

A201

フィンを設置した多管式粒子充填層反応器内の伝熱速度解析

(九大院) (学)青木 拓朗・(九大工)(正)中曾 浩一・(正)深井 潤*

【緒言】

本研究では Fig. 1 (a)に示すように、シート状材料を伝熱管群の間を縫うように設置した簡易な伝熱面積拡大法¹⁾を多管式粒子充填層反応器に適用し、Fig. 1 (b)のように簡略化したモデルを用いて層内伝熱速度解析を行った。フィンの熱伝導率、伝熱管配列、管ピッチ対管径比に着目して解析し、目標とする層内の有効熱伝導率を得るための条件を示した。

【数値解析】

外径 d の円管を伝熱管横ピッチ s_1 、伝熱管縦ピッチ s_2 で配列した多管型反応器を対象とし、Fig. 1 (b)に示す斜線部を解析領域とした。この時、Fig. 2 (a), (b)に示すように伝熱管横ピッチ s_1 と伝熱管縦ピッチ s_2 の比を変化させて解析を行った。Case 1 は正三角形の頂点に伝熱管が配置された配列 ($s_1/s_2 = 0.578$) であり、Case 2 は正方形の中心および頂点に伝熱管が配置された配列 ($s_1/s_2 = 2.00$) である。充填層(熱伝導率 k_m)およびフィン(熱伝導率 k_f)の各領域に 2 次元熱伝導方程式を与えた。初期条件は一様温度とし、管壁温度がステップ的に変化するとした。また領域境界には断熱条件を与えた。各時間ステップにおける温度分布から管壁へ伝わる熱流量の積算値 Q_f の経時変化を算出した。さらに、フィンを設置しない均一系において熱伝導率 k_{app} を仮定して温度分布を計算し、熱流量の積算値 Q を求めた $Q_f(t)$ と $Q(t)$ の残差の 2 乗和が最小となるような k_{app} を求めた。すなわち、 k_{app} はフィンを設置した時の充填層内の見かけ熱伝導率と見なすことができる。

【結果および考察】

支配方程式の無次元化を行い、フィンの無次元熱伝導率と無次元フィン厚みの積 $k_f^* \delta^*$ ($= (k_f/k_m) \times (\delta d)$) をパラメータとして検討した。Fig. 3 (a), (b) にフィンを設置した時の充填層内の見かけの無次元熱伝導率 k_{app}^* ($= k_{app}/k_m$) と無次元伝熱管横ピッチ s_1^* ($= s_1/d$) の関係を示す。Case 1, Case 2 ともに s_1^* が大きい場合、すなわち伝熱管横ピッチが広い場合の方が k_{app}^* が大きくなった。これは伝熱管から離れた、熱の伝わりにくい領域にフィンが作用するためである。この傾向は $k_f^* \delta^*$ の大きい場合に顕著である。また s_1/s_2 の小さい Case 1 の場合においては k_{app}^* は最大で 3 程度しか得ることができないが、 s_1/s_2 の大きい Case 2 の場合においては最大で 6 以上の k_{app}^* を得られることがわかる。以上より本伝熱面積拡大法では、フィンの存在しない縦方向の領域を小さくすることで伝熱促進が効果的になることがわかった。

【参考文献】

1) 中曾他、化学工学論文集、第 32 卷、pp. 414、(2006)

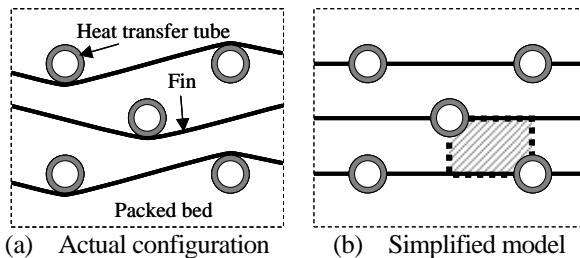


Fig. 1 Illustration of fins installed in the reactor

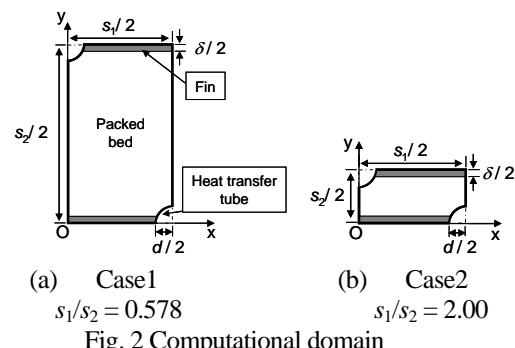


Fig. 2 Computational domain

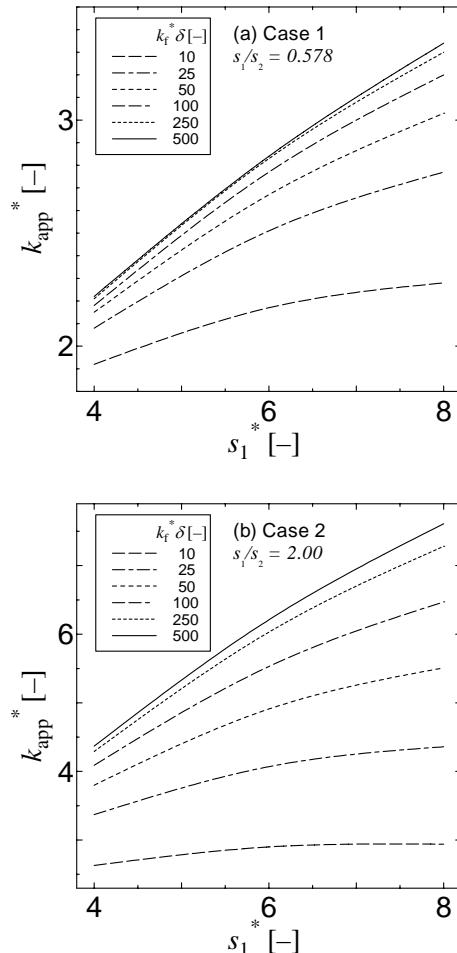


Fig. 3 The apparent effective thermal conductivity

* jfukai@chem-eng.kyushu-u.ac.jp