

改良ステンレス鋼燃料被覆管の BWR 装荷に向けた研究開発 (3)

(7) 照射挙動評価

R&D of advanced stainless steels for BWR fuel claddings (3)

(7) Evaluation of irradiation behavior

*橋本 直幸¹, 豊田 晃大¹, 唐 一翔¹, 坂本 寛², 山下 真一郎³¹北海道大学, ²NFD, ³JAEA

BWR 装荷を目標とした、事故耐性を有した改良ステンレス鋼燃料被覆管の研究開発を進めている。本発表では、シリーズ発表の一環として、被覆管製造を模擬して加工熱処理を施した FeCrAl-ODS 鋼板材の耐照射性について報告する。

キーワード: 燃料被覆管, BWR, 酸化物分散強化, 機械的特性

1. 目的及び実験方法

改良ステンレス鋼の照射下安定性について調査するため、再結晶材および押し出し材(Fe-12Cr-6Al-0.5Ti-0.4Zr-0.24Ex.O-0.05Y₂O₃)に対してシミュレーション照射試験を実施した。Fe+シミュレーション照射試験は、再結晶材は量研機構(高崎)のTIARA、押し出し材は京都大学のDuET を用いて行った。被照射試料をFIB加工により薄膜化し、200keV透過型電子顕微鏡を用いて微細組織観察を行った。さらに、照射下におけるキャビティの形成・成長挙動を詳細に把握するため、電子線照射実験を通して空孔の移動エネルギーを実験的に算出した。また、原子空孔とAl の相互作用について精査すべく、密度汎関数によるエネルギー計算も試みた。

2. 結果と考察

300~400°C, 3dpa までFe+イオン照射した各試料の照射損傷組織は、母相中に微細分散した酸化物粒子および転位ループ、キャビティが点欠陥のシンクサイトとして働く結果、転位ループの形成・成長がある程度まで進行した後飽和した。さらに、照射損傷その場観察実験により、FeCrAl鋼およびFeCrAl-ODS 鋼における空孔の移動エネルギーを算出した結果、FeCrAl鋼における空孔移動エネルギーはFeCr 合金と比較して十分大きいことが分かった。この結果は、FeCrAl 鋼の照射下における損傷組織変化にAl と空孔の相互作用が大きく関与することを示しており、損傷組織の特徴として転位ループの高密度な形成・成長の促進が観られたことを裏付ける。BCC 鉄中に空孔1つ導入したモデル及びBCC 鉄中に空孔1つとAl 原子1つ導入したモデルで空孔移動エネルギーを算出した結果、空孔はAl と複合体を形成した方が安定であることが分かった。

(Fig.1) FeCrAl 鋼中において、空孔はAl と特に強い相互作用を有し、V-Al 複合体を形成する。その結果、格子間原子の優先的な転位ループへの流入が生じ、転位ループの成長と過剰空孔によるキャビティの高密度形成が起こる。

本研究発表は、経済産業省資源エネルギー庁の平成29年度原子力の安全性向上に資する共通基盤整備のための技術開発事業(安全性向上に資する新型燃料の既存軽水炉への導入に向けた技術基盤整備)の成果である。

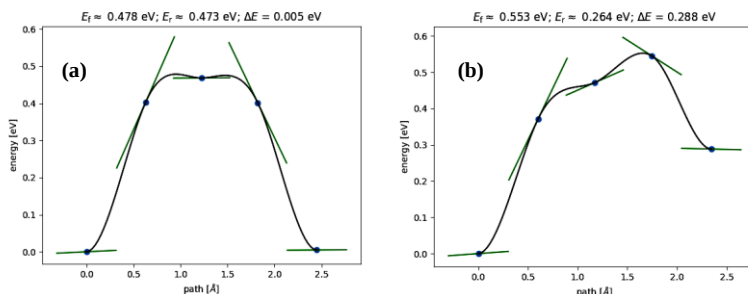


Fig. 1 密度汎関数(DFT)により算出した BCC 鉄中における空孔の移動エネルギー(a)V without Al (b) V with Al

*Naoyuki Hashimoto¹, Kodai Toyota¹, Yixiang Tang¹, Kan Sakamoto², Shinichiro Yamashita³

¹Hokkaido Univ., ²NFD, ³JAEA