

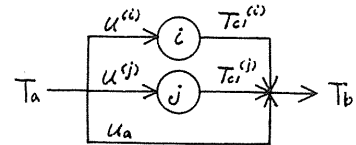
(28) 熱風炉のスタガード・パラレル操業の解析

名古屋大学工学部 ○堀尾正毅, 丹羽省三, 靱 巖

1. 緒言 熱風炉操業方式として最近, スタガード・パラレル送風が採用されつつある。従来, この方式について, 電算機を用いたシミュレーションの報告^{1,2,3)}が発表されている。電算機によって周期的平衡状態の解を求めるための収束計算には, シングル送風の場合よりも多くの計算時間が必要である。筆者らは, すでに, シングル送風の場合について解析し, 操業条件を与えるだけで炉内温度分布とバイパス空気の流量を求めることのできる簡便な近似計算法を提出した。本研究ではスタガード・パラレル送風の場合について同様な解析を行なう。本報のような近似解によって, 熱風炉の設計計算が簡単化される。また, 近似解をシミュレーションの際の初期値に採用すれば, 数値計算の所要時間が短縮される。

2. 基礎式 パラメータを無次元化した基礎式は(1)~(3)式, 境界条件は(4),(5)式となる。
 $\partial t^{(i)}/\partial \tau = H/\Delta (T^{(i)} - t^{(i)}) \dots (1)$, $\partial T^{(i)}/\partial \zeta = (\Delta/\sigma)(t^{(i)} - T^{(i)}) \dots (2)$, $\sigma^{(i)} = u^{(i)}(\tau) \cdot (C.P.)$; $\sigma^{(i)} = -1 \cdot (H.P.) \dots (3)$
 周期的平衡条件: $t^{(i)}(0, \zeta) = t^{(i)}(1 + \gamma, \zeta) \dots (4)$, 入口ガス温度: $T^{(i)}(\tau, 0) = 0 \cdot (C.P.)$, $T^{(i)}(\tau, 1) = 1 \cdot (H.P.) \dots (5)$
 ただし, $i = 1 \sim n$, $\gamma = n/2 - 1 \dots (6)$ 。

図1のようにバイパスを考えると, 各炉への空気分配率は(7)~(9)式で決定される。
 $u^{(i)} + u^{(j)} + u_a = 1 \dots (7)$, $u^{(i)} T_{ci}^{(i)} + u^{(j)} T_{ci}^{(j)} = T_b \dots (8)$
 $u^{(i)}(\tau) = u^{(j)}(\tau + 0.5) \dots (9)$



3. 近似解析 軸方向の温度分布が両端部を除き直線的であると仮定すると, (10)~(16)式のような近似解が得られる。空気の平均流量: $\bar{u} = G \dots (10)$, 熱効率: $\eta = T_b/2G \dots (11)$
 蓄熱室有効高さ: $\Delta \zeta_e = \alpha/\Delta_c (2/T_b - 1/G) \dots (12)$, 直線的温度分布の部分のレンガ温度の変化幅と軸方向勾配は(13),(14)式: $\Delta t = H_c T_b/2\Delta \zeta_e \dots (13)$, $\partial t/\partial \zeta = T_b/2G\Delta \zeta_e \dots (14)$, [H.P.]完了時のレンガ積み下端温度: $t_0^* = 2(1-\eta) - T_b/2G\Delta_c \Delta \zeta_e \dots (15)$, [C.P.]完了時のレンガ積み上端温度: $t_1^* = 2\eta - 1 + T_b/2\Delta_c(1-\Delta C)\Delta \zeta_e \dots (16)$ 。また, 温度分布が直線的となるためにパラメータが満足しなければならない必要条件は(17)式となる。
 $\Delta_c = \{[\Delta C/(1-\Delta C) + \alpha]/(1/G - H_c)\} (3\eta - 2)/(1-\eta) \dots (17)$ 。図2は近似解と厳密な数値計算結果との比較の一例である。

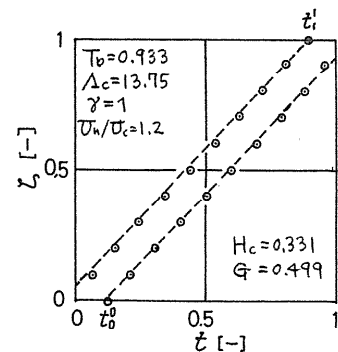
4. 結言 本解析により, 炉内軸方向温度分布が直線的になる場合について近似解が得られ, このような解の存在のための必要条件が導びかれた。

(記号) $G \equiv H_k \gamma / H_c$: 熱流比, H_c, H_k : 各期間長さに比例レンガ総重量に反比例するパラメータ[-],
 i, j : 炉番号, n : 全炉数, t, T : レンガおよびガスの温度[-],
 T_b : 送風温度[-], $T_a = 0$: 空気温度[-], $T_g = 1$: 燃焼生成ガスの温度[-],
 T_{ci} : [C.P.]における空気の出口温度[-], U_h, U_c : [H.P.]と[C.P.]での総括伝熱係数 [$kcal/m^2 \cdot hr \cdot ^\circ C$], $u^{(i)}$: 炉iへの空気分配率, u_a : バイパス空気の割合[-], $\alpha \equiv 1 + 1/(\delta U_h/U_c)$ [-], Δ_c, Δ_h : スタントン数[-],
 τ : 無次元時間 ([C.P.]の長さを1とする)[-], ΔC : 冷風バイパス期間の長さ[-], ζ : 蓄熱レンガ積み下端からの高さ[-]

[C.P.]: 放熱期, [H.P.]: 蓄熱期

(文献) 1) Kuipersmaak, et al: 4th IFAC, (69), 2) 山田, 土田, 一宮:

鉄技報, 2(70), p.74, 3) Stikker, et al: ルクセンブルグ鉄鋼オートメーション会議論文集 B-2(70), 4) 堀尾, 都築, 靱: 鉄と鋼(投稿中)



----: 近似解, o: 厳密解

図2 計算結果の一例