

サーモサイホン型ヒートパイプの伝熱特性

日大生産工(院) ○福山 和宏 日大生産工 松島 均

1. 緒言

近年ではコンピュータの高速高性能化や、パワー素子の高電力化にともない、CPUなどの発熱素子における発熱量が増大し、その熱対策が焦眉の急になってきている。特に電子機器は筐体容積が限定されるので、ヒートシンクなどの熱除去装置や冷却空気を通しやすい場所まで熱を導く必要があり、熱輸送技術の進歩が一つの課題になっている。

そこで本研究では、少ない温度差で離れた場所への熱輸送が可能でかつ冷却に要する動力のいらないヒートパイプに着目し、最も基本的なヒートパイプであるサーモサイホン型ヒートパイプにおいて作動流体としてミリスチン酸ナトリウムを使用した際の垂直設置時における伝熱性能について検討した⁽¹⁾。

本報では、作動流体として純水及びミリスチン酸ナトリウムとオレイン酸カリウムの水溶液を使用した際の傾斜伝熱特性について実験的に検討した。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 実験装置

本研究の実験装置の概要を図1に示す実験装置は主にヒートパイプ本体と計測装置、真空ポンプ、凝縮装置からなる。また、ヒートパイプ本体は蒸発部、断熱部、凝縮部の3つで構成される。

ヒートパイプ本体は、外径40mm、内径34mmの円筒型である。蒸発部と断熱部は長さ150mm、凝縮部であり、ヒートパイプの全長は600mmである。

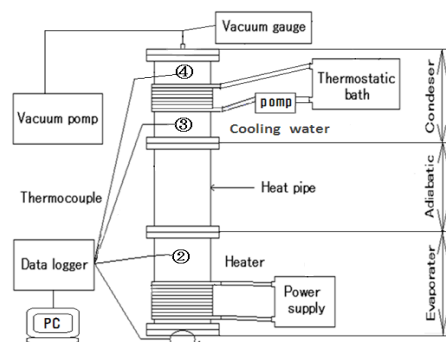
本研究では内部の可視化を容易にするため、一般に市販されているヒートパイプの直径(2~10mm)程度よりも大きくなっている。

また、上部の凝縮部及び、下部の蒸発部には、熱伝導性が良い銅を用いている。断熱部である中央のパイプには、110℃まで耐えることができるポリカーボネートを用いた。これにより、純水の沸点温度でも軟化せず、内部を可視化できるようにした。また、ヒートパイプ本体を θ だけ傾けられるようにした。図1(b)に傾き角 θ の定義(垂直時を 0° とする)を示す。

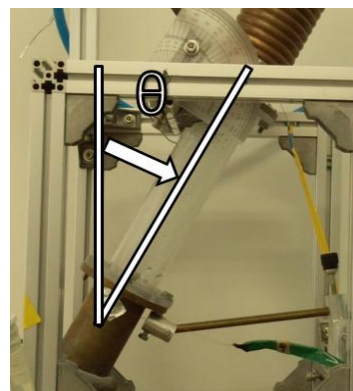
2.2 作動流体

本報では、作動流体として純水を加えミリスチン酸ナトリウムとオレイン酸カリウムの10ppmの水溶液を用いた。

ビーカーに純水1000mlを量り取り、電子天秤で作動流体に混入させる界面活性剤(ミリスチン酸ナトリウム、オレイン酸カリウム)を0.01g量り取った。そして純水に界面活性剤を加え、攪拌機を使って攪拌させ濃度10ppmの作動流体を作製した。



(a) Schematic



(b) Photo

Fig1. Experimental apparatus

2.3 封入方法

サーモサイホン型ヒートパイプの適当な封入比は20~35%程度であることが知られており⁽²⁾、本研究では封入比を20%とした。

作製した作動流体を各封入比になるように量り取り、真空ポンプを用いることでヒートパイプ内の減圧し、下部から作動流体を各種吸い込んだ。

2.4 測定方法

図1に示すように熱電対を蒸発部に2点、凝縮部に2点貼り付け、データロガーのレポート機能を使用し30秒ごとの温度変化を記録した。

また、凝縮部では巻きつけた銅管に恒温水槽を用いて凝縮部の冷却条件である冷却水の水温 T_c を25, 30, 35, 40℃の各温度に固定し流し、ヒートパイプ本体の傾き角 θ を 0° , 30° , 60° の角度に変化させた。ヒーターには直流電源装置により500W(この電源出力をヒートパイプ入力 Q [W]とする)加え、凝縮部温度が定常化した時の温度を測定した。

2.3 熱抵抗の算出方法

測定結果は次式で定義される熱抵抗により評価

Heat transfer characteristics of thermosiphon type heat pipe

Kazuhiro Fukuyama and hitoshi Matushima

した。

$$R = \Delta T / Q \quad [^{\circ}\text{C}/\text{W}] \quad (1)$$

ここで、 R ：熱抵抗[$^{\circ}\text{C}/\text{W}$]、 ΔT ：蒸発部 2 点(図 1 の①, ②)の平均温度と凝縮部 2 点(図 1 の③, ④)の平均温度 [$^{\circ}\text{C}$]との差である。

3. 実験結果及び考察

図 2 は、冷却水温度 $T_c=30^{\circ}\text{C}$ 、作動流体の封入量 20%、ヒートパイプの傾き角 θ を 0° 、 30° 、 60° に変化させた時の熱抵抗を示す。

純水では角度 θ が小さいと熱抵抗が大きい、角度 θ を大きくすると減少する傾向がみられる。なお、 $\theta=30^{\circ}$ と 60° 間の変化量は $\theta=0^{\circ}$ と 30° 間の変化量に比べて小さい。また、界面活性剤を入れることにより純水と比べて、熱抵抗が最大で約 20%の減少がみられる。ミリスチン酸ナトリウムとオレイン酸カリウムとを比較した場合、熱抵抗の低減効果に著しい差異は認められない。また、ヒートパイプを傾けることで熱抵抗が小さくなるが、純水ほどの角度依存性は見られなかった。

図 3 は、 $\theta=60^{\circ}$ の場合の純水、ミリスチン酸ナトリウム水溶液、オレイン酸カリウム水溶液及び $\theta=30^{\circ}$ の場合のオレイン酸カリウム水溶液のヒートパイプ内での流動状況を示す。

図 3(a)は純水が沸騰している様子である。作動流体が断熱部の上部まで達している様子が見られた。しかし、界面活性剤を添加した場合と比較し沸騰は静かであった。

図 3(b)のミリスチン酸ナトリウム水溶液は、大きい泡が見られ、激しく沸騰している様子が見られた。

図 3(c)のオレイン酸カリウム水溶液は、冷却水温度 T_c が高くなるにつれて泡が細かくなり徐々に泡の量が増えていく様子が見られ、泡は断熱部の上端付近まで到達していた。また、これに伴い熱抵抗がわずかながら増加する現象が見られた。なお、オレイン酸水溶液では図 3(d)の $\theta=30^{\circ}$ の場合でも同様に細かい泡が見られたが、泡が到達したのは断熱部の中間辺りまでであった。

4. 結言

サーモサイホン型ヒートパイプを対象として、作動流体に純水及び界面活性剤(ミリスチン酸ナトリウム、オレイン酸カリウム)水溶液を用いた場合における傾斜伝熱性能に関して実験的に検討した。その結果、次のような結論が得られた。

(1)界面活性剤水溶液を用いることにより、純水に対し熱抵抗が最大で約 20%低減し、界面活性剤の有効性が確認できた。また、ミリスチン酸ナトリウムとオレイン酸カリウムにおける効果はほぼ同程度であった。

(2)ヒートパイプを 0° 、 30° 、 60° 傾けたが、純水及び界面活性剤(ミリスチン酸ナトリウム、オレイン酸カリウム)水溶液のどの作動流体でも 0° と比較して 30° 、 60° 傾けた時、ヒートパイプの性能が

向上することが確認できた。ただし、 30° と 60° では大きな差は見られなかった。

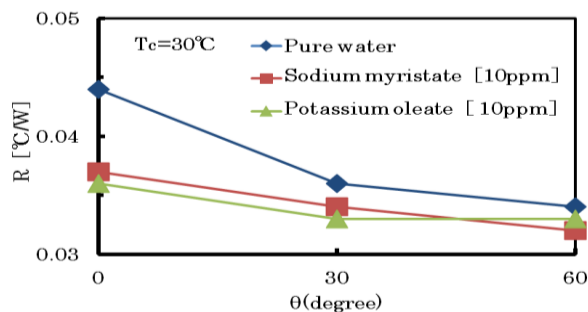
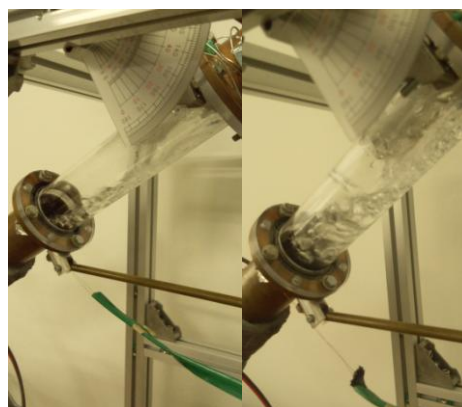
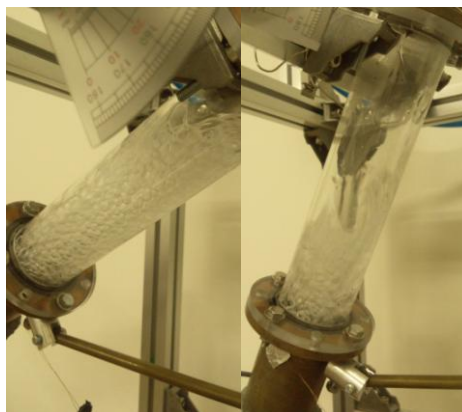


Fig2. Thermal resistance



(a) Pure water (60 degree)

(b) Sodium myristate (60 degree)



(c) Potassium oleate (60 degree)

(d) Potassium oleate (30 degree)

Fig3. Flow inside of the heat pipe(10ppm)

参考文献

- (1) 薄井龍右, 松島均, サーモサイホン型ヒートパイプの冷却特性, 第 49 回日本伝熱シンポジウム, (2012), E222.
- (2) 望月正孝, “ヒートパイプの設計”, 伝熱, Vol.51, No.217, (2012), 27-32.