多孔性物質を設置した屈折流路内の伝熱流動に及ぼす グラスホフ数の影響

Effect of Grashof Number on Heat Transfer and Flow in a Porous Medium Set in a Miter Bend Tube

○機正 一宮 浩市 (山梨大工)*1 山岡 俊博 (丸誠重工(株))*2

*1 Koichi ICHIMIYA, Yamanashi University, Takeda-4, Kofu, Yamanashi 400-8511

*2 Toshihiro YAMAOKA, Marusei Heavy Ind., Saiwai-2, Naniwaku, Osaka 556-0021

Key Words: Porous Medium, Miter Bend, Grashof Number, Laminar Flow, Numerical Calculation

本研究は、多孔性物質を多方面に使用するために、強制対流場に自然対流を含んだ複合対流場を設定し、それを屈折流路に適用した場合に、グラスホフ数が流路内の伝熱流動に与える影響を数値的に評価したものである。

図1に座標系を示す。入口、出口高さ y_0 の2次元平行平板流路で幅 $2y_0$ の屈折部に多孔性物質を充填している。流路側面 (Au-Ad), (Bu-Bd) から一様に加熱されている。流体は発達した層流速度分布で流入し上部より下部へ流動し直線部を経て流出する。

基礎式の内、多孔性物質内の流れに関する式には Brinkman 項 (粘性項)、Forchheimer 項 (慣性項) を考慮した非ダルシーモデルに基づいている。外力として浮力項を考慮した。エネルギー式では素材・流体間の熱伝達係数を考慮した。

数値計算は基礎方程式を積分して保存形に表示して風上差分を適用し反復法で行った。計算条件はレイノルズ数 $Re=50$, 素材・流体間熱伝達パラメータ $H_a=100$, プラントル数 $Pr=0.7$, 素材・流体熱伝導率比 $\lambda_p/\lambda_a=100$, グラスホフ数 $Gr=10^2 \sim 10^5$, ダルシー数 $Da=1 \sim 2.5 \times 10^{-6}$ で行った。

数値解析結果は Gr の影響を無次元流れ関数、流体及び素材の無次元温度、側壁 (Au-Ad) および (Bu-Bd) 上の局所熱伝達で評価した。 $Re=50, Pr=0.7, Da=1.0$ において多孔性物質が設置されないと流体は (Bu-Bd) に衝突し流動方向を変化させると同時に側壁 (Au-Ad) 側の入口付近に時計回りの循環流を生じる。多孔性物質を設置することにより速度分布が一様化される傾向になり循環流領域が狭くなる。 Gr の増大と共に下流側に新たに浮力誘起の反時計回りの循環流が生じる。(図2)。上流側の循環流の中心は側壁 (Bu-Bd) 側へ移行する。

無次元流体温度は多孔性物質の挿入により温度上昇は高く分布は一様化される。多孔性物質の素材の温度には $H_a=100$ に相当する流体との温度差が生じる。

側壁 (Au-Ad) 上の局所ヌセルト数 Nu は Gr の増大と共に多孔性物質の入口、出口でわずかな減少はみられるものの大きい変化はない。側壁 (Bu-Bd) 上では循環流に対応した流れの加速のため Nu は増大する。下流側になるにつれ減少し、多孔性物質の出口付近では大小関係が逆転する。

Fig.1 Coordinate system

Fig.2 Dimensionless stream function
($Re=50, Da=1.0, Pr=0.7, Gr=10^5$)