

(3) 層状装入モデルによる高炉シヤフト内における温度とガス流速の分布の解析

名古屋大学 工学部 〇 桑原 守 鞭 巖

緒言 高炉シヤフト部では、Cokeとoreの各層の物性の差異のために、炉内の各レベルにおいて、温度、濃度、ガスの圧力と流速などが周期的平衡になる形で振動している。また、層状装入の結果、ガス流の半径方向分布も生じる。ここでは、高炉シヤフト部を向流式移動層とみなして、伝熱および圧損失などの特性について単純化した理論解析を行なう。

解析 (I) ガス流量の半径方向分布 炉内の無次元距離(ξ=r/Ri)における通風抵抗は軸方向に変化しないとする。前報¹⁾と同様に以下の関係式を得る。

Δ13,i = {V1/π + (2/3 - ξ)R0^3(tand1 - tand2)/(tand1 · tand2)} / Ri^2 ... (1), Δ23,i = {V2/π - (2/3 - ξ)R0^3(tand1 - tand2)/(tand1 · tand2)} / Ri^2 ... (2), E(r)i = Ai + Bi r ... (3)
たてし、Ai = (Δ1iE1 + Δ2iE2) / Δci, Bi = (E2 - E1)πR0^3(tand1 - tand2) / (tand1 · tand2) / Ri(V1 + V2),
Dp(r)i = Δci {1 - E(r)i} / E(r)i(Ci + Di r) ... (4), たてし、Ci = Δ1iDp1 + Δ2iDp2, Di = (R0^3/Ri^2)
{(tand1 - tand2) / (tand1 · tand2)} · (Dp1 - Dp2) / (Dp1 · Dp2), Dpij = (1 - Eij) / DpiEj, (j = 1, 2)
Uq(r)i = Fq / 2πEci(Ci + Di r) ... (5), たてし、Ei = (2/Di^2) {Δci(Ci + Di Ri) [Bi(Ci + Di Ri)^2 / 5 + (DiAi - 2BiCi)(Ci + Di Ri) / 3 - Ci(DiAi - BiCi)] - Ci^2 [BiCi^2 / 5 + (DiAi - 2BiCi)Xi / 3 - Ci(DiAi - BiCi)]}

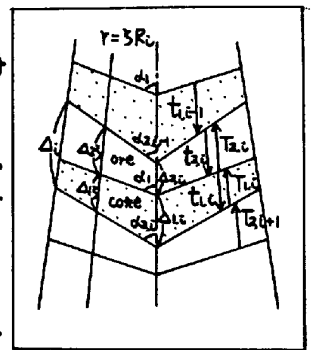


図1 層状装入モデルの模式図

(II) 層状装入伝熱モデル (1) モデルの考之方 ここでは、シヤフト内部の各層における反応熱は無視する。また、隣接するCoke層とore層をあわせて1ブロック(層厚Δ3i = Δ13,i + Δ23,i)と考之、この1ブロックが時間θで通過して後に次の新しい1ブロックと入れ代わるとする。すなわち、粒子層が時間θ毎にΔ3iずつ断続的に移動すると考之る。また、各層内のガス温度はθ時間内および層厚方向で集中化して取扱う。

(2) 各層内の非定常伝熱 (0 < θ < ∞) i段目のCoke層について: dt13/dθ = K13,i(T13,i - t13); θ = 0で t13 = t13,i-1; θ = ∞で t13 = t13,i とおくと、t13,i = T13,i - (T13,i - t13,i-1)exp(-K13,iθ) ... (6)
同様にして、t23,i = T23,i - (T23,i - t23,i-1)exp(-K23,iθ) ... (7), たてし、Kj3,i = (Rpj · ai / βj · Cqj) · Sj,i, (j = 1, 2)

(3) 各層の総括熱収支 Coke層: A3i · Δ13,i (β1 · C11,i · t13,i - β1 · C11,i-1 · t13,i-1) = A3i · E1 · Uq13,i · β1 · Cq1 (T23,i-1 - T13,i)θ ... (8)
から T23,i = T13,i + (Δ13,i / Δci) G13,i (t13,i - M13,i · t13,i-1) ... (9),
同様にして、ore層について: T13,i = T23,i + (Δ23,i / Δci) G23,i (t23,i - M23,i · t23,i-1) ... (10),
たてし、Gj3,i = (Fa · βj · Cqj / Fg · βg · Cg) · Sj,i, Mj3,i = (βj,i-1 · Cqj,i-1 / βj · Cqj,i), (j = 1, 2)

結果 oreとCokeの装入条件(0/c, 安息角)が高炉シヤフト内における温度とガス流速の軸方向および半径方向の分布に及ぼす効果を調べた。半径方向分布を無視した場合についての計算結果の一例を、図2に示す。

記号 A: 炉内断面積, a: 比表面積, c: 比熱, Dp: 粒子径, Fg: シヤフト内のガスの容積流量[Nm^3/hr], Fa: 粒子の容積流量[m^3(bed)/hr], G: 滑り熱流比, p: 層内のガス圧[Kg/cm^2], R0: 炉頂の内半径, T: ガス温度[°C], t: 粒子温度[°C], Uq: ガスの線速度[m/sec]
Uq0: 空塔基準ガス速度, Ua: 粒子降下速度, Δ: 層厚, ε: 層空隙率, θ1 = Δ1/Ua, θ2 = Δ2/Ua,
θ = θ1 + θ2, βb: 粒子のかけ密度, βg: ガス密度[kg/Nm^3], ξ: 無次元半径方向距離,
i: 段番号, j: 層番号 1(Coke層), 2(ore層)

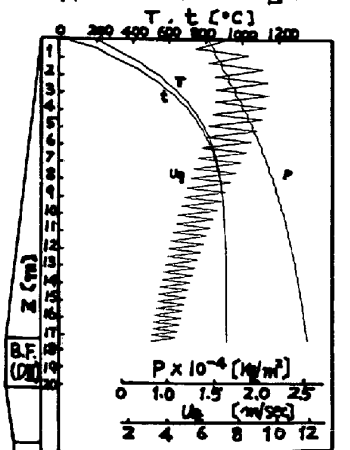


図2 本モデルによる計算例(ⅢB.F)

文献 1) 桑原・鞭・鉄と鋼 57(1971)4)S32