

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故時の制御棒材の共晶溶融挙動に関する研究 (38) 黒体放射型超高温熱分析法による 30mass%B₄C 含有 SUS316L の溶融挙動

Study on Eutectic Melting Behavior of Control Rod Materials in Core Disruptive Accidents of Sodium-Cooled Fast Reactors

(38) Melting behavior analysis of SUS316L containing 30mass%B₄C using ultrahigh-temperature thermal analysis based on blackbody radiation

*東 英生¹, 大塚 誠¹, 安達 正芳¹, 福山 博之¹, 山野 秀将²

¹東北大学多元物質科学研究所, ²日本原子力研究開発機構

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故における制御棒材（炭化ホウ素：B₄C）と原子炉構造材（ステンレス鋼：SS）の共晶反応メカニズム検討のため、黒体放射型超高温熱分析法を用いて 30mass%B₄C 含有 SUS316L の溶融挙動の解析を行った結果について報告する。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉, 炭化ホウ素, ステンレス鋼, 溶融挙動, 熱分析法

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉の炉心損傷事故時には、制御棒材（B₄C）と原子炉構造材（ステンレス鋼：SUS316L（SS））との共晶反応による複雑な炉心損傷の様相を呈する。この共晶反応メカニズムを分析するためには B₄C-SS 系の溶融挙動や凝固過程の解明が必要であるが、高濃度 B₄C を含有する SS は液相線温度が高く、既存の測定装置での熱分析は困難である。当研究室では、高融点材料の熱分析に向けた黒体放射型超高温熱分析法[1]を開発しており、昨年の本大会において、B₄C-SS 材料へ同熱分析法が適用できることを検証した[2]。本研究では、同手法を用いて、30mass%B₄C 含有 SS の溶融挙動の熱分析を行った結果について報告する。

2. 実験方法

試料には、アーク溶解法で作製した 30mass%B₄C-SS を用いた。試料をセットした黒体孔付 BN 製坩堝を黒鉛製サセプターに入れ、黒体放射型超高温熱分析装置内にセットした後、真空引きし、Ar ガスで置換した。黒鉛製サセプター下部に設置した放射温度計で熱分析装置の温度を制御し、10 K/min で約 2450 K まで昇温後、降温した。黒鉛製サセプター上部に設置した放射温度計で黒体孔からの放射輝度を測定した。なお、上部放射温度計は予め Ni-C、Ru-C の共晶温度で校正し、黒体孔からの放射率は 0.957 であることを確認した。試料溶融時の変態温度は熱分析曲線上に現れる変曲点から評価した。

3. 結果

30mass%B₄C-SS の熱分析曲線には温度上昇時に複数の吸熱ピークが検出された。第一変曲点は 1374 K、第二変曲点は 1787 K、第三変曲点は 1928 K、第四変曲点は 2211 K に現れた。約 2450 K まで昇温したが、試料を完全に溶融することはできなかったため、液相線温度は確認することができなかった。熱分析後、BN 坩堝と試料が反応した様子は確認されなかった。実験前後で（サセプター+坩堝+試料）全体の質量は 0.05%減少していた。次の報告（39）で、これらの吸熱ピークが対応する反応について考察する。

*本報告は、経済産業省からの受託事業である「令和5年度高速炉に係る共通基盤のための技術開発」の一環として実施した成果である。

参考文献：

[1] H. Fukuyama, *et al.*, *Scientific Reports*, (2019) 9:15049. [2] 東ら, 日本原子力学会 2023 年秋の大会, [1003]

*Hideo Higashi¹, Makoto Ohtsuka¹, Masayoshi Adachi¹, Hiroyuki Fukuyama¹ and Hidemasa Yamano²

¹Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, ²Japan Atomic Energy Agency.