

ISS 実証に向けた構造一体型蓄熱デバイスの 製造・品質保証に関する研究

デジタルものづくり課 山本貴文、本多直生 機能素材加工課 村上 聡
国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 畠中龍太、岡本 篤、境野正法
有限会社オービタルエンジニアリング 斎藤雅規、白川伸幸、照井結花

1. 緒言

宇宙機の大電力化・小型化に対応する熱制御実現のため、単位体積(重量)あたりの吸発熱量に優れる相変化蓄熱材(Phase Change Material, PCM)を利用した熱制御が有望視されている。著者らは、これまでに金属 3D 積層造形(AM)技術と PCM の融解潜熱を利用したアルミ合金製構造一体型蓄熱デバイス(Structure-integrated space ice, SiSi)の開発を進めており、2026 年頃から国際宇宙ステーション(ISS)での軌道上実証実験を計画している。宇宙空間で SiSi の工学的信頼性を示せば、各種の宇宙機(小型 SAR(Synthetic Aperture Radar), 探査機等)に採用される可能性が高まり、実用化に大きく貢献する。ISS で金属 AM 部品を含む実証実験を遂行するには、米国航空宇宙局(NASA)が公開している技術標準(NASA-STD-6030 と NASA-STD-6033)が品質保証の観点で重要となる。また、2024 年 8 月には、ISS 安全要求文書(CR-99117)が改訂され、NASA 技術標準が「正式適用」となり、ISS 実験ペイロードに向けた安全審査においても同標準の要求に適合させることが必要となった。本研究では、ISS 宇宙実証実験に向けて、NASA 技術標準を踏襲したプロセスを実践することで、品質保証手法の構築に向けた検討を進めている。前報²⁾では、多量の試験データによる統計的な材料特性データベース(Material property suite, MPS)に関する要件を考慮したうえで、MPS 構築のための基準造形について述べた。本稿では、造形した各種試験体の評価結果³⁾を中心に述べる。

2. 検討結果など

MPS 構築のための基準造形には、EOS 社製の EOSINT M280 を用い、同社が提供する標準の AlSi10Mg 粉末に対して標準のプロセスパラメータを適用した。粉末は、ロット違いによる粉体特性の変動を避けるため同一ロット品のみを使用し、各回の造形で消費された粉末量と同程度の粉末を補充・混合することとした。各回の造形後には、EOS 社の材料データシートに基づき応力除去熱処理(270 °C×90 分)を行った。その後、ワイヤカットによる造形体の切離しを行い、円柱を機械加工で ASTM E8/E8M に準拠したダンベル形状に整え、引張試験に供した。前

述した基準造形と後処理を 10 回繰り返し行い、機械的特性(最大引張強度(UTS)、0.2%耐力、伸び)の統計情報を取得した。例として、図 1 に UTS のヒストグラム(試験総数: 110 本)を示す。全体の試験結果は概ね正規分布則に従う統計分布が得られた。平均値と標準偏差は、それぞれ 317.6 MPa と 4.52 MPa であり、これは EOS 社の材料データシート記載の UTS(310 MPa)とほぼ一致する結果である。一方、UTS のバラつきは熱処理時に供試体が晒される温度環境の差異に起因することも分かった。今後、上述の統計情報をもとに、材料許容値や構造設計/評価に用いる設計値の導入手法を検討するとともに、AM 特有の製造リスクの極小化に向けて、プロセス管理の方法論を成熟させていく予定である。

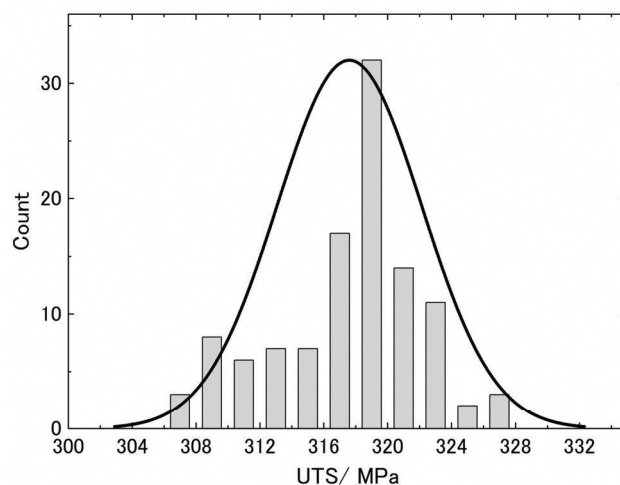


図 1 最大引張強度 (UTS) の統計モデル

参考文献

- 1) R. Hatakenaka et al: 50th International Conference on Environmental Systems, ICES-2021-247 (2021)
- 2) 山本貴文 他: 富山県産業技術研究開発センター研究報告, **38** (2024) 51
- 3) 山本貴文 他: 軽金属溶接, **62** (2024) 22-28