

タワー型ベーパーチャンバーの熱輸送特性

Heat Transfer Property of Tower Vapor Chamber

伝正 *萩野 春俊 (フジクラ)
伝正 小塩 剛史 (フジクラ)
川原 洋司 (フジクラ)

ファン タンロン (フジクラ)
伝正 齋藤 祐士 (フジクラ)

Harutoshi HAGINO¹, Thang Long PHAN¹, Tsuyoshi KOSHIO¹, Yuji SAITO¹, Yoji KAWAHARA¹

¹Fujikura Ltd. 1440 Mutsuzaki, Sakura, Chiba, 285-8550

Tower vapor chamber is attracting attention as an air-cooling solution for high power electronics. It has pipe structures for condensation on the top of vapor chamber base and both vapor spaces are integrated. Experimental comparison of tower heat pipe and vapor chamber and heat transfer property will be shown. Tower vapor chamber has high heat transfer capacity than tower heat pipe due to high evaporation heat transfer coefficient. However, Fluid path design is important factor for perform of tower vapor chamber because condensation and evaporation parts are separated.

Key Words: Vapor chamber, Two-phase flow, cooling technology, Tower heat sink

1. 背景

近年の AI の普及によるサーバーの CPU・GPU の高性能化に伴い発熱量が急増しており、高発熱量に対応できる空冷放熱部材としてタワー型ベーパーチャンバーが注目されている。これは従来の平面状のベーパーチャンバーをベースとし、上面に中空の円柱を一体化させたもので、ベーパーチャンバーと円柱の内部空間は一体化している。円柱外部にはフィンが設けられ、ベーパーチャンバー内部の作動液が熱源の熱によって気化されることで円柱内を上昇し、フィンを通して放熱され液体に戻り蒸発部へ還流し、再び熱源の熱で蒸発する循環を行う。内部蒸気空間が大きいことためタワー型ヒートパイプに比べ熱輸送能力が高く、平面状のベーパーチャンバーに比べて放熱部を大きく設けることができるので従来のベーパーチャンバーに比べて優れた冷却効果を有する。本発表ではタワー型ベーパーチャンバーとタワー型ヒートパイプの比較及び内部構造による熱輸送特性への影響について報告する。

2. 試験方法

2.1 評価サンプル

図 1 にタワー型ヒートパイプとタワー型ベーパーチャンバーを示す。サイズは 115mm×95mm×130mm となり作動流体として水が封入されている。タワー型ヒートパイプは L 字に曲げられた 10 本のヒートパイプが銅ベースにはんだ付けされており、冷却側にはフィンが取り付けられている(図 1(a))。タワー型ベーパーチャンバーのベース部はベーパーチャンバーとして動作し、上部には中空の円柱が接合され、円柱外周にはフィンが取り付けられている。円筒内壁にはウィックが設けられ、管壁から延長して底部に設けたウィックと接している(図 1(b))。ウィックによる影響を評価するために円筒内のウィックが無いサンプルについても評価を行った(図 1(c))。

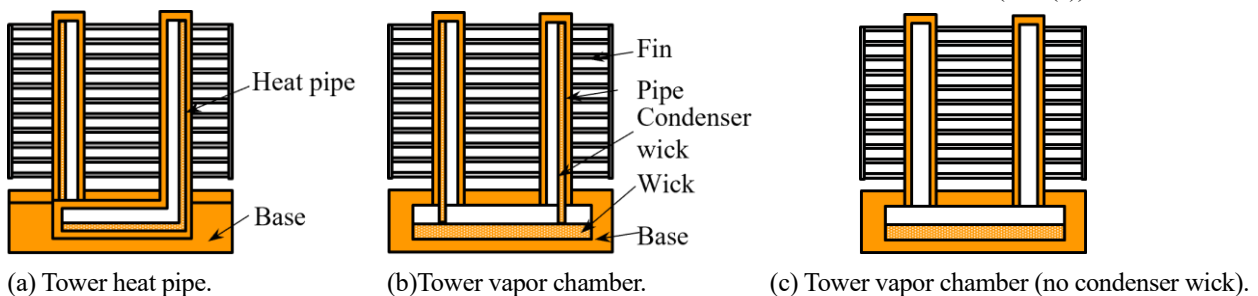


Fig.1 Tower vapor chamber and tower heat pipe.

2.2 評価方法

サンプルは風洞試験設備内部に設置し、20°C、85CFMの風を当てながらベース部に設けた 50mm×30mm のヒーターを用いて加熱を行った。ベース部下面温度 T_{base} [°C]、流入した空気の温度 T_{air} [°C]、ヒーター発熱量 Q [W] より求めた熱抵抗 R_t [°C/W] は

$$R_t = (T_{base} - T_{air})/Q \quad (1)$$

となる。定常状態での円筒部最上部の温度 T_{top} [°C] の測定結果より蒸発熱伝達率 h_{evp} [W/(m²・K)] は

$$h_{evp} = Q/((T_{base} - T_{top})A) \quad (2)$$

となる。ここで A は蒸発部面積[m²]を示す。

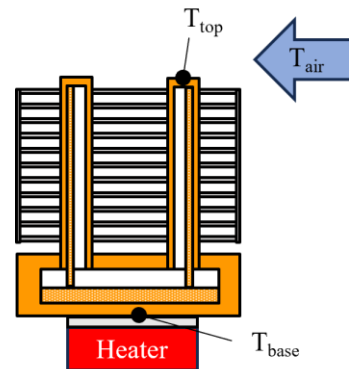


Fig.2 Temperature measurement point.

3. 結果

図3に R_t 、図4に h_{evp} の測定結果を示す。円筒内にウィックのないサンプルについては低い発熱量(200W)より R_t が急上昇し h_{evp} が低下していたことからドライアウトが発生したと考えられる。ウィックが無い場合には円筒内から凝縮液が滑落もしくは壁面を沿って蒸発部に液が戻る必要がある。ウィックが無いために円筒内で凝縮した液が十分還流されず、蒸発部に液が足りないためドライアウトが発生したと考えられる。ウィックを持つサンプルは発熱量が増えるにつれ熱抵抗は減少し、800W までドライアウトが発生していない。凝縮部と下部ウィック間を繋げるように円筒内ウィックを延長すると凝集した液が凝縮部から蒸発部へ直接移動するので還流量が増加し、ドライアウト限界が高くなったと考えられる。タワー型ヒートパイプと熱抵抗を比較するとタワー型ベーパーチャンバーの熱抵抗は約15%低い。蒸発熱伝達率はタワー型ヒートパイプは約30,000[W/(m²・K)]であるのに対し、タワー型ベーパーチャンバーは約80,000[W/(m²・K)]となった。タワー型ヒートパイプは蒸気の輸送が各々のパイプが担っており、蒸気の輸送経路がパイプ内に制限されて熱拡散が一次的である、タワー型ベーパーチャンバーは円管とベース部が一体化しており、蒸気は面方向に拡散した後、円管部を上昇して放熱する3次元的な熱輸送を行う。そのため蒸気空間が大きく蒸気輸送の圧損が低くなったために蒸発熱伝達率がタワー型ヒートパイプに比べて大きくなり熱抵抗が低くなったと考えられる。

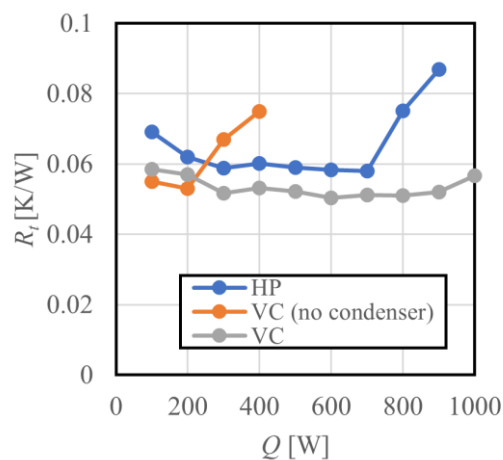


Fig.3 Thermal resistance: R_t .

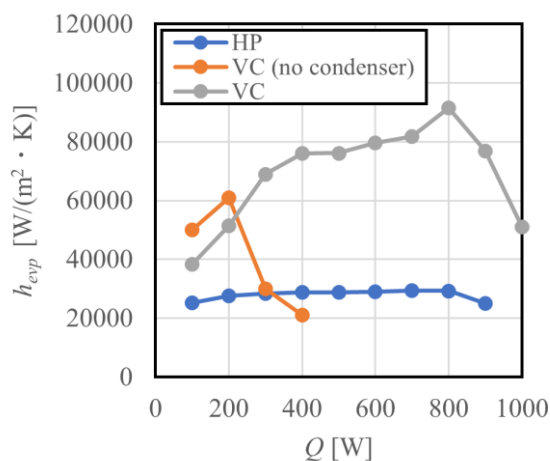


Fig.4 Evaporation heat transfer coefficient: h_{evp} .

4. 終わりに

本稿ではタワー型ヒートパイプとタワー型ベーパーチャンバーの比較を行った。タワー型ヒートパイプに比べてタワー型ベーパーチャンバーの蒸発熱伝達率が高く、低い熱抵抗が得られる。また、タワー型ベーパーチャンバーは凝縮部と蒸発部が離れており、凝縮液の還流を考慮したウィック構造でなければ凝縮液は蒸発部に戻りにくくドライアウトを招くことがわかった。本発表では熱計算並びに詳細な熱輸送特性についても報告を行う。