

O122

スパイラル型フィン付き伝熱管周りの伝熱速度解析

(九大院) ○(学)青木 拓朗・(九大工)(正)中曾 浩一・(正)深井 潤*

【はじめに】

多管型粒子充填層反応器における新しい伝熱促進法として、著者らは、伝熱管表面にフィンをらせん状に設置したスパイラル型フィン付き伝熱管を考案した¹⁾。本研究ではフィン付き伝熱管の構造、フィンの熱伝導率および厚み、伝熱管ピッチ対管径比が層内伝熱速度へ及ぼす影響を数値的に検討し、フィン設置のための指針を示すことを目的とした。

【数値解析】

外径 d の円管を管ピッチ s で三角形配列した多管型反応器を対象として、解析領域は Fig. 1 に示す影付き部を断面とする高さ d の六角柱とした。Fig. 2 に示す4通りのフィン設置構造で検討した。充填材(熱伝導率 k_m)およびフィン(熱伝導率 k_f)の各領域に3次元熱伝導方程式を与えた。初期条件は一様温度 T_0 とし、管壁温度が T_1 へステップ的に変化するとした。また、領域境界には周期境界条件を与えた。各時間において管壁へ伝わる熱流量の積算値 $Q_f(t)$ を算出した。さらに、フィンを設置しない均質系(熱伝導率 k_{app})の温度分布を同様に計算し、熱流量の積算値 $Q(t)$ を求めた。 $Q_f(t)$ と $Q(t)$ の残差の2乗和が最小となる 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材内の見かけ熱伝導率である。支配方程式を無次元化し、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。

【結果および考察】

Fig. 3 に無次元時間 $\tau (= \alpha t/d^2, \alpha$: 充填材の熱拡散率, t : 時間) = 1.0 におけるストレート型およびスパイラル型の無次元温度 $(= (T-T_0)/(T_1-T_0))$ の分布を示す。両者の比較から、スパイラル型ではフィンが存在しない領域でも温度上昇していることがわかる。これは上部および下部に存在するフィンからの伝熱によると考えられる。Fig. 4 に k_{app}/k_m と s/d の関係を示す。いずれの θ , $k_f^* \delta^*$ でもスパイラル型の方がストレート型よりも k_{app}/k_m が大きくなった。また、 $k_f^* \delta^*$ が増加すると k_{app}/k_m は大きくなったが、 $k_f^* \delta^*$ を 1000 から 2000 に増加させても k_{app}/k_m は最大で 2% 程度しか増加せず、 $k_f^* \delta^*$ は 2000 程度で飽和状態となることがわかった。スパイラル型を用いても $\theta = 180^\circ$ では 10 以上の k_{app}/k_m を得ることは困難であるが、 $\theta = 90^\circ$ では k_{app}/k_m が 30 程度となることがわかった。以上の結果よりスパイラル型の方がストレート型よりも効果的に伝熱促進でき、さらに θ を小さくすることでより大きな k_{app}/k_m を得られることが示された。

【参考文献】

1) 中曾他, 化学工学論文集, 35, pp. 511-516, (2009)

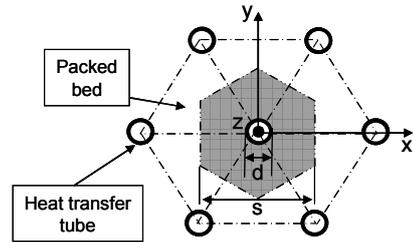


Fig. 1 Computational domain

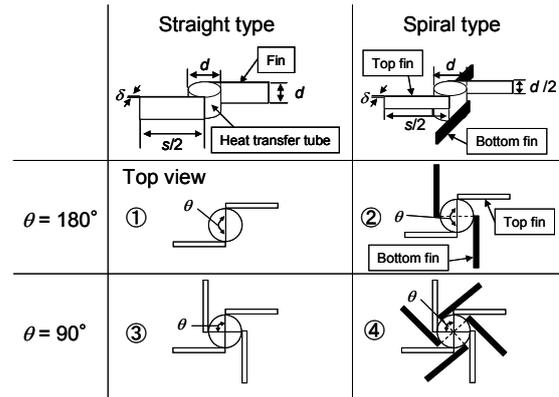
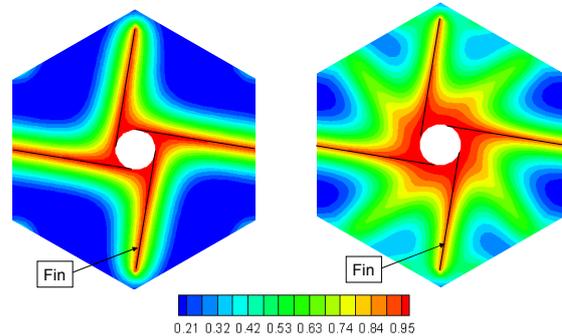
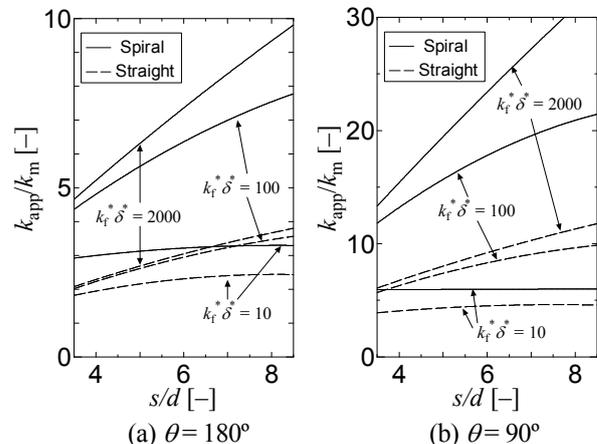


Fig. 2 The structure of fins used in simulation



(a) Straight type (b) Spiral type

Fig. 3 Distribution of dimensionless temperature
($\tau = 1.0 [-], z/d = 0.75 [-], s/d = 6.0 [-], k_f^* \delta^* = 100 [-], \theta = 90^\circ$)



(a) $\theta = 180^\circ$ (b) $\theta = 90^\circ$

Fig. 4 The apparent effective thermal conductivity

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