

固-固相転移物質の三次元積層造形による 適応型蓄熱技術の実現性評価

ものづくり研究開発センター デジタルものづくり課 山本貴文

機械電子研究所 機械情報システム課 釣谷 浩之、中村 陽文

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 金城 富宏、柴野 靖子、澤田 健一郎、小川 博之

1. 緒言

宇宙空間において、機器が短期的に高発熱を発生する場合、高発熱条件に合わせて放熱面積を確保する熱設計が必要となる。しかし、機器搭載面積が限られる小型探査機では、設計上の制約から放熱面を十分に確保することが難しい。そこで、過渡的な発熱を一時的に吸熱し、緩やかな熱輸送及び放熱を行うために、発熱部に蓄熱技術を適用することが有望視されている。蓄熱により、機器の温度上昇が緩和できるとともに、長期的な発熱条件に合わせて放熱面積を確保でき、放熱面積及びヒータ電力の削減が可能になると考えられる。

高効率蓄熱技術としては、相変化時の潜熱を利用した相変化蓄熱材(Phase Change Material, PCM)が挙げられる。固-液 PCM を用いる場合は、筐体と伝熱フィンが総重量に占める割合が大きくなるために、質量効率が大きく低下する課題がある。そのため、金属相転移による固-固 PCM を用いて構造体を成形できれば、質量効率は大幅に改善されると考えられる。本研究では、固-固 PCM を宇宙機のデッドスペース・曲面形状などへ柔軟に適用するために、3D プリンタによる固-固 PCM の成形性について検討を行った。

固-固 PCM である二酸化バナジウムは焼結性が悪く、レーザを用いる積層造形では形状の創製は困難であると予想されたため、金属材料を複合化させることで造形性の改善について試みた。今年度は、バインダーとなる金属材料を用いた造形実験を行い、バインダー材の選定と造形性を中心に評価を実施した。

2. 実験方法

レーザ積層造形装置には、パウダーベッド方式である EOS 社製 EOSINT M280 を用いた。使用した材料粉末は、低融点金属である純スズ粉末と高熱伝導を示す純銅粉末の 2 種類である (図 1)。材料粉末の種類は、二酸化バナジウムとの酸化還元反応を考慮して選定された。造形は不活性雰囲気中で行われ、一層毎にレーザ走査方向が約 67°回転するスキャンストラテジーが適用された。また、造形体の密度はアルキメデス法及び断面観察により評価を行った。

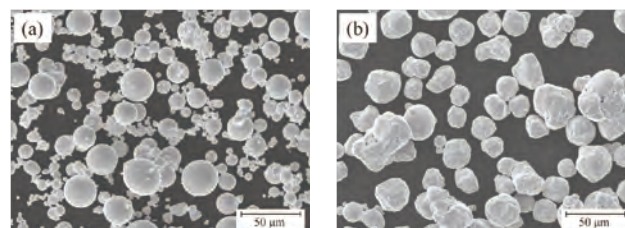


図 1 造形材料粉末の SEM 写真; (a) 純スズ、(b) 純銅

3. 実験結果および考察

図 1 に示された材料粉末を用いて、レーザ照射条件 (レーザ出力、走査速度など) を変化させることで、造形パラメータの検討を行った。純スズを造形材料として積層造形を行ったところ、出力 50~150 W 及び走査速度 1000~2000 mm/s の比較的幅広い条件にて高密度体が得られることが確認された (相対密度; 99%以上)。一方で、純銅を造形材料とした場合は、高出力、低走査速度の投入エネルギー密度が大きな条件でも高密度体を得るのが困難であった (相対密度; 90%程度)。図 2 に作製した造形体の断面写真を示す。観察断面は、造形面に対して鉛直断面である。図 2(a)より、純スズではわずかに欠陥が認められるものの、全体的に高密度な造形体となっていることが分かる。一方で、図 2(b)の純銅では全体的に微細な欠陥が認められ、特に造形体の表面近傍では欠陥が集中している状態が観察された。純銅は、造形装置搭載のファイバーレーザの波長帯 1070nm におけるレーザ反射率が大きな材料である。高密度化が達成できない主な原因は、レーザ照射による材料粉末の溶融が十分に生じなかったためであると考えられる。以上から、バインダーとなる金属材料として、造形性を改善するという観点では、純スズが有効である可能性が示唆された。

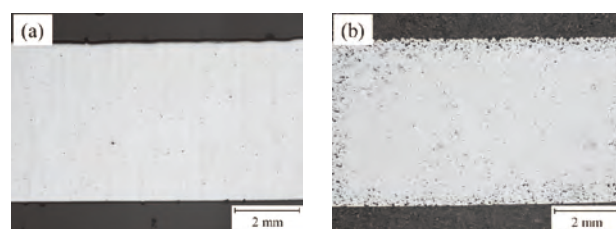


図 2 造形体の断面写真; (a) 純スズ、(b) 純銅