

金属積層造形による新規低放射化ハイエントロピー合金の作製

(1) 全体概要

Development of new reduced activation HEAs by additive manufacturing method

(1) Outline

*橋本直幸¹, 上田幹人¹, 林重成¹, 岡弘¹, 磯部繁人¹, 山下真一郎², 板倉充洋², 都留智仁²

¹北海道大学, ²日本原子力研究開発機構

次世代小型炉に対応した技術である金属積層造形法(3Dプリンティング)を用い、高温で耐照射性を有する低放射化ハイエントロピー材料の創製を目指し、2020年より原子力システム研究開発事業において研究開発を進めている。成果報告として3件のシリーズ発表を行う予定であり、本発表では研究の全体概要を紹介する。

キーワード: 積層造形法, 耐照射性, マイクロリアクター

1. 緒言

現在、過渡事象に対応可能な新型原子炉の形態として、小型原子炉(SR)或いは小型モジュール炉(SMR)をコンセプトとした技術開発が進められ、エネルギー省(US-DOE)、米国国防省(US-DOD)では、プラグアンドプレイ方式のマイクロリアクター実現のためのロードマップ[1]も作成している。これに対応した技術革新として重要視されるのが、積層造形(AM)法による炉構造材料の作製[2]である。本研究は、次世代小型炉に対応した技術であるAM法を用い、高温で耐照射性を有する低放射化ハイエントロピー材料(RA-HEAs)の創製を目的とした基礎基盤研究であり、本講演ではその概要と成果の一部を説明する。

2. 研究方法

本研究では、現在も開発が進められている高エネルギー炉用構造材料のうち、316ステンレス鋼に代表されるFCC構造材料に着目する。FCC材料は、中性子照射環境で照射硬化の直接的要因である積層欠陥四面体(SFT)及び不動転位(フランクグループ: FL)を形成するため、RA-HEAsデザインのコンセプトとして、SFE及びFLの低減による耐照射性向上を掲げ、材料構成元素の最適化による積層欠陥エネルギー(SFE)の制御を試みる。具体的には、低放射化材料の作製に適切な金属元素を選定し、アーク溶解法によりFCC単相(FeCr)_{1-x-y-z}Ni_xMn_yAl_z HEAsを作製し、この材料をベースにSFE制御可能な構成元素の抽出と耐照射性に寄与する構成原子濃度の最適化を図る。また、同組成のRA-HEAsを適宜AM法により作製し、上述試料と同様の手法により物性を評価し、AM技術の成立性について検討する。AM法による試料作製については、マイクロリアクター用構造材料の製造方法として進められている粉末床(パウダーベッド)積層造形法のうち粉末レーザー(SLM)法を採用する。この方法は、原料の金属粉末を薄い一定厚に敷き詰め、予め生成した3次元設計データ(CAD)に合わせてレーザー収束熱源を照射して造形する。並行して、計算科学的アプローチとして第一原理計算による積層欠陥(SF)及び照射欠陥エネルギーの評価を試み、構成原子の役割の体系的な理解と濃度の最適化に繋げることを計画している。

*本研究は文部科学省原子力システム研究開発事業 JPMXD0220354336 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Nuclear Energy Research and Development Roadmap, Report to Congress, April 2010, U.S. Department of Energy Nuclear Energy.
- [2] M. Li et al, Progress report on the assessment of the material performance for TCR applications, ANL/NSE-20/12.

*N. Hashimoto¹, M. Ueda¹, S. Hayashi¹, H. Oka¹, S. Isobe¹, S. Yamashita², M. Itakura², T. Tsuru²

¹Hokkaido Univ., ²Japan Atomic Energy Agency