

C241 斜交波状フィンの熱交換特性評価

Study on Heat Exchange Characteristics of Oblique Wavy Fin

○鹿園直毅* (東大生研), 井上満* (東大生研),
 和氣庸人** (和氣製作所), 和氣靖人** (和氣製作所), 生田四郎** (和氣製作所)
 ○Naoki SHIKAZONO*, Mitsuru INOUE*, Tsunehito WAKE**, Yasuhito WAKE** and Shiro IKUTA**
 *Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, 4-6-1 Komaba, Meguro-ku, Tokyo, 153-8505, Japan
 ** Waki Factory, Inc., 6-760 Higashi Sayamagaoka, Saitama, 359-1106, Japan

Heat transfer and pressure drop characteristics of oblique wavy fin heat exchanger are evaluated by hot water experiment. It is found that the heat transfer coefficient of the optimal oblique wavy fin is more than twice larger than that of the plate fin. On the other hand, the increase of pressure drop was nearly three times larger. Present result proves that oblique wavy fin is competitive against louvered fin, and oblique wavy fin heat exchanger can be expected as a promising heat transfer enhancement device for single phase laminar flows.

Keywords: Heat Exchanger, Heat Transfer Enhancement, Oblique-wave Surface, Laminar Flow, j/f factor

1. 緒言

単相層流域の伝熱促進手法として、前縁効果を用いたルーバーフィンやスリットフィンが広く用いられている[1]. ルーバーフィンはその原理から、低流速でも大きな伝熱促進効果が得られる一方で、ゴミ、凝縮水、霜等による目詰まりや、加工性の問題から更なる伝熱促進は困難な状況にある。また、伝熱が促進される以上に圧力損失が増大してしまうという課題がある。近年、前縁効果を用いない新たな層流熱伝達促進法として斜交波状面が提案されている[2-4]. 対向する壁面に斜交波状凹凸を設けることで、剥離を生じることなく有効な二次流れが発生し、層流域での伝熱特性の顕著な向上が実現できることが示されている。しかしながら、実際の熱交換器を用いた系統的な検証は行われていない。

以上のような背景を鑑み、本研究では斜交波状フィンで構成されたコルゲートフィン熱交換器を試作し、温水実験によってその性能を系統的に評価する。

2. 斜交波状フィン熱交換器

2.1 斜交波状伝熱面 福田・鹿園[2]は、図1に示すような距離 δ 離れた平行な斜交波状伝熱面間を流れる入口助走区間を含む層流熱伝達の数値シミュレーションを行った。斜交波状伝熱面は、流れ方向に傾斜した凹凸がスパン方向に一定の周期で鏡像対称に連なった構成となっている。図1に、基本要素を示す。数値計算において様々な条件でパラメータを変化させたときの斜交波状面の熱伝達率は、レイノルズ数にも依存するが、平板と比較して熱伝達率が最大5倍程度増加することが予測されている。また、

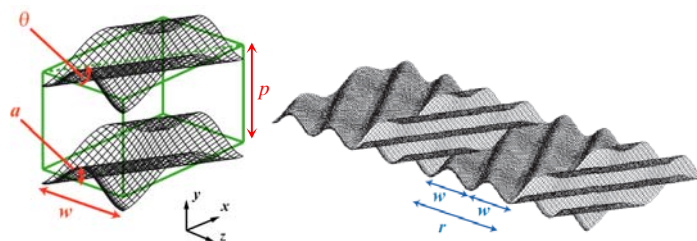


Fig. 1 Fin configuration

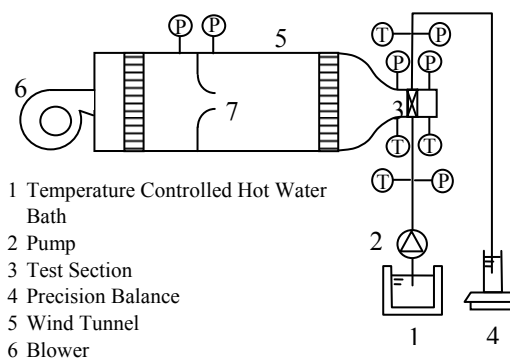


Fig. 2 Experimental setup

熱伝達率と圧力損失の比である j/f 因子は、条件によっては平板の値以上の高い値を示すことが報告されている。一般に、ルーバーフィンの j/f 因子は平板よりも劣るため、斜交波状面はルーバーフィンを凌駕する伝熱促進手段としての可能性を秘めていると言える。

2.2 試作フィン 表1に示すような斜交波状面加工されたコルゲートフィン熱交換器を試作した。熱交換器寸法は、高さ 100mm, 幅 102.5mm, 奥行き 50mm である。また、フィンピッチ $p=1.3\text{mm}$, 波長 $w=2.5\text{mm}$,

折り返し長さ $r=2.35\text{mm}$ とし、振幅 $a=0.4, 0.5\text{mm}$ 、波角度 $\theta=15, 30, 40^\circ$ のものを試作した。また、比較のためにフィンピッチの等しい平板フィンとルーバーフィンを用いた熱交換器も試作した。量産性を考慮し、全てプレス加工と炉中ロウ付けで作製した。

3. 実験方法

図2に実験装置を示す。風量測定用風洞出口に熱交換器を接続し、温水を供給した。熱通過率は温水流量と温水出入口温度差から ϵ -NTU法を用いて求めた。空気側圧力損失は、微差圧計を用いて断熱時の熱交換器前後の差圧を測定した。

4. 実験結果

図3に、斜交波状フィン（凹凸角度 $\theta=30^\circ$ ，振幅 $a=0.5\text{mm}$ ）の熱通過率，および比較のためフィンピッチが等しい平板フィンおよびルーバーフィンの熱通過率を示す。斜交波状フィンの熱通過率はルーバーフィンより約10%低い値を示すものの、平板フィンに対しては2倍以上の高い値を実現している。

図4に、各フィンの空気側圧力損失を示す。斜交波状フィンは平板フィンに対して約3倍の値となったが、ルーバーフィンに対しては約20%低い値を示した。このことから、熱伝達と圧力損失の比はルーバーフィンよりも良好であることが確認された。

4. 結言

斜交波状面を施したコルゲートフィン熱交換器を試作し、その伝熱特性および通風抵抗を実験評価した。その結果、斜交波状フィンの熱通過率は平板フィンよりも2倍以上に促進した。一方で、空気側圧力損失は約3倍の値となった。斜交波状フィンは、ルーバーフィンよりもゴミ詰まりや耐着霜性は良好であると考えられるので、このような制約条件下での新たな層流伝熱促進手法として期待される。

Table 1 Dimensions of Prototype Heat Exchangers.

	Parameter Levels		
HEX Height [mm]	100.0	-	-
HEX Width [mm]	102.5	-	-
HEX Thickness [mm]	50.0	-	-
Fin height [mm]	4.7	-	-
Fin pitch p [mm]	1.3	-	-
Return pitch r [mm]	2.35	-	-
Wave length w [mm]	2.50	-	-
Wave amplitude a [mm]	0.4	0.5	-
Wave angle θ [°]	15	30	40

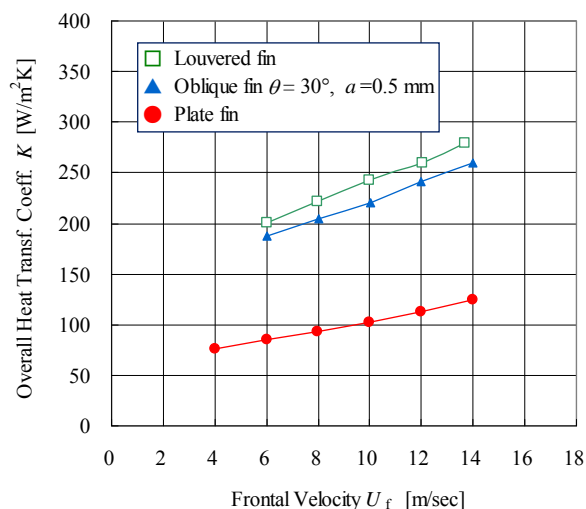


Fig. 3 Measured overall heat transfer coefficient.

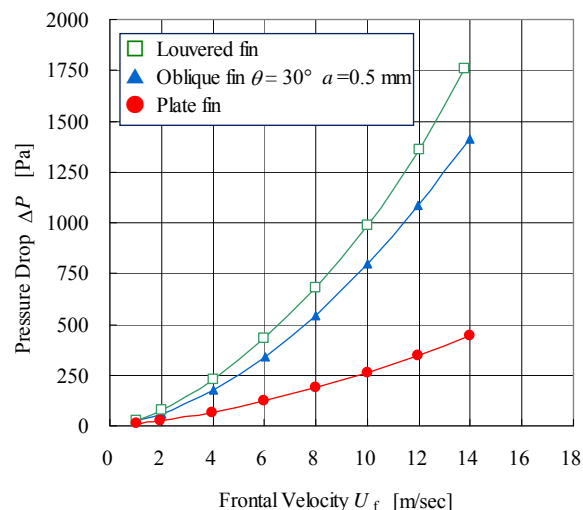


Fig. 4 Measured pressure drop.

REFERENCES

- [1] Webb, R. L., Principles of Enhanced Heat Transfer, Wiley-Interscience (1994).
- [2] Suzue, Y., Morimoto, K., Shikazono, N., Suzuki, Y. and Kasagi, N., "High Performance Heat Exchanger with Oblique-Wave Walls," Proc. 13th International Heat Transfer Conference, Sydney, HEX-24.
- [3] 福田, 鹿園, 斜交波状面の伝熱促進効果に関する研究, 2007年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集, pp. 293-296 (2007).
- [4] 鹿園, 井上, 澄野, 齊藤, 矢部, 斜交波状フィン熱交換器の試作評価, 第47回日本伝熱シンポジウム講演論文集, pp. 637-638 (2010).