

マイクロチャンネル積層型熱交換器の 形状変化と伝熱特性

資源・エネルギー

SATテクノロジー・ショーケース2020

はじめに

燃料電池などに代表される小型エネルギー機器において、システムの寸法を支配する熱交換器の小型化、高効率化が求められている。そのため、これまでにマイクロチャンネルを有する小型熱交換器が数多く開発されてきた。しかし、それらの多くはMEMSや流路が彫られたプレートを用いた高耐圧マイクロチャンネル積層型熱交換器が開発された。本研究では、沸騰や凝縮を伴う熱交換器における伝熱特性を調査し、マイクロチャンネル積層型熱交換器の形状に対する伝熱特性を明らかにする。

伝熱特性

図1に示す本熱交換器は微細な流路が彫られたプレートを複数枚積層させ、拡散接合により形成される。各層には61本の流路が彫られており、設計パラメータとして積層数、流路の長さ、流路径がある。これら3要素を組み合わせた各熱交換器に対して、高温流体と低温流体それぞれの流量を変化させ伝熱量と圧力損失を計測した。実験に用いた熱交換器は積層数のみを変化させ、高温流体/低温流体を流す層数がそれぞれ2/1、6/5、11/10であるものを使用した。流路は長さが67 mmで一辺が500 μm の矩形管である。作動流体には蒸発器および凝縮器として用いることを想定して高温流体に蒸気、低温流体に水を使用し、それらを互いに逆向きに流す対向流にて実験を行った。

冷却水 Re 数を240に固定し蒸気 Re 数を2000程度まで変化した条件における冷却水の受け取る顕熱量(伝熱量)および蒸気圧力損失を図2に示す。更に図2に示した伝熱量を低温流体の総流路本数で除した単位流路当たりの伝熱量を図3に示す。

ここで Re 数の定義は式(1)で表され、質量流量 $\dot{m}[\text{kg/s}]$ を粘性係数 $\mu[\text{Pa}\cdot\text{s}]$ 、流路本数 $N[-]$ 、流路径 $d[\text{m}]$ で除すことによって得られる。なお粘性係数は流入温度における飽和蒸気および飽和水の物性値を用いた。

$$Re_i = \frac{\dot{m}_i}{\mu_i N_i d} \quad (i = \text{Steam, Cooling water}) \quad (1)$$

図2より蒸気流量の増加に伴い伝熱量、圧力損失が増大することが確認され、積層数が11/10の熱交換器において9 kW程度の最大伝熱量が計測された。また伝熱特性について2/1層の熱交換器とその他の熱交換器に違いが見

られ、前者について図2より低蒸気流量で沸騰(冷却水顕熱が横這い)に至ること、また図3より沸騰に至るまでの範囲における単位流路当たりの伝熱量が大きいことが確認された。これらの結果は2/1層の熱交換器は今回の実験範囲において高い伝熱効率を有することを示唆しており、これは冷媒の分配が適切に行われたことが原因と考えられる。

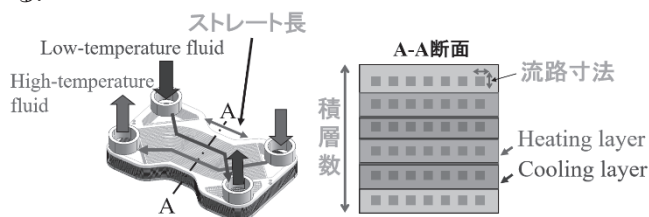


図1 マイクロチャンネル積層型熱交換器

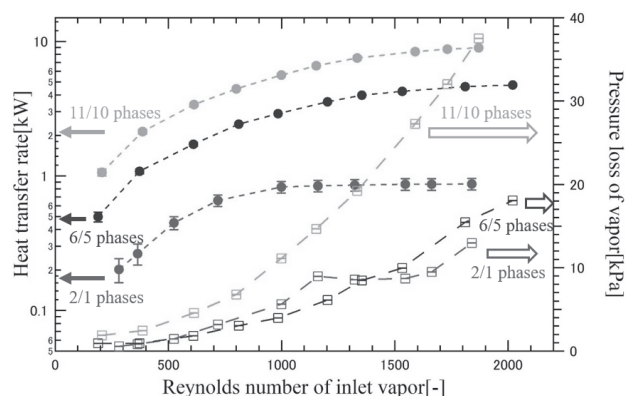
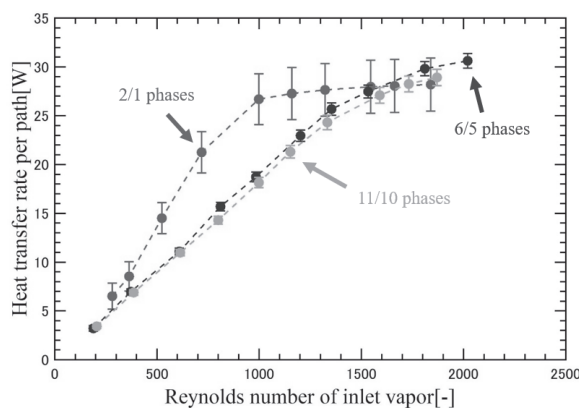
図2 蒸気 Re 数に対する伝熱量と蒸気圧力損失

図3 単位流路当たりの伝熱量

代表発表者 金子 暁子(かねこ あきこ)
所属 筑波大学大学院システム情報系
構造エネルギー工学域
問合せ先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1
TEL: 029-853-5113 FAX: 029-853-5487
kaneko@kz.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1) マイクロチャンネル
(2) 熱交換器
(3) 拡散接合
■共同研究者 水谷 陽介(筑波大学院)
阿部 豊(筑波大)
鈴木 裕(株式会社 WELCON)