

2023 年度年次報告書

物質探索空間の拡大による未来材料の創製

2022 年度採択研究代表者

高田 尚記

名古屋大学 大学院工学研究科

准教授

金属 3D プリンタを用いた非平衡組織・準安定相の創出

研究成果の概要

1. Al と Fe を基軸とした多元素化による Al_6Fe 準安定相の制御

初年度確立したレーザ粉末床溶融結合 (L-PBF: Laser Powder Bed Fusion) プロセスの最適条件を用いて、共晶元素の Cu を添加した Al-2.5Fe-2Cu と包晶元素の Ti を添加した Al-2.5Fe-1.5Ti (mass%) の3元系合金造形体 ($20 \times 60 \times 60$ mm 以上の大型部材) を作製した。Cu 添加合金において $(\text{Al,Cu})_6\text{Fe}$ 相 ($\text{Al}_{23}\text{CuFe}_4$ 相) が生成し、Ti 添加合金に高濃度の Ti 元素が α -Al 母相に固溶した。したがって、熱力学から予測される共晶/包晶反応に基づく元素分配の制御は、L-PBF プロセスの急冷凝固 (冷却速度 10°C/s 以上) にも適用できることが実証された。Al-2.5Fe-2Cu 合金造形体へ熱処理プロセスの適用は高強度 (350 MPa) と高熱伝導性 ($175 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}$) の両立を可能とし、ヒートシンク部材などの産業応用が期待される。

2. Al 多元系の低融点共晶反応を利用した超非平衡状態の創出

Al-Si-Mg3元系における α -Al 相と Mg_2Si 相の共晶組成に焦点を当て Al-10Mg-5Si (mass%) 合金粉末を製造した。緻密体 (相対密度 99% 以上) の造形可能なレーザ条件を確立できたが、レーザ照射による Mg 元素の揮発 (2~3%) が起こった。

3. L-PBF プロセスによる非平衡組織制御の他成分系への拡張

産業応用の観点から、耐熱性ステンレスの成分系に焦点を当て、 γ -Fe 相と Fe_2Nb 相の共晶組成に対応する Fe-40Ni-15Nb (mol%) 合金粉末を製造した。L-PBF プロセスによる造形体試作の結果、多少の欠陥を含むが造形可能な条件を見出した。その組織形態は、溶融池境界に γ -Fe 相、溶融池内部に γ -Fe/ Fe_2Nb 相組織が存在する複合構造を示した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Laser-beam powder bed fusion of Al-Fe-Cu alloy to achieve high strength and thermal conductivity, Y. Cheng, T. Miyawaki, W. Wang, **N. Takata**, A. Suzuki, M. Kobashi, M. Kato, Additive Manufacturing Letters, Vol. 8, 100191, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.addlet.2023.100191>
- 2) CALPHAD-aided design of high-strength Al-Si-Mg alloys for sufficient laser powder bed fusion processability, Y. Otani, K. Saki, **N. Takata**, A. Suzuki, M. Kobashi, M. Kato, Journal of Alloys and Compounds, Vol. 977, 173449, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2024.173449>