

SUS304 ステンレス鋼の溶融 Fe-Cr-Ni-B-C 合金中への溶解挙動

Dissolution behavior of SUS304 stainless steel into molten Fe-Cr-Ni-B-C alloy

*小林 能直¹、守田 祐哉¹、墨田 岳大¹、植田 滋²、中桐 俊男³

¹東京工業大学、²東北大学、³日本原子力研究開発機構

沸騰水型原子炉過酷事故時の制御棒の溶落に伴う炉心下部構造物の溶損状況を把握するため、SUS304 ステンレス鋼の溶融 Fe-Cr-Ni-B-C 合金中への溶解速度を調べ、溶解機構を検討した。

キーワード： 過酷事故、廃炉、燃料デブリ、アクセス性、溶解挙動

1. 緒言

沸騰水型原子炉における過酷事故溶融時には、ステンレス被覆材と B₄C からなる制御棒およびジルカロイ被覆材と UO₂ からなる燃料棒等が溶け落ちる。これら溶融物に、下部支持構造材であるステンレス鋼がどのような速度で溶解するかを明らかにすることを目的とし、SUS304 ステンレス鋼を溶融 Fe-Cr-Ni-B-C 合金中に浸漬する実験を行い、溶解速度の測定および溶解機構の検討を行った。

2. 実験

SUS304 ステンレス鋼および B₄C の粉末を、Fe-B 系共晶組成^[1]に近い B 質量濃度 5mass%の配合比で混合し内径 11mm の Al₂O₃ のつぼ中で縦型管状電気抵抗炉内で予備溶融した後、同るつぼ直上で予熱した直径 10mm の SUS304 ステンレス鋼の丸棒を溶融 Fe-Cr-Ni-B-C 合金中に浸漬し、所定の時間(7s, 1min, 6min)保持した。その後同るつぼを炉内から引き上げて、るつぼの外側を水冷することにより試料を急冷した。試料断面を研磨して鏡面に仕上げた後、SEM-EDS(Scanning Electron Microscope with Energy Dispersion Spectroscopy)を用いて、組織および組成を調べた。

3. 結果・考察

図 1 に 6min 間浸漬した実験の固液界面近傍の B 濃度分布を示す。本実験は B を含有した合金中へ B を含まない固相 SUS304 ステンレス鋼が溶解する反応であるため、界面近傍の液相中 B 濃度は、界面に近づくにつれ低減する傾向にある。その他の保持時間に関しても同様の濃度分布が見られた。この濃度分布に基づき、Fick の第二法則を適用した速度論的解析を行った。円筒座標系の拡散方程式では円柱関数に関連し考慮すべきパラメーターが多く精度のよい見積もりが困難であるため、固相直近において直交座標系の 1 次非定常拡散方程式で近似した解析を行ったところ、みかけの拡散係数として、 $4.3 \times 10^{-9} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ を得た。この値は 1min、7s と浸漬時間が短くなる

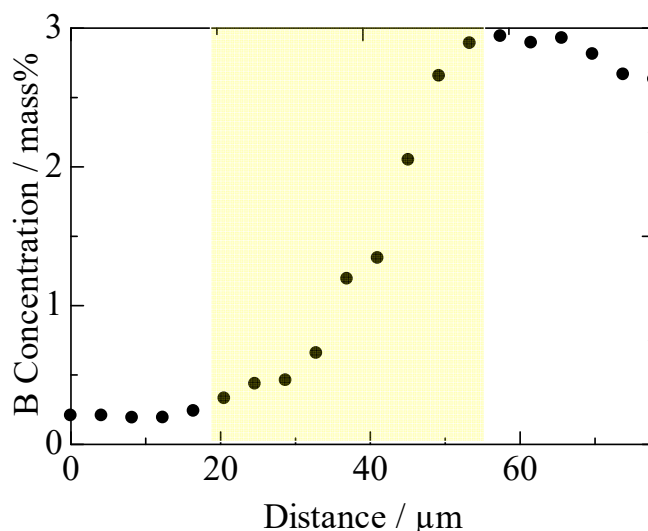


図 1 6min 間浸漬した実験の固液界面近傍の B 濃度分布

に依り大きくなり、初期に大きく溶解が進むメカニズムが考えられる。断面の組織観察結果より、固相 SUS304 ステンレス鋼の粒界に溶融合金が多く侵入していることがわかり、粒の脱落による溶損が先行して、その後化学的な溶解が進むという形態が考えられ、実炉でも同様の溶解機構により溶損が促進された可能性がある。

文献 [1] 鉄合金状態図集、O.A.パニフら編、アグネ技術センター、2001、東京。

Yoshinao KOBAYASHI¹, Yuya MORITA¹, Takehiro SUMITA¹, Shigeru UEDA², Toshio NAKAGIRI³

¹Tokyo Institute of Technology, ²Tohoku University, ³Japan Atomic Energy Agency