

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 (16) 溶融ステンレス鋼への B₄C 浸漬試験

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

(16) Immersion Tests of B₄C into Molten Stainless Steel

*江村 優軌¹, 神山 健司¹, 山野 秀将¹

¹ 日本原子力研究開発機構

ナトリウム冷却型高速炉の炉心損傷事故時では、制御棒材の炭化ホウ素が溶融ステンレス鋼中に溶解して炉心領域内外へと広範に移行する可能性がある。本研究では、溶融ステンレス鋼に対する炭化ホウ素の溶解速度に関するデータを得ることを目的とした試験を行い、その結果を考察した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，炉心損傷事故，炭化ホウ素，ステンレス鋼，共晶溶融反応

1. 緒言

ナトリウム冷却型高速炉の炉心損傷時において、制御棒材の炭化ホウ素 (B₄C) は構造材であるステンレス鋼と共晶反応を起こし、制御棒材本来の融点 (2,700°C以上) に達する前に流動化する。特に、溶融ステンレス鋼中へ制御棒材が溶解した場合、凝固によって移行が停止するまでに範囲が拡大し易く、炉心内外への移行が炉心反応度の増減に影響する。そのため、溶融ステンレス鋼に対する制御棒材の溶解量および溶解した制御棒材の炉心内外への移行挙動を適切に評価することは安全評価上の重要な課題である。当課題の解決に向け、本研究では、溶融ステンレス鋼中に制御棒材を一定時間浸漬させる試験を実施し、溶融ステンレス鋼に対する制御棒材の溶解速度について試験的知見を取得する。

2. 試験条件および試験方法

黒鉛炉を用いて、ステンレス鋼 (SUS316) をルツボ内で溶融し、同温度に昇温した B₄C ペレットを上部から浸漬させた (図 1)。所定の時間経過した後、溶融ステンレス鋼中から B₄C ペレットを引き抜くことで、浸漬時間を任意に設定した。本試験では、浸漬時間を約 120 秒とし、B₄C ペレットとステンレス鋼の接触温度 (約 1,490°C、約 1,580°C、約 1,670°C) をパラメータとした。

3. 試験結果および考察

試験後に取り出した B₄C ペレットの一例を図 2 に示す。溶融ステンレス鋼中に浸漬した B₄C ペレットには減肉および変色が認められ、B₄C は融点未満の温度で溶融ステンレス鋼中に溶解した。本試験ケースの減肉量は、直径 20 mm に対して最大で約 3 mm であり、浸漬部の 22~26 vol% がステンレス鋼中に溶解したことになる。

本研究では、B₄C ペレットの径方向の減肉量をステンレス鋼との反応量と定義し、浸漬時間で除して反応速度定数 [m²/s] を求めた。各試験における接触温度と反応速度定数との関係を図 3 に示す。接触温度の増加に伴い、反応速度定数が増加することを確認した。また、反応速度定数の増加率が接触温度と共に増加する傾向にあることが窺える。

4. 結言

溶融ステンレス鋼に対する制御棒材の溶解速度について試験的知見を取得した。溶融ステンレス鋼中に浸漬した B₄C ペレットは、融点未満の温度でステンレス鋼中に溶解し、B₄C ペレットとステンレス鋼との接触温度が増加するに従い、B₄C の溶解速度が増加することが示された。

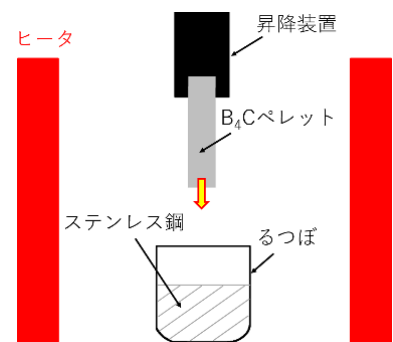


図 1 試験体系概要

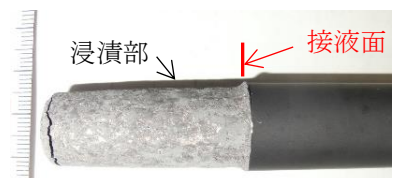


図 2 試験後の B₄C ペレット (約 1,580°C、約 124 秒)

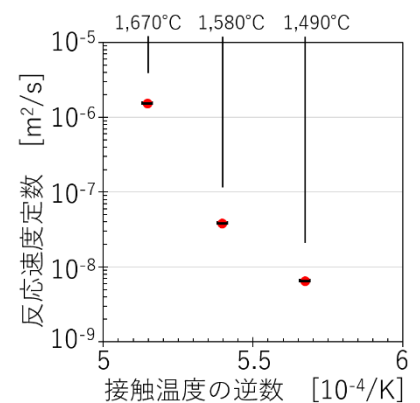


図 3 温度に応じた溶解速度変化

*経済産業省からの受託事業である「平成 30 年度の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を含む

*Yuki Emura¹, Kenji Kamiyama¹ and Hidemasa Yamano¹

¹Japan Atomic Energy Agency