

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目

ポリマーヒートパイプに関する研究

熊本大学大学院自然科学研究科 産業創造工学専攻 先端機械システム講座

(主任指導 小糸 康志 准教授)

論文提出者 秀山 文彦

主論文要旨

近年、電子機器の高性能化とともに小型化・軽量化が進み、電子機器の冷却に用いられるヒートパイプにも小型化・軽量化が求められている。従来の金属製のヒートパイプにおいても、小型化・軽量化の要求に対して多くの研究が行われており、現在では実際にスマートフォンなどの小さな電子機器内の冷却のためにヒートパイプが用いられている。一方、ヒートパイプへの小型化・軽量化の要求に対する別の解決策として、ヒートパイプの筐体にプラスチック材料を使用するポリマーヒートパイプが提案されており、研究が行われるようになってきた。ポリマーヒートパイプは電子機器のケースに使用されるプラスチック板自体に形成でき、電子機器のケース自体が冷却機能を持つことで、ヒートパイプのスペースを電子機器内部に設ける必要がなくなり、最終的には電子機器のさらなる小型化・軽量化が期待できる。しかしながら、ポリマーヒートパイプに関する知見はまだまだ少なく、実用化までは時間を要する。特に、現在提案されているポリマーヒートパイプは、形成に熟練の技術が必要であり、研究を遂行するためには多くの時間と費用を要することが懸念されている。

そこで本研究では、ポリマーヒートパイプの形成に関して検討を進め、簡単かつ実現可能なポリマーヒートパイプを提案ならびに形成し、ポリマーヒートパイプの熱輸送特性に関する基本的な知見を得ることを目的とする。本研究では、ポリマーヒートパイプの形成に 3D プリンターによる積層造形ならびに機械加工の 2 つの方法を用いた。3D プリンターは、3D CAD データから簡単に三次元の構造物を形成することができる。3D プリンターを用いることで、さまざまなヒートパイプを容易に形成することができ、さらに、ヒートパイプ内の流路サイズや流路形状、流路配列などを容易に変更できるため、形成時間の短縮や、設計自由度の向上が期待できる。本論文では、これまでに知見を得ている自励振動式ヒートパイプならびにウィック式ヒートパイプを対象として、ポリマーヒートパイプを形成し、それぞれの熱輸送特性について検討を行ったことについて、以下のようにまとめた。

第 1 章では、本研究の背景と目的ならびに本論文の構成について述べた。

第 2 章では、まず、3D プリンターを用いたポリマーヒートパイプの形成に関する事前検

討について述べた。これまでプラスチック材料を使用する 3D プリンターを用いてヒートパイプを形成した研究事例は少ないため、ここでは予備実験を通して、ポリマーヒートパイプ内に封入する作動流体やポリマーヒートパイプ筐体壁厚さなどの検討を行った。検討により、作動流体としてよく使用されるエタノールは本ポリマーヒートパイプの材料と反応し、亀裂を生じさせるため使用できないこと、プラスチック材料はガス透過率が金属材料と比較して高いため、筐体壁の厚さを 0.7 mm 以上にする必要があることなどが明らかになった。次に、事前検討により得られた設計指針を基に、自励振動式ポリマーヒートパイプを形成し、熱輸送特性評価を行った結果について述べた。実験より、加熱量が 4 W ~ 9 W まで安定した熱輸送が確認された。さらに、本自励振動式ポリマーヒートパイプにおいて、蒸発部のヒートパイプ壁の厚さ方向の熱伝導が、熱輸送性能に最も影響を及ぼすことが示された。また、内部流路を変更した実験を行った結果、流路径に最適値が存在することが示唆されたが、この点に関しては更なる検討が必要である。加熱量が 4 W ~ 9 W において、熱抵抗は最小で 2.25 K/W であり、この加熱量の範囲においては、金属製の自励振動式ヒートパイプと同等の熱輸送性能を示した。

第 3 章では、第 2 章で得られた知見を基に 3D プリンターを用いてウイック式ポリマーヒートパイプを形成し、熱輸送性能評価を行った結果について述べた。作動流体を還流させるためのウイックを作動空間の中央に設置し、ヒートパイプ外部との熱交換を促進するために、蒸発部および凝縮部に熱伝導率の高い金属材料を使用した。ヒートパイプを水平に設置し一端を加熱、他端を冷却して実験を行った。実験より、加熱量が最大 10 W まで安定した熱輸送が確認された。これは他のポリマーヒートパイプと比較しても高い熱輸送量であり、本ウイック式ヒートパイプの有用性を示した。また、従来のヒートパイプと同様に本ウイック式ヒートパイプにおいても、加熱量の増加に伴い熱抵抗が減少する傾向が確認された。本ウイック式ヒートパイプにおいては最小で 6.56 K/W の熱抵抗が得られた。さらに第 3 章では、機械加工を用いてウイック式ポリマーヒートパイプを形成し、熱輸送特性評価を行った結果についても述べた。実験より、加熱量が最大で 30 W まで安定した熱輸送が確認された。機械加工により形成したウイック式ヒートパイプの熱抵抗は最小で 0.81 K/W であった。

第 4 章では第 3 章までの内容を総括し結論を述べた。