

(48) 融着充填層におけるガス流れと伝熱に関する数式モデルについて

新日本製鐵(株) 基礎研究所 ○ 杉山 喬

東北大学 選鉱製錬研究所 工博 八木 順一郎 工博 大森康男

1. 緒言

高炉の融着層の形成にはガス流れと融着層への伝熱が密接に関係するものと思われる。そこで本研究では高炉融着層近傍を想定し、モデル化した系でのガス流れと伝熱をカップリングした理論数式モデルを検討し、別報の低温モデル伝熱実験に合わせて二、三のケーススタディーを行なった。

2. 数式モデルの概要

円筒形をした通気抵抗の異なる二層の共存した系にガスを流した場合を想定し、次の仮定をおいた。

①円筒軸対称、②流れは定常状態、③ガスおよび固体温度に関しては非定常状態、④流れの運動方程式はErgunの圧力損失式の二次元への拡張形を用いる。⑤輻射および反応は考慮しない。

座標系は二次元の円筒座標系を用い、流れ函数 ψ 、圧力P、ガス温度 T_g 、固体温度 T_s に関する4つの二階の偏微分方程式を導いてこれを無次元化し、S.O.R法により数値計算を行なった。一例として T_s に関する基礎式を以下に示す。

$$(1-\epsilon)\rho_s(C_s+T_s\frac{dC_s}{dT_s})\frac{\partial T_s}{\partial t} = \frac{6(1-\epsilon)}{(\phi d_p)}h_p(T_g-T_s) + k_s(\frac{\partial^2 T_s}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 T_s}{\partial Z^2}) + (\frac{k_s}{r} + \frac{\partial k_s}{\partial r})(\frac{\partial T_s}{\partial r}) + (\frac{\partial k_s}{\partial Z})(\frac{\partial T_s}{\partial Z})$$

但し、 C_s : 固体比熱、 ρ_s : 固体充填密度、 ϵ : 層空間率、 t : 時間、 ϕ : 粒子形状係数、 d_p : 粒子径、 h_p : 粒子流体間伝熱係数、 k_s : 充填層有効熱伝導度、 r, Z : 成分。

k_s は融着度との関係で求められる。

3. ケーススタディーによる計算結果

融着層の融着度 η を $\eta = (\epsilon_0 - \epsilon_m) / \epsilon_0$ と定義した(但し、 ϵ_0 : 融着しない時の空間率、 ϵ_m : 融着層空間率)。

図1は η を変化させた場合のガス流れパターンの変化を示す。 η の増加と共にガスは融着層を避けて通るようになり、 $\eta \geq 0.4$ では融着層内にガス流れは存在しなくなる。 $\eta = 0.4$ における融着層の外周層に対する通気抵抗比はErgunの式の通気抵抗係数において f_1 は120倍、 f_2 で30倍であった。

また固体の無次元温度の分布はガス流れ状況とよい対応を示し、 η の変化と共に融着層の加熱のパターンが異なる点が注目される(図2)。

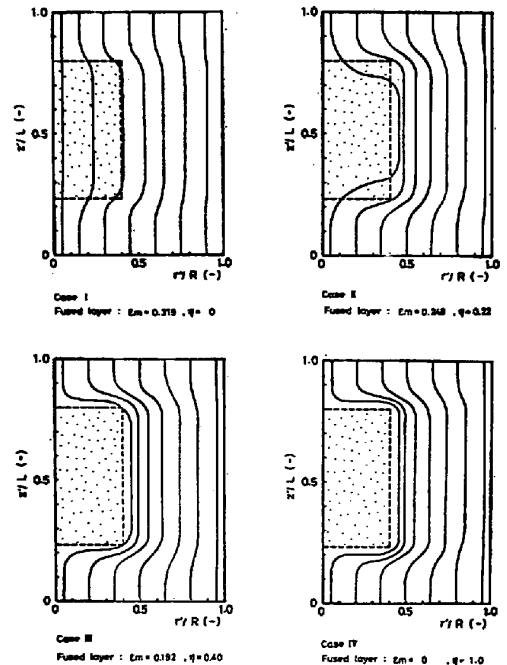


図1 融着層近傍のガス流れパターン

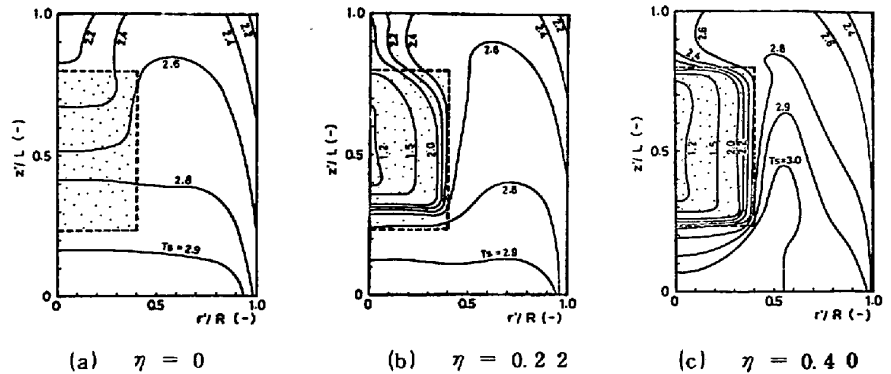


図2 固体温度分布におよぼす融着度の影響