605 フィン表面の温度分布に及ぼす諸パラメーターの影響

Effect of Parameters on Temperature Field of Fin Surface

正 橋詰健一 (広島工大) ○学 藤田知浩 (広島工大院)
正 松江孝博 (広島工大)

Kenichi HASHIZUME, Tomohiro FUJITA, and Takahiro MATSUE
Hiroshima Institute of Technology, Miyake2-1-1, Saeki-ku, Hiroshima

Key Words : Plane fin, Temperature distribution

1. 緒言

ハイフィンチューブは、空冷熱交換器や高温ガスからの熱回収などに広く利用されている。従来のハイフィンチューブは、伝熱面積を広く得るためにフィンピッチを狭くしたり、フィン高さを高くすることで多くの熱量を得ていた。近年、フィン先端部に切り込みを入れたセレーテッドフィンが現れ、切り込みにより周囲流体の流れを乱し伝熱促進させ多くの熱量を得ている。しかし、それら新型フィンと比較する際に基準となるプレーンフィン表面の温度分布に関して詳細に述べた論文は極めて少なく、レイノルズ数、管配列、フィンピッチの影響に関しては不明である。

フィン表面の温度分布が明らかとなれば、フィン表面において伝熱特性の低い伝熱面に何らかの改良を加えることで伝熱促進が期待され、新型フィン開発の手掛りを得ることが出来る。そこで、我々はその基礎研究として諸パラメーターに関するフィン表面の温度分布を測定し、それらの及ぼす影響について調べた。

2. 実験

2. 1. 実験装置および諸パラメーター

図1に実験装置の概略図を示す。送風機によりテストセクション内(断面 250×50 [mm]、長さ 1000 [mm])に作動流体としての空気を送り込む。流量測定はコーナータップオリフィスによる差圧をベッツ型マノメータで読み取り、JISに基づき算出した。また、流量調節はバルブを開閉させた。図2に千鳥配列における供試フィンチューブの配置図を示す。斜線で示す一体のみが加熱された供試フィンチューブである。周囲空気温度は、T型熱電対をテストセクション入り口の計3ヶ所に取り付け、その平均を空気温度とした。

諸パラメーターとして、レイノルズ数は $Re=(1.0, 2.0, 3.0) \times 10^4$ の範囲で、管配列は単一、一列配列、千鳥配列、基盤目配列を配置し、フィンピッチは $P=7.0, 5.0$ [mm]を用意した。

Fig.1 Experimental equipment

Fig.2 Tube arrangement

2. 2. 供試フィンチューブ

図3に供試フィンチューブとT型熱電対取り付け位置を示す。供試フィンチューブは、カートリッジヒーター(直径 20.0 [mm]、加熱部 50.0 [mm])にステンレス製のフィン(フィン外径 54.0 [mm]、厚さ 1.0 [mm])とスパーサ(スパーサ外径 30.0 [mm]、厚さはフィンピッチにより変更)を交互に積み重ねた。また、供試フィンチューブ以外は全て非加熱のダミーフィンチューブである。

フィン表面温度は、T型熱電対(線径 0.2 [mm])をフィン表面の7ヶ所に取り付け、流れ方向から時計周りに 15° づつ 360° 回転させ測定した。

Fig.3 Test tube

3. 結果及び考察

図4(a)~(g)にフィン表面の温度分布を無次元温度比により示す。これはフィン全表面で熱伝達率を一樣として算出した温度差 T_0 [K] と、伝熱実験により測定した温度差 T [K] の無次元温度比 $\tau = T/T_0$ である。ただし、 T_0 の算出に必要な熱伝達率とフィン効率は繰返し計算から求めた。

表1に温度分布のばらつきを面積荷重標準偏差 σ により示す。

$$\sigma^2 = \frac{1}{A} \{ A_{s(1,1)} (\tau'_{(1,1)} - \bar{X})^2 + A_{s(2,1)} (\tau'_{(2,1)} - \bar{X})^2 + \cdots + A_{s(i,j)} (\tau'_{(i,j)} - \bar{X})^2 \}$$

$$\bar{X} = \frac{1}{A} \{ A_{s(1,1)} \tau'_{(1,1)} + A_{s(2,1)} \tau'_{(2,1)} + \cdots + A_{s(i,j)} \tau'_{(i,j)} \}$$

$$A = \{ A_{s(1,1)} + A_{s(2,1)} + \cdots + A_{s(i,j)} \}$$

X: 面積荷重平均 [-]

A_s : メッシュ表面積 [m^2]

i: 半径方向の要素番号(1~5) j: 角方向の要素番号(1~24)

Table.1 Standard deviation

P [mm]	Re $\times 10^4$	Tube arrangement			
		Staggered arrangement	Aligned arrangement	Single tube row	Single tube
5.0	1.0	0.323	0.200	0.262	0.248
	2.0	0.394	0.257	0.293	0.268
	3.0	0.430	0.298	0.319	0.312
7.0	3.0	0.408	0.283	0.268	0.292

レイノルズ数の影響からみた場合、千鳥配列の図4(a)、(b)、(c)において、高いレイノルズ数ほどフィン前面の先端付近に高い領域がある。全実験を通して高いレイノルズ数ほど、フィン前面に $\tau \geq 1.3$ の高い領域が広がり、それに伴いフィン背面に $\tau \leq 0.7$ の低い領域が広がる。これは流動実験において、高い流速により周囲流体の流れを乱すことが要因である。

管配列の影響からみた場合、レイノルズ数 $\text{Re}=3.0 \times 10^4$ の図4(c)、(d)、(e)、(f)において、基盤目配列ではフィン側面の先端にのみ高い領域が見られるが、フィン前面・背面に低い領域が広がる。これは基盤目配列の周囲流体流れにおいて、フィン前面・背面に死水領域が存在することが要因である。単一ではフィン背面に不安定な低い領域が見られる。これは単一の周囲流体流れにおいて、フィン背面にカルマン渦が存在することが要因である。一列配列における熱伝達率の領域は、フィン前面において単一と類似し、側面において千鳥配列と類似する。

フィンピッチ影響からみた場合、千鳥配列の図4(c)、(g)において、広いフィンピッチほどフィン先端付近に高い領域がある。これは流動実験において、広いフィンピッチにより周囲流体流れを乱すことが要因である。

4. 結言

ブレインフィン表面の温度分布より、以下のことが言える。

1. レイノルズ数による影響は、高いレイノルズ数ほどフィン先端付近で高い熱伝達率となる。
2. 管配列による影響は、周囲流体の流動様式が変化することにより各配列ごとに特徴的な熱伝達率分布となる。
3. フィンピッチによる影響は、広いフィンピッチほど面積荷重による平均値からの分布割合が小さい。

参考文献

- (1)橋詰ほか3名、日本機械学会論文論文集、985—1、1998
- (2)甲藤好郎、伝熱概論、pp25~30、1964(第一版発行)

Fig.4 Temperature distribution