

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 (26) 15mass%B₄C-SS 共晶熔融物の密度および表面張力測定

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

(26) Density and Surface Tension of 15mass%B₄C-SS Eutectic Molten Materials

*福山 博之¹, 東 英生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: SUS316L (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) により、系統的に B₄C-SS 系融体の熱物性計測を行っている。本報では 15mass%B₄C-SS 系融体について、液相線温度、密度および表面張力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, 密度, 表面張力, 液相線温度

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極めて困難であり、信頼できるデータはほとんど存在しないため、筆者らは、系統的に B₄C-SS 系融体の熱物性計測を行っている[1,2]。本研究では、まず、黒体放射を利用した超高温熱分析法を開発し、15mass%B₄C-SS の液相線温度を測定した後、超高温熱物性計測システム (PROSPECT) [3]を用いて、同融体の密度および表面張力を測定したので、その結果について報告する。

2. 実験

試料には、SUS316L (SS) と B₄C の混合粉末ペレットを焼結した後、アーク溶解-粉碎-再アーク溶解して作製した 15mass%B₄C-SS を用いた。まず、黒体孔を有する坩堝を用いて 1923 K 以上でも使用可能な黒体放射を利用した熱分析法を開発し、液相線温度の測定を行った。密度測定では、電磁浮遊液滴に静磁場を印加し、液滴の表面振動や並進運動を抑制した後、試料に照射したレーザーの射影を高速度カメラで撮影することによって液滴の形状を正確に測定する液滴投影法を採用した。表面張力測定では、静磁場を印加せず、液滴の表面振動を高速度カメラで観察し、その振動数から表面張力を求めた (液滴振動法)。

3. 結果

SUS316L (SS) に B₄C を 15mass%添加することによって、液相線温度は大きく上昇し、2213 K に達することが分かった。15mass%B₄C-SS 系融体の密度と表面張力は、その液相線温度近傍で、それぞれ、5762 kg·m⁻³ および 1616 mN·m⁻¹であった。講演では、昨年度までの結果と合わせて、SS への B₄C 添加による液相線温度、密度および表面張力への影響について報告する。

*本報告は、経済産業省からの受託事業である「令和2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, Journal of Nuclear Materials, **554** (2021) 153100, [2] H. Fukuyama, et al, Nuclear Technology, **205** (2019) 1154, [3] 福山博之, 計測と制御, **54** (2015), 303.

* Hiroyuki Fukuyama¹, Hideo Higashi¹ and Hidemasa Yamano²

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