

金属被膜ジルコニウム合金型事故耐性燃料の開発

(2) 材料開発と照射特性

Development of Metal-Coated Zircaloy for Accident Tolerant Fuel

(2) Materials Development and Radiation Effects

*叶野 翔¹, 村上 健太^{1,2}, 楊 会龍¹, 高鍋 和広¹, 中山 哲¹, 陳 迎³, 山口 正剛⁴,
篠原 靖周⁵, 小方 宏一⁵, 阿部 弘亨¹

¹東京大学, ²長岡技術科学大学, ³東北大学, ⁴JAEA, ⁵NDC

抄録

Cr 被膜付き ATF 材料の耐照射特性を明らかにすることを目的とし、拡散接合法によって板状の純 Cr 被膜付きの Zry4 を作製した。その後、320 keV-He を室温にて~0.5 dpa 照射し、照射前後での試料表面の微細組織特徴ならびに超微小硬さを評価した。

キーワード: 事故耐性燃料, 照射損傷, イオン照射

本研究グループでは、原子力システム研究開発事業において「金属被覆ジルコニウム合金型事故耐性燃料の開発」を実施している。本事業では、短期的に最も実現性が高いとされる金属被覆ジルカロイ合金に着目し、その開発指針の構築と最適な材料の開発を研究目的としている。ここで、基材は実用材であることから照射や腐食環境下における材料レスポンスに関わる十分な知見を有しているが、一方で、金属被覆に関する知見は皆無である。そこで、金属被覆/基材界面における現象を対象とし、科学的合理性および説明性の高い材料開発指針を構築すべく、実験と計算科学の双方からの研究アプローチを展開している。その中で、本発表では、当該材料の材料開発ならびに供試材への He イオン照射の結果について報告する。

出発材料としてニラコ社製の板状のジルカロイ 4 (Zry4) ならびに純クロム (Cr) を使用した。これらの材料を短冊状に加工し、試料表面を鏡面研磨し、980-1050°Cの温度範囲にて拡散接合法により板状の金属皮膜付き Zry4 を作製した。なお、ここでは、中間層としてステンレス箔 (SUS) を導入し、各金属母相間での密な接合界面を形成した。その後、長岡技術科学大学所有の静電加速器にて、室温にて 320 KeV-He⁺ を 16 ks 照射した。当該照射におけるダメージピーク部の損傷速度は~3x10⁻⁵ dpa/s であり、また、イオン飛程部における He の注入量は~1.5 at.% と見積もられた。照射後試料は、表面の SEM-EDS 観察と超微小硬さ試験を実施し、各相の照射下における材料レスポンスを評価した。

SEM-EDS 観察結果より、Zry4/Cr 界面付近において幾つかの反応相 (Zr リッチ固溶体、Zr₂(Fe, Cr, Ni) 等) を確認し、これらの照射前後の化学組成変化は確認されなかった。超微小硬さ試験結果からは、Cr、SUS 相において~1 GPa 程度の照射硬化が確認されたものの、反応相、ならびに、Zry4 における有意な照射硬化の様相は確認されなかった。また、特筆すべき点として、照射領域において Zry4/Cr 界面に沿った微小割れの形成を確認した。Zr₂(Fe, Cr, Ni) 等のラーベス層については、照射により非晶質化することが知られており、非晶質化に伴う体積膨張を考慮すると、反応相付近で 2-8 %程度の圧縮ひずみが負荷されていると見積もられ、ラーベス層の照射誘起非晶質化による圧縮負荷が微小割れの発生要因である可能性が示唆された。

謝辞 本研究は文部科学省原子力システム研究開発事業 JPMXD02 20354500 の助成を受けたものです。

*Sho Kano¹, Kenta Murakami^{1,2}, Huilong Yang¹, Kazuhiro Takanabe¹, Akira Nakayama¹, Ying Chen³, Masataka Yamaguchi⁴, Yasunari Shinohara⁵, Koichi Ogata⁵ and Hiroaki Abe¹

¹U-Tokyo, ²Nagaoka Univ. Tech., ³Tohoku Univ., ⁴JAEA, ⁵NDC