(124) R-H 脱ガスの取鍋内混合特性が脱ガス速度に及ぼす影響

名古屋大学大学院　○藤井徹也
名古屋大学工学部　鞭 巌

1. 緒言　脱ガス速度は，上昇管と真空室での脱ガス量および取鍋内の溶鋼の混合状態によって決まる。RI 測定によれば，取鍋内の溶鋼の流動状態は完全混合とみなすことができる[1]が，取鍋内溶鋼の流動状態が脱ガス速度に及ぼす影響について化学工学的観点から，検討してみる必要がある。本研究では，上昇管と真空室での脱ガスプロセスについて簡単なモデルを設定し，この影響について検討した。なお，取鍋内溶鋼の流動をポテンシャル流と仮定することによって，装置形状および操作条件とフローパターンの関係を求めた。

2. 取鍋内混合と脱ガス速度　上昇管での脱ガス速度については，溶鋼側よりガス側への着目成分の移動速度が溶鋼側濃度に比例すると仮定して，(1)式を得，また真空室での脱ガスについては(2)式で示す。

$C_{uf}(t)=C_{\ell f}(t-\theta_u)\exp(-\alpha k_u Q_g\theta_u/DQ_\ell)$ ⋯(1)　$C_{vf}(t)=C_v^i+\{C_{vo}(t-\theta_v)-C_v^i\}\exp(-k_v a_v\theta_v)$ ⋯(2)

取鍋の入口と出口濃度は，滞留時間分布関数によって　$C_{\ell f}(t)=\int_{-\infty}^{t}C_{\ell o}(\xi)f(t-\xi)d\xi$ ⋯(3)で示されるので，下降管での脱ガスを無視すると (1),(2),(3) 式より (4)式が得られる。

$C_{\ell f}(t)=\int_{-\infty}^{0}C_i f(t-\xi)d\xi+\int_0^t\{C_v^i(1-\xi_v)+\xi_u\xi_v C_{\ell f}(\xi-\theta_t)f(t-\xi)d\xi$ ⋯⋯(4)

ただし $\xi_u\equiv\exp(-\alpha k_u Q_g\theta_u/DQ_\ell)$，　$\xi_v\equiv\exp(-k_v a_v\theta_v)$，　$\theta_t\equiv\theta_d+\theta_v+\theta_u$

(i)完全混合の場合：$f(t)=1/\theta_\ell\cdot\exp(-t/\theta_\ell)$ ⋯(5)　であるから取鍋内平均濃度は(6)式で示される。

$C_\ell(t)=\{C_i+C_v^i(1-\xi_v)/(\xi_u\xi_v-1)\exp\{(\xi_u\xi_v-1)t/\theta_\ell\}-C_v^i(1-\xi_v)/(\xi_u\xi_v-1)$ ⋯⋯(6)

(ii)ピストン流の場合：$\varepsilon\equiv\xi_u\xi_v(t/\theta_\ell-n)+n+1-t/\theta_\ell$ とすれば，時間 $n\theta_\ell<t<(n+1)\theta_\ell$ における取鍋内平均濃度は，$C_\ell(t)=C_v^i(1-\xi_v)\{1-\varepsilon(\xi_u\xi_v)^n\}/(1-\xi_u\xi_v)+C_i\varepsilon(\xi_u\xi_v)^n$ ⋯⋯(7)

計算結果の一例を図1に示す。脱ガス効率は，ピストン流の場合，完全混合よりも良くなる。また，dead spaceが存在すると悪くなることがわかる。

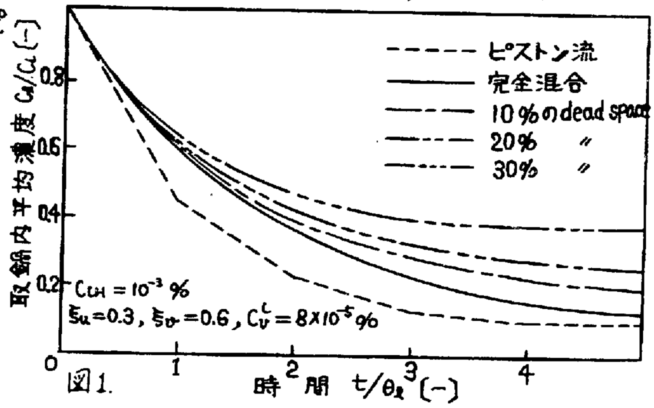

図1.

3. ポテンシャル流による取鍋内流動の解析

円筒座標でのラプラスの微分方程式を，(8),(9),(10)式の境界条件のもとで解く。

$r=R_a$ で $\partial\phi/\partial r=0$ ⋯(8)　$z=H$ で $\partial\phi/\partial z=0$ ⋯(9)

$z=0$ で $-\partial\phi/\partial z=g(r,\theta)$ ⋯⋯(10)

ただし，$(r\cos\theta-R_b)^2+(r\sin\theta)^2\leqq R_d^2$ で $g(r,\theta)=v_d$，$(r\cos\theta+R_b)^2+(r\sin\theta)^2\leqq R_u^2$ で $g(r,\theta)=-v_u$，それ以外で $g(r,\theta)=0$ である。

解は $\phi=\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{\ell=1}^{\infty}\frac{(-2)\lambda_{n\ell}J_n(\lambda_{n\ell}r/R_a)\cos n\theta\,\cosh\{\lambda_{n\ell}(z-H)/R_a\}}{\pi R_a(\lambda_{n\ell}^2-n^2)\{J_n(\lambda_{n\ell})\}^2\sinh(\lambda_{n\ell}H/R_a)}\int_0^{2\pi}\int_0^{R_a}rJ_n(\lambda_{n\ell}r/R_a)g(r,\theta)\cos n\theta\,dr\,d\theta$ ⋯(11)

ただし，$\lambda_{n\ell}$ は $J_n'(x)=0$ の ℓ 番目の正根である。取鍋の上部では下降管，上昇管直下のところの速度が最大であり，中部では断面を通じてほぼ一定の速度を持ち，下部では取鍋の中心部分が最大となる。

(文献) 1)宮川,他：鉄と鋼,53(1967),P304

(記号) a：溶鋼単位体積当りの表面積[1/cm]，C：溶鋼濃度[%]，C_v^i：真空室溶鋼側界面濃度[%]，D：気泡直径[cm]，k：物質移動係数[cm/sec]，H：取鍋深さ[cm]，Q_ℓ,Q_g：溶鋼，ガス流量[cm³/sec]，R_a：取鍋半径[cm]，R_b：取鍋中心より上昇管までの距離[cm]，R_u,R_d：上昇管，下降管半径[cm]，t：時間[sec]，U：溶鋼上昇速度[cm/sec]，θ：平均滞留時間[sec]，ϕ：ポテンシャル　(添字) f：出口，o：入口，u：上昇管，v：真空室，d：下降管，ℓ：取鍋，i：初期，H：水素