

構造一体型 PCM デバイス実用化/高性能化のための研究

デジタルものづくり課 山本貴文 製品・機能評価課 関口啓介^{*1}

機械電子研究所 中村陽文

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 畠中龍太

有限会社オービタルエンジニアリング 斎藤雅規

1. 緒言

宇宙産業において、相変化蓄熱材(Phase Change Material, PCM)を利用した熱制御技術が有望視されている。PCMは相変化時の潜熱を利用するため単位体積(重量)あたりの吸発熱量に優れる。しかし、一般にPCM自体の熱伝導率は極めて低い。このため、高機能なPCMデバイスの実現には、PCMを保持する筐体内部に熱拡散を補助する構造体が必要とされる。著者らは、この筐体の製造に熱伝導率の良いアルミ合金を用いたアディティブマニュファクチャリング(AM)を適用し、軽量・伝熱フィン一体型PCMデバイスの開発を行ってきた。AMがもたらす構造自在性により、PCMデバイスの熱特性のハンドリング性の向上が実現でき、デバイス搭載空間制約の緩和が期待される。本研究では、PCMデバイスの宇宙機実装を想定し、発熱機器と宇宙機の構造部の間に挟み込む蓄熱器としてスパーサー型PCMデバイスを研究対象とした。紙面の都合上、本稿ではPCMデバイスの熱・機械的特性に対して重要な役割を果たすフィン構造を、造形及び内部構造観察の観点から、調査した結果を示す。

2. 実験方法

図1に、スパーサー型PCMデバイスの内部構造を模倣した25 mm角のフィン構造体の3Dモデルを示した。このモデルの造形には、独EOS社の金属3Dプリンタ(EOSINT-M280)を用いた。造形材料には、アルミ合金粉末(Al-10Si-0.4Mg)を使用し、標準のレーザ照射パラメータを適用した。作製した造形体のフィン構造の観察には、X線CT技術を用いた。フィン構造全体のCT測定には島津製作所製CT装置(INSPEXIO SMX-225CT FPD HR)を、フィン単体の高精度CT測定にはブルカー製CT装置(SKYSCAN 1272)を使用した。

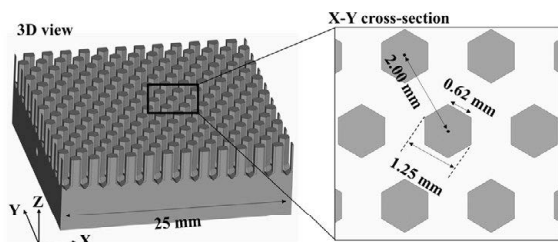


図1 フィン構造体の設計概要

3. 実験結果および考察

図2にフィン構造全体のCT測定の結果を示す。造形体のフィンピッチは2.00 mmであり、目的のピッチが精度よく得られていた。しかし、フィン単体の断面形状は、設計した六角柱の形状を十分に再現できていなかった。これは、造形体の輪郭形状を描写したレーザスポット径(直径: 0.1 mm)がフィン断面形状に対して大きいことと、レーザ照射時の熱影響によりフィン表面に未溶解粉末が付着することに起因すると推察される。図3はフィン単体のCT測定の結果である。フィン表面は大量の未溶解粉末に覆われており、その厚みは約0.1 mmであることが分かった。この未溶解粉末の付着は熱伝導への寄与率が小さく、実使用環境ではPCMとの熱交換効率を低下させる恐れがある。付着粉末の除去手法の確立は、今後の課題である。一方で、フィンの内部構造に着目すると、ミクロンオーダーの空孔がわずかに観察された。しかしながら、フィン体積当たりの空孔体積は0.05%であり、熱・機械的特性の観点では空孔の影響は無視できる程度であることが明らかとなった。

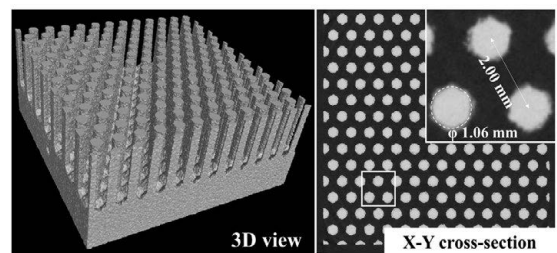


図2 フィン構造体のCT測定

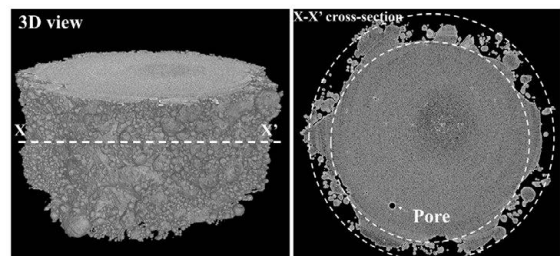


図3 フィン単体のCT測定

【参考文献】

- 1) R. Hatakenaka, T. Kinjo, H. Sugita, T. Yamamoto and M. Saitoh, 47th International Conference on Environmental Systems, ICES-2017-346, 2017

*1 現 商工企画課