

(49) コークス炉燃焼室のガス配分・燃焼計算モデルの開発

(コークス炉乾留熱量低減技術の開発—第1報)

川崎製鉄 水島製鉄所 ○中川二彦 有吉一雅

千葉製鉄所 石橋源一 小林俊明

1. 緒言 乾留熱量を低減するには、燃焼室内のガス配分の適正化が重要であることを、前報¹⁾で示した。本報では、燃焼室内のガス(空気、燃料ガス及び燃焼ガス)の流れの挙動を定量的に把握するため、ガスの温度及び流路の損失抵抗を考慮した数学モデルを開発したので報告する。

2. 数学モデルの概要

2.1 基礎方程式 当所のコークス炉(カールスチル炉)の燃焼室及び蓄熱室の流路系は非常に複雑であるが、Fig. 1に示す様な管路網と考え、各流路のガス流れを定常流れとみなし、以下の式を適用した。

$$\sum_{j=1}^{n_i} S_{ij} \cdot \rho_{ij} \cdot U_{ij} = 0 \quad \rho_{ij} = m_{ij} / V_{ij} = P_{atm} \cdot M_{ij} / (R \cdot T_{ij}) \quad \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{\lambda=1}^n Q_{\lambda ij} = 0$$

$$\frac{(P_{out} - P_{in})}{\bar{\rho}_k} + \frac{(U_{out}^2 - U_{in}^2)}{2\alpha} + \frac{(\bar{\rho}_k - \rho_{atm})}{\bar{\rho}_k} gZ + \sum_{k=1}^{k_{out}(i,j)} \sum_{\ell=1}^{\ell} H_{\ell ij}(U_{ij}) = 0$$

ただし、j: 流路分割要素iの節点 S: 流路断面積(m²) ρ: ガス密度(kg/m³) U: ガス流速(m/s)

m: ガス質量(kg) V: ガス体積(m³) P: ガス圧力(Pa) M: ガス分子量(kg/kmol)

R: 気体定数(J/kmol·K) Q: 熱量変化(kcal/s) λ: 熱量変化の要因 $\bar{\rho}_k$: 流路kの平均ガス密度(kg/m³)

H: 損失抵抗(m²/s²) ℓ: 損失抵抗の要因 g: 重力加速度(m/s²) Z: 炉高(m) α: 流速分布補正係数(-)

流路の損失抵抗は、①摩擦損失 ②縮小・拡大損失 ③曲がり損失 ④合流・分岐損失を考え、熱量変化は、①ガス顕熱 ②燃料ガス燃焼熱 ③燃焼ガスから燃焼室壁面への対流・放射伝熱を考慮した。

2.2 計算方法 Mガス燃焼時について、上式からなる非線型連立方程式をGauss-Jordanのはき出し法により解いた。

3. 計算結果 コークサイドの炉長方向において、スライドダンパーの開度を変化させた場合のガス配分例を、燃焼時(Fig. 2)と廃気時(Fig. 3)について示す。その結果、スライドダンパーの開度を調整することにより、炉長方向のガス配分を任意に変更できることがわかる。本モデルを用いてスライドダンパーを変更することにより、炉温分布を改善することができた¹⁾。なお、入炉時の計算において、端フリーには全燃焼ガスの約10~15%が配分されており、炉長方向の0₂濃度分布とともに実炉での測定結果とよく一致した。

4. 結言 コークス炉の燃焼室について、燃焼と伝熱を考慮したガス配分

モデルを構成することにより、炉温分布を改善する際に有効なガイダンスを得ることができた。本モデルは、カールスチル炉だけでなく、2分割燃焼方式の他の型式の炉にも適用することが可能であると考えられる。

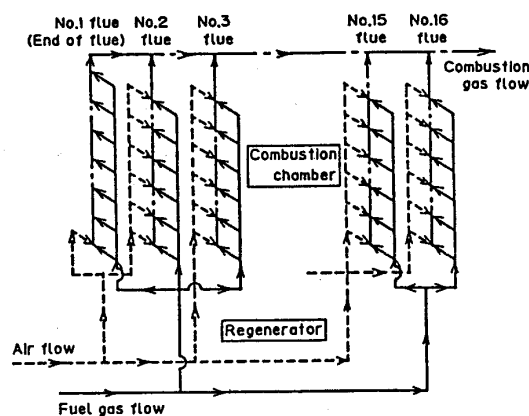


Fig. 1 Illustration of gas flow in the model

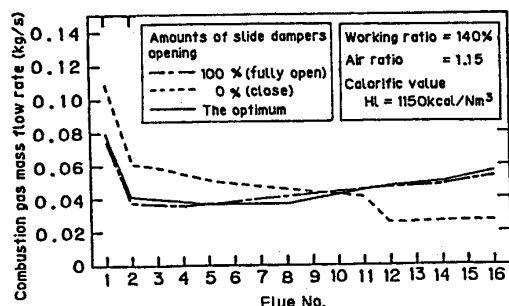


Fig. 2 Calculation results of combustion gas distribution when burning upward in coke side flues

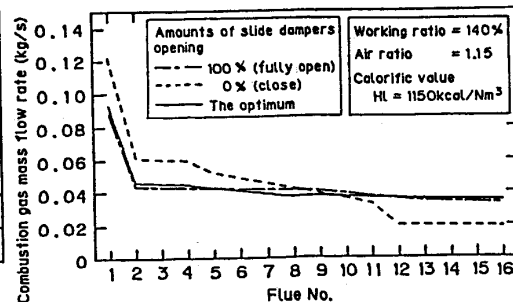


Fig. 3 Calculation results of combustion gas distribution when downflow in coke side flues