

川崎製鉄㈱ 水島製鉄所 ○小橋正満

1. 緒言 : 連続加熱炉の炉内伝熱計算では、炉長を分割し、その区間内での熱の授受を取扱うのが一般的であつたが、今回、区間の境界面を仮想黒体面とし、区間内での伝熱及び炉長方向の熱収支を同時に取扱うことにより、燃焼ガス、炉壁、鋼材の温度分布を算出する計算方法を確立した。以下に計算方法及び実測値との対比について報告する。

2. 計算方法 : 炉長を仮想黒体面によりN個に分割する。この仮想黒体面は、放射率=1として従来の放射伝熱の取扱いを受け、この面に到達した放射エネルギーはすべて放出され、蓄熱はないものとする。

分割された炉内空間では、次に示す熱の移動がある。(i) 燃料と空気による発熱 (ii) 各面間の形態係数、放射率及び伝熱面積により総括熱吸収率が決定され、ガス体、吸熱面(炉壁、鋼材)、仮想黒体面の各面間の放射熱の授受 (iii) 炉体、スキッド等からの熱放散

分割された空間内では熱的に均一であると仮定し、ガス体、炉壁、鋼材、及び仮想黒体面に対し、定常状態に於て以下に示す(4N-1)個の熱収支式が決定される。この非線型連立方程式を解くことにより、各面間の熱移動量と同時にガス体、炉壁面、鋼材の温度を知ることが出来る。

熱収支式

(1) 燃焼ガス $Q_i + (M_{g(i+1)}CP_{g(i+1)}T_{g(i+1)} - M_{g_i}CP_{g_i}T_{g_i}) + \sum_k A_{k_i} \phi_{k_g} (E_{k_i} - E_{g_i}) + A_{B(i-1)} \phi_{B(i-1)} (E_{B(i-1)} - E_{g_i}) - h_p A_p (T_{g_i} - T_p) = 0$

(2) 鋼材 $M_c (CP_{c(i-1)}T_{c(i-1)} - CP_{c_i}T_{c_i}) + \sum_k A_{k_i} \phi_{k_c} (E_{k_i} - E_{c_i}) + A_{c_i} \phi_{cB(i-1)} (E_{B(i-1)} - E_{c_i}) = 0$

(3) 炉壁 $\sum_k A_{k_i} \phi_{k_w} (E_{k_i} - E_{w_i}) + A_{w_i} \phi_{wB(i-1)} (E_{B(i-1)} - E_{w_i}) - h_s A_{w_i} (T_{w_i} - T_s) = 0$

(4) 仮想黒体面 $\sum_k A_{k_i} \phi_{k_B} (E_{k_i} - E_{B_i}) + \sum_k A_{k(i+1)} \phi_{k_B(i+1)} (E_{k(i+1)} - E_{B_i}) + A_{B_i} \phi_{BB(i-1)} (E_{B(i-1)} - E_{B_i}) = 0$

記号説明 T: 温度 °C ϕ : 総括熱吸収率 添字
 Q: 発熱量 Kcal/Hr E: $= 4.88 \frac{(T+273)^4}{100}$ g: ガス体 i: 位置
 M: 移動量 Nm³/Hr, T/Hr C: 鋼材 p: スキッド
 CP: 比熱 Kcal/Nm³°C, Kcal/kg°C h: 熱伝達係数 Kcal/m²Hr°C w: 炉壁 S: 大気
 A: 伝熱面積 m² B: 仮想黒体面

3. 計算結果 : 6带式連続加熱炉の熱精算時の操業条件より計算を行つた結果を以下に示す。

図1は燃料投入率と発熱率分布を示す。図2は炉内温度分布を示す。実測値と計算値の比較では、低温域で鋼材表面温度に差が見られるが、鋼材中心温度、燃焼排ガス温度ではよい一致が見られる。

表-1に、その時の熱バランスを示す。

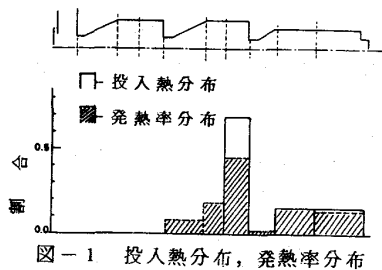
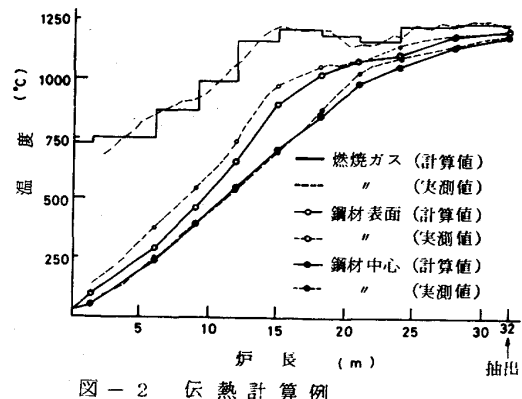


表-1 熱バランス表

項目	計算値	実測値	
	10 ³ Kcal/Hr	10 ³ Kcal/Hr	
入熱	燃料燃焼熱	4798.8	4798.8
	熱風顕熱	616.7	637.3
	装入材含熱量	4.90	4.97
計	5464.5	5485.8	
出熱	抽出材含熱量	2929.6	2934.0
	排ガス顕熱	1908.5	1972.3
	炉体放散熱	176.9	
	冷却水損失熱	44.95	57.95
計	5464.5	5485.8	



4. 結言 : 連続加熱炉の炉内伝熱現象を定常状態下に於て推定する計算方法を確立した。実測値との比較では、温度分布、熱バランスとも精度のよいものであることが確認出来た。これにより、連続加熱炉の熱効率に影響を与える種々の要因を単独に解析することが可能となつた。 2) 佐藤ら; 三菱重工技報

5. 参考文献: 1) 矢木ら; 日本機械学会誌 16(1950)54, p55 9(1972) 2 p139 など