_i$ ;  $r = R$  で  $D(\partial C/\partial r) = k(C^* - C)$

解:  $C = C^* + (C_i - C^*)(k/2DR) \sum_{n=1}^{\infty} \exp(-\alpha_n^2 D \theta) J_0(\alpha_n r) / \{ (k/D)^2 + \alpha_n^2 \} J_0(\alpha_n R)$  (2)

ただし、 $\alpha_n$ は  $\alpha_n J_1(\alpha_n R) - (k/D) J_0(\alpha_n R) = 0$  の根である。断面平均濃度  $C_m$ は

$C_m = C^* + (C_i - C^*)(4k^2/R^2) \sum_{n=1}^{\infty} \exp(-\alpha_n^2 D \theta) / \alpha_n^2 (\alpha_n D + k^2)$  (3)

蓄積時の基礎式:  $(\partial C/\partial t) = D(\partial^2 C/\partial x^2)$  (4)

$t = 0, x > 0$  で  $C = C_0$ ;  $x = 0, t > 0$  で  $-D(\partial C/\partial x) = k(C^* - C)$ ;  $x = \infty, t > 0$  で  $C = C_0$

解:  $C = C^* + (C_0 - C^*) \{ \text{erfc}(x/2\sqrt{Dt}) + \exp(kx/D + kt/D) \text{erfc}(x/2\sqrt{Dt} + k\sqrt{t/D}) \}$  (5)

浸透説による時間平均の物質移動速度:

$\bar{N} = (C^* - C_0)(D/k) \{ \exp(k^2 t_e/D) \text{erfc}(k\sqrt{t_e/D}) - 1 + 2k\sqrt{t_e/\pi D} \}$  (6)

取鍋内で溶鋼が底面に広がるまでをa), それ以後の出鋼終了までをb)に示す。

a)  $0 \leq \theta \leq \delta A/\pi R^2 U_{av}$  での基礎式:  $d(C_0)/d\theta = (\pi R^2 U_{av} \theta/\delta) \bar{N} + \pi R^2 U_{av} C_m$  (7)

$\theta = 0$  で  $C = C_0$ ;  $\theta_1 = \delta A/\pi R^2 U_{av}$  での濃度は

$C_1 = C^* + \{ \exp(-k\theta/\delta) - 1 \} (\delta/k)(C^* - C_0)/\theta$  (8)

b)  $\theta_1 < \theta \leq T$  での基礎式:  $d(C_0)/d\theta = A\bar{N} + \pi R^2 U_{av} C_m$  (9)

$\theta = \theta_1$  で  $C = C_1$ ;  $\theta = T$  では、 $C = b/a + (C_1 - b/a)(T/\theta_1)^{-a}$  (10)

ただし、 $a = (A \cdot t_e \cdot k/\pi R^2 U_{av} D) / \{ \exp(k^2 t_e/D) \text{erfc}(k\sqrt{t_e/D}) - 1 + 2k\sqrt{t_e/\pi D} \} + 1$ ,

$b = (a - 1)C^* + C_0$ ,  $U_{av} = W/T \pi R^2 \rho$  である。(3), (10)式から図1が得られる。ここで

は  $t_e = 0$  なる極限状態を示した。(9)式の右辺第2項を除いた式と(6)式とから  $\log\{(C^* - C_0)/(C^* - C_1)\}$  対  $A\theta/\pi R^2$  の勾配  $m$  が、

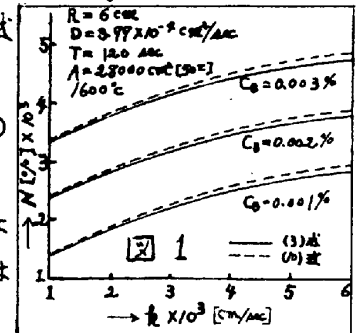
$m = (D/2.303 t_e k) \{ \exp(k^2 t_e/D) \text{erfc}(k\sqrt{t_e/D}) - 1 + 2k\sqrt{t_e/\pi D} \}$  の

ように表わされるが、実験データ<sup>1)</sup>から  $m$  を求め、文献2)

から誘導炉の平均滞留時間  $t_e$  を求めると、試行錯誤計算によ

って第3元素添加による  $k$  の変化が得られる。以上の解析は

取鍋から鋳型への注入プロセスにも適用されよう。



(記号)  $C^*$ : 平衡濃度 [%wt/cm<sup>3</sup>],  $C_i$ : 出鋼時炉内濃度,  $C_0$ : 取鍋(誘導炉)内濃度,  $C_1$ : 誘導炉

初濃度,  $A$ : 取鍋(誘導炉)表面積 [cm<sup>2</sup>],  $k$ : 物質移動係数 [cm/sec],  $W$ : 出鋼(誘導炉)溶鋼量

[g],  $V$ : 取鍋内容鋼の容積 [cm<sup>3</sup>],  $\rho$ : 溶鋼の密度 [g/cm<sup>3</sup>],  $\delta$ : 広がり厚さ [cm],

$U_{av}$ : 平均落下速度 [cm/sec],  $T$ : 出鋼時間 [sec],  $t$ : 接触時間,  $t_e$ : 平均接触時間,

$\theta$ : 落下および操作時間,  $\theta_1$ : 底面広がり時間,  $D$ : 拡散係数 [cm<sup>2</sup>/sec],  $R$ : 落下鋼半径 [cm]

(文献) 1) 井上, 長: 鉄と鋼, 49('63), 416, 1448; 51('65), 884, 1832;

2) E. S., Machlin: Trans. AIME, 218('60), 318