

研究成果最適展開支援プログラム A-STEP
企業主導フェーズ NexTEP-B タイプ
事後評価報告書

- 開発実施企業 : 株式会社ロータス・サーマル・ソリューション
- 代表研究者 : 山陽小野田市立山口東京理科大学 工学部 教授 結城 和久
- 研究開発課題名 : 自発的冷却促進機構を有する高性能車載用冷却器

1. 開発の目的

本開発は、円柱状の気孔が一方向に配列した「ロータス金属」を用いて、高性能な沸騰冷却器の実現を目指すものである。

例えば、電気式ハイブリッド車(HEV)では高効率を目指して、モーター制御ユニットにSiCパワー半導体を利用するシステムが検討されている。効率の向上が期待されるが、小さなユニットに発熱が集中することから、現在利用されている循環式の水冷方式よりも、より大きな熱流束に対応できる冷却方式が望まれている。そこで本開発では、冷媒の蒸発潜熱を利用した沸騰冷却方式を採用し、これを、車載用途を含めて広範囲に適用可能な、限界熱流束(Critical Heat Flux: CHF)が高い冷却技術として実用化することを目的とした。

2. 開発の概要

沸騰冷却方式は高い効率が期待できる。しかし、沸騰した冷媒蒸気が高温の伝熱面を覆う膜沸騰が起こると、冷媒への熱移動抵抗となって冷却能力が急激に失われることが課題となっている。

本新技術では、発熱体に接触する銅などの熱伝導体に、幅1mm程度の溝を一定間隔で彫り込んだもの(グループ)とロータス金属を組み合わせることで膜沸騰が起こりにくい構造を実現した。また、溝の断面積と気孔口径を適当な寸法に調整することで、発生した蒸気と冷媒の流路を分離し、蒸気の速やかな排出と、グループ内への冷媒の安定供給を両立することで、高い冷却性能を維持することを可能とした。

本開発では以下二つの目標を設定した。

- (1) 車載用冷却器を想定した水冷媒による沸騰冷却器として、小型サイズ(10mm 角)で CHF 350W/cm²以上と、大型サイズ(50mm 角以上 60mm×180mm)で CHF 300W/cm²以上を達成すること。
- (2) 得られた手法を使った設計で、異なる特性の冷媒でも安定した沸騰冷却が実現できることを確認すること。

前者については、本新技術で冷却性能を決める重要な要素が、グループとロータス気孔の各々の寸法にあることを見出し、溝と気孔の適切な寸法を導くことに成功した。それにより、小型サイズ冷却器で CHF 530 W/cm²、大型サイズ冷却器で CHF 270 W/cm²を達成した。

後者については、冷媒の特性に合わせたグループと気孔の適切な寸法を導く手法を、設計に利用できるよう整理し、フロリナート系冷媒に合わせて試作した沸騰冷却器において検証した。その結果、期待通りに蒸気と冷媒の流れが分離され、膜沸騰が起きにくい状態に保たれた。これによって開発した技術が、異なる溶媒を利用する冷却器の設計にも有効なことを確認した。

さらに、より早期に実用化が可能な用途も検討すべき、との評価委員会からの示唆を受け、ワークステーション向け CPU クーラーへの適用を検討した。その結果、試作品において、放熱器の占める体積を基準に、既存製品の約二倍の冷却性能が得られた。

3. 総合所見

本開発によって、グループとロータスを組み合わせることで、高効率な沸騰冷却器を完成させることができた。沸騰冷却器は冷媒や沸騰ユニットの形状に合わせて設計されるが、グ

ループと気孔の寸法の関係性を見出し、二種類の冷媒でこの関係性が利用できることを確認した。これによって、この技術は今後様々な冷却器の設計にも、利用できるようになったといえる。一方で、成果が注目されることで競合技術の出現も予想されることから、今後もデータの蓄積をすすめ、知的財産による技術保護と事業化戦略の強化に傾注すべきであろう。

今後、半導体の小型化に伴って発熱が集中する傾向は続いていくと考えられ、限界熱流束の高い冷却器の需要は大きくなる。開発の中でCPUクーラーとしてメーカーに採用検討される試作器が実現できるなど、本新技術は多様な商品への展開が期待される。

よって、本開発は目標を超える成果が得られ、早期に事業化に至る可能性がある。

以上