

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熔融挙動に関する研究 (14) 7mass%B₄C-SS 共晶熔融物の放射率、熱容量および熱伝導率測定

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

(14) Emissivity, Heat Capacity and Thermal Conductivity of 7mass%B₄C-SS Eutectic Molten Material

*東 英生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)の共晶反応挙動を模擬するのに必要な熱物性モデル構築のため、超高温熱物性計測システム(PROSPECT)を用いた非接触レーザー周期加熱カロリメトリ法により、7mass%B₄C-SS系融体の放射率、熱容量および熱伝導率の測定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, 放射率, 熱容量, 熱伝導率

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: SS)との共晶反応による複雑な炉心損傷の様相を呈する。この共晶反応挙動を模擬するためには熔融したB₄C-SS系融体の熱物性値が必要であるが、高温における融体の熱物性計測は困難であり、信頼できるデータはほとんど存在しない。当研究室では、高温融体の高精度熱物性計測に向けた超高温熱物性計測システム(PROSPECT)によるレーザー周期加熱カロリメトリ法[1]を開発している。本研究は、B₄C-SS系融体の熱物性測定の一環であり[2]、本手法を適用し、7mass%B₄C-SS系融体の放射率、熱容量および熱伝導率を測定したので、その結果について報告する。

2. 実験方法

試料には、誘導加熱・急冷法で作製した7mass%B₄C-SSを用いた。PROSPECT内に試料をセットした後、真空引きし、Ar-5vol%H₂ガスで置換した。試料を浮遊、熔融させた後、放射温度計を用いて試料温度を測定した。試料の温度は液相線温度で補正を行った。試料の垂直分光放射率は試料からの輝度を分光器で測定することによって求めた。また、熱容量および熱伝導率は、レーザー周期加熱カロリメトリ法により測定した。垂直分光放射率では静磁場を3T、熱容量測定では0.8T印加することにより試料の表面振動および並進運動を抑制し、熱伝導率測定では10T印加して試料の内部対流を抑制して真の熱伝導率を得た。

3. 結果

7mass%B₄C-SS系融体の液相線温度(1689 ± 9 K)において、垂直分光放射率は、0.27 ± 0.01 (波長 940 nm)であった。定圧熱容量は、861 ± 41 J·kg⁻¹·K⁻¹、熱伝導率は、26 W·m⁻¹·K⁻¹であった。

*本報告は、経済産業省からの受託事業である「平成30年度高速炉の国際協力等に関する技術開発」の一環として実施した成果である。

参考文献

[1] 福山博之, 計測と制御, 54 (2015), 303-308. [2] H. Fukuyama et al., Nuclear Tech., DOI: 10.1080/00295450.2019.1578572

*Hideo Higashi¹, Hiroyuki Fukuyama¹ and Hidemasa Yamano²

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