622.785: 669.92 '72－S 329

(48)

焼結炉の温度分布特性

名工大 材研 ○森山昭 荒木和男

Ⅰ. 緒 言　従来、非等温固定層非触媒反応操作の理論は、反応速度を一定としたvan Deemter[1)]，等温条件下で物質収支式を解き、熱収支式に適用するJohnsonら[2)]の解析、および、最近、熱収支式のみに着目したBlock[3)]の焼結炉の解析などがみられるが、いまだ確実な知見は得られないようである。

ここでは、焼結炉の温度分布特性を知る目的で、気固間温度差無視、ガス押出し流れを仮定して、解析を試みた。反応として、コークス燃焼反応に着目する。

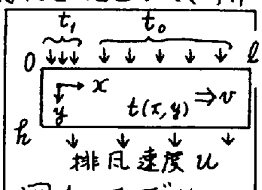

図1. モデル

Ⅱ. 解 析 と 結果　層内で熱の発生がない場合の基礎式は、定常条件下で、

$\kappa(1+m)\partial\phi/\partial\nu + \partial\phi/\partial\eta = 0$ —— (1)　。$\chi = \nu - \kappa(1+m)\eta$；$\eta = \eta$ の変換と点火炉操作を基礎式に考慮して、(1)式は、$\partial\phi/\partial\eta = \{U(\chi) - U(\chi-\nu_1) + \phi_0 U(\chi-\nu_1)\}\delta(\eta)$ — (2)

∴ $\phi(\eta,\chi) = \{U(\chi) - U(\chi-\nu_1) + \phi_0 U(\chi-\nu_1)\}$ — (3)，$U(\chi)$, $\delta(\eta)$：ステップおよびデルタ関数。

(3)式に基づく層内温度分布は図2のようになり、次の各条件が得られる。

(理想的操作)：$\kappa(1+m) = 1-\nu_1$；(炉長を無駄にする操作)：$\kappa(1+m) < 1-\nu_1$；

(炉長が不足する操作)：$\kappa(1+m) > 1-\nu_1$ —— (4)。この場合、一般にガスと固体の温度に差があると考えると、(1)式の代りに、

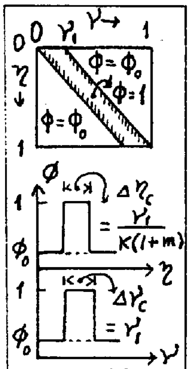

図2. (3)式

$\kappa\partial\phi_g/\partial\nu + \partial\phi_g/\partial\eta + mN(\phi_g - \phi_s) = 0$；$\partial\phi_s/\partial\nu - (N/\kappa)(\phi_g - \phi_s) = 0$ — (5)

$\phi_g(\eta,0) = \phi_s(\eta,0) = 0$；$\phi_g(0,\nu) = U(\nu) - U(\nu-\nu_1)$ の条件で(5)式の解を得た。この解から、$N \sim 1$, $m \sim 10^4$, $\kappa \sim 10^{-4}$, $\nu_1 \sim 0.05$ の通常操作条件下で ϕ_g と ϕ_s はほぼ等しく、気固等温の仮定は妥当であることがわかる。Nの値を実際値に比較してきわめて小さく(たとえば、10^{-3})とると層内の粒子温度分布は図3のようになる。この場合でも温度の峰の軌跡は、$N=\infty$の図2の場合と同様になり、(4)式の条件がほぼ成り立つ。

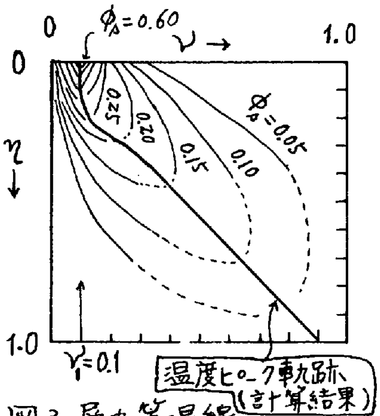

図3. 層内等温線
($m=10^4$, $\kappa=9(10)^{-5}$, $N=10^{-3}$)

コークスの反応速度をJohnsonら[2)]と同様に、$R_c^* = kw_0(1-f)C$ —— (6) の形とし、まず、$f=f_a$, $C=C_a$の適当な平均値を採用すると、$\kappa(1+m)\partial\phi/\partial\nu + \partial\phi/\partial\eta = \kappa Hm\lambda_0 e^{-A/\phi}(1-f_a)\zeta_a$ —— (6)′。解は、χ=一定の条件で $\int_1^{\phi(\eta,\chi)} e^{A/\phi'}d\phi' = \kappa Hm\lambda_0(1-f_a)\zeta_a\eta$，$0<\chi<\nu_1$；$\int_{\phi_0}^{\phi(\eta,\chi)} e^{A/\phi'}d\phi' = \kappa Hm\lambda_0(1-f_a)\zeta_a\eta$，$\chi>\nu_1$ —(7)

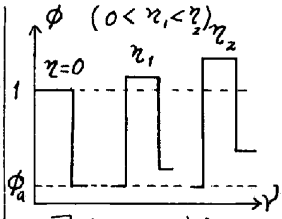

図4. (7)式

(7)から図4が得られる。また、(6)式でO_2濃度CのみをC_aで与えると、基礎式は、

$\partial f/\partial\chi = \lambda_0 e^{-A/\phi}(1-f)\zeta_a$ —(8)，$\partial\phi/\partial\eta = \kappa Hm\lambda_0 e^{-A/\phi}(1-f)\zeta_a$ — (9)。

(9)より　$(1-f) = \frac{\partial}{\partial\eta}\{\int e^{A/\phi'}d\phi'\}/\kappa Hm\lambda_0\zeta_a$ — (10)。(10)をχで微分して(8)に代入すると、$-\partial\phi/\partial\eta = \frac{\partial^2}{\partial\eta\partial\chi}\{\int e^{A/\phi'}d\phi'\}/\lambda_0\zeta_a$ —— (11)

点火炉操作を考慮してηで積分し、ついでχで積分すると、$\lambda_0\zeta_a\chi = \int_{\phi(\eta,0)}^{\phi(\eta,\chi)} e^{A/\phi'}/(1-\phi')\,d\phi'$，$0<\chi<\nu_1$；$\lambda_0\zeta_a(\chi-\nu_1) = \int_{\phi(\eta,\nu_1)}^{\phi(\eta,\chi)} e^{A/\phi'}/(\phi_0-\phi')\,d\phi'$，$\chi>\nu_1$ — (12), (13)。両式の$\phi(\eta,0)$, $\phi(\eta,\nu_1)$が問題であるが、$f(\eta,0) \fallingdotseq 0$を仮定し、(9)より $\int_1^{\phi(\eta,0)} e^{A/\phi'}d\phi' = \kappa Hm\lambda_0\zeta_a\eta$ —(14)。また、(13)からの$\phi(\eta,\nu_1-)$に基づき、$\phi(\eta,\nu_1) = \phi(\eta,\nu-) - (1-\phi_0)$ —(15) を仮定する。図5から、ϕがηとともに増加し、νとともに減少し、ここでも(4)式の条件があてはまるようにみえる。

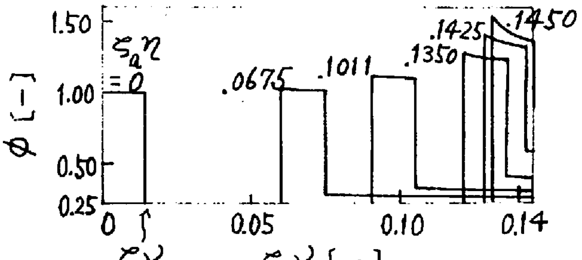

図5. $C=C_a$：一定としたときの層内温度分布($A=15$, $H=2.5$, $m=10^4$, $\kappa=9(10)^{-5}$, $\lambda_0=8(10)^5$, $\nu_1=0.1$)

[記号] b:量論係数，C_g, C_s:比熱，f:反応率，W_0:炭素濃度，ε:空隙率，ρ_s, ρ_g:密度，$H = W_0(-\Delta H)/(1-\varepsilon)\rho_s C_s t_1$，$m = (1-\varepsilon)C_s\rho_s/\varepsilon\rho_g C_g$，$N = kk_p a_p/u(1-\varepsilon)C_s\rho_s$，$\zeta = C/C_0$，$\eta = y/h$，$\kappa = \frac{hv}{ul}$，$\lambda = \frac{kC_0 l}{v}$，$\nu = \frac{x}{l}$，$\phi = \frac{t}{t_1}$

[文献] 1) J. J. van Deemter：Ind. Eng. Chem., 45, 1227 (1953)；2) B. M. Johnson, G. F. Froment, C. C. Watson：CES, 17, 835 (1962)；3) F. R. Block：Archiv Eisenhüttenw., 43, 83 (1972)