

4 族金属硼化物と SUS304 鋼との共存性

Compatibility between group 4 metal borides and 304 grade of stainless steel

*城戸 佑介¹, 橋爪 健一¹, 坂本 寛²

¹九州大学, ²日本核燃料開発

事故耐性制御材候補を探索することを目的として、4 族金属硼化物と SUS304 鋼との高温での共存性を調べた。その結果、SUS304 の融点 1400°C 付近まで溶融反応の進行による試料の大きな変形、損傷は確認されず、4 族金属硼化物と SUS304 鋼との高温での良い共存性が確認された。

キーワード：4 族金属硼化物, B₄C, SUS304, 制御材, 被覆材, 共晶, 溶融反応

1. 緒言

沸騰水型軽水炉では、制御材として B₄C、その被覆材としてステンレス鋼(SUS304)で構成された制御棒が用いられてきた。B₄C と SUS は Fe-B、Fe-C の共晶反応によって 1200°C 付近で溶融することが知られており、冷却水損失事故などの過酷事故時において燃料に先立って溶融し、炉心下部への脱落、溶融物が炉心溶融を促進するなどの可能性が問題視されている。我々は、熱分析実験 (TG-DTA 測定) の結果、B₄C の代替材料としての 4 族金属硼化物と SUS304 との混合粉末では、B₄C と同様に Fe-B 間の溶融反応による吸熱ピークが確認されるものの、試験後の試料形状から、溶融が B₄C ほど進まない可能性あることを見出し、本年春の年会で報告した。本報では 4 族金属硼化物と SUS304 バルク材との実験によって得られた知見を報告する。

2. 実験

B₄C 粉末あるいは 4 族金属硼化物(TiB₂, ZrB₂ 及び HfB₂)粉末と SUS304 円板(φ 4.0mm×1.7mm²)を体積比で硼化物粉末:SUS 円板=2:1 となるようアルミナ容器に充填したものを試料とした。Ar 雰囲気下で昇・降温速度 10°C/min で加熱し、1400°C で 30 分間保持した。加熱後の試料を垂直に切断し、切断面を観察した。さらに、より実形状に近い実験体系として、SUS304 管(OD5.0mm, ID3.0mm, 20.0mm², 容積 0.11cm³)に B₄C あるいは TiB₂ 粉末を充填し両端を溶接した制御棒を模した試料を作製した。この試料を電気炉で溶融反応が開始するまで Ar 雰囲気下で加熱し、溶融挙動を映像として記録した。

3. 結果と考察

加熱後の試料の切断面の画像を図 1 に示す。B₄C 粉末を用いた試料では、SUS304 円板は全て溶融し、B₄C 粉末側へと浸透、凝固し空隙が生じていた。一方、4 族金属硼化物粉末を用いた試料では、わずかな SUS 板の厚さの減少は確認できたが、大部分が形状を保ち残存していた。また、制御棒を模した試料を用いた実験の結果、B₄C の試料では 1270°C 付近から急激な試料の変形、溶融が観察された。一方、TiB₂ の試料では 1200°C 付近での外観の変化は確認されず、1480°C 付近で被覆した SUS304 が溶融したが、TiB₂ 粉末は充填時の棒形状を保っていた。

4. まとめ

4 族金属硼化物と SUS304 との高温での共存性を調べた結果、B₄C のように、1200°C 付近で溶融反応は進行せず、SUS304 の融点に近い 1400°C においても良い共存性を示すことが分かった。

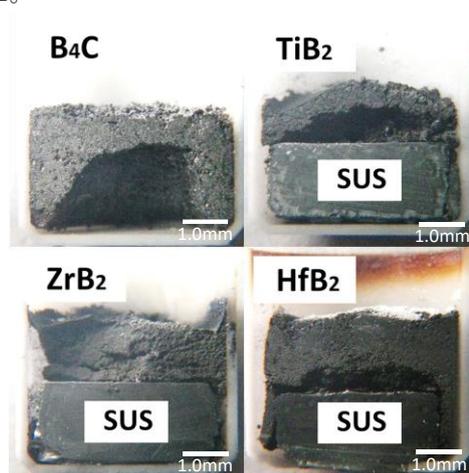


図 1. Ar 雰囲気中 1400°C で 30 分間加熱後の試料の切断面

*Yusuke Kido¹, Kenichi Hashizume¹ and Kan Sakamoto²

¹Kyushu Univ., ²NFD.