

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 (2)

(4) 照射挙動評価

R&D of advanced stainless steels for BWR fuel claddings (2)

(4) Evaluation of irradiation behavior

*橋本 直幸¹, 豊田 晃大², 坂本 寛³, 平井 睦³, 山下 真一郎⁴¹北海道大学工学研究院, ²北海道大学工学院, ³日本核燃料開発, ⁴日本原子力研究開発機構

BWR 装荷を目標とした、事故耐性の高い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: 事故耐性, シビアアクシデント, 照射損傷, キャビティ, スウェリング

【緒言】 改良ステンレス鋼燃料被覆管の耐照射性の評価には実験炉での中性子照射実験が最善であるが、イオン加速器や超高压電子顕微鏡を用いた模擬照射実験により照射損傷の基礎データを事前に取得することは、後の中性子照射実験で得られる情報を正確に解釈するために重要なステップである。本研究では、イオン照射実験と微細組織構造解析により、加工熱処理を施した FeCrAl-ODS 鋼板材の耐照射性を精査した。

【実験方法】 改良ステンレス鋼 (Fe-12Cr-6Al-0.5Ti-0.4Zr-0.24Ex. O-0.0.5Y₂O₃) を 1100°C で押出加工した試料 (NF3: 押出材) 及びその後冷間圧延と中間焼鈍 (1150°C) で再結晶化させた試料 (NF8: 再結晶材) を用意し、Fe+イオンによるシミュレーション照射試験を実施した。照射試験は原子力機構 (高崎) の TIARA 及び京都大学の DuET を用いて、照射温度 300°C で最大照射量 3dpa まで照射した。照射前後の微細組織を 200keV の汎用電子顕微鏡により精査した。

【結果と考察】 照射前後において酸化物粒子の数密度やサイズに変化は観られなかった。また、照射によって格子間原子型転位ループの形成が観られ、その数密度は照射とともに増加するが、ループ形成・成長挙動に試料間の差異は認められない。一方、キャビティ形成挙動について、押出まま材におけるキャビティの数密度は転位ループのそれと同程度であるのに対し、再結晶材ではより高数密度かつ大きなサイズのキャビティが形成した (図 1)。この結果は、押出後の焼鈍条件が照射後のスウェリングに大きな影響を与えることを示唆している。

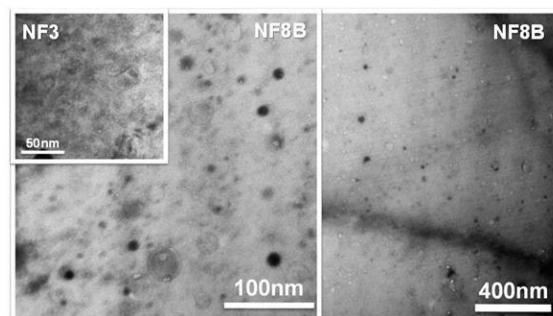


図1 300°Cで3dpa までFe+イオン照射したNF3および1dpa までFe+イオン照射したNF8のキャビティ分布

【まとめ】 1100°C 押出材 2 試料に対し Fe+イオン照射し、転位ループの形成および成長挙動に及ぼす押出後熱処理の影響を精査した結果、供試材中に形成した転位ループ密度はある程度まで増加した後飽和することが分かった。一方、キャビティについては、再結晶材で顕著なキャビティの形成及び成長が観られたことから、押出後の焼鈍条件によってはスウェリングが懸念されることが判明した。

本研究発表は、経済産業省資源エネルギー庁の平成 28 年度発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業 (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。

*Naoyuki Hashimoto¹, Kodai Toyota², Kan Sakamoto³, Mutsumi Hirai³, and Shin-ichiro Yamashita⁴

¹Faculty of Engineering, Hokkaido Univ., ²Graduate School of Engineering, Hokkaido Univ., ³NFD, ⁴JAEA