ジルカロイ2のイオン照射による微細組織変化と水素の相互作用

Interaction between Microstructural Change by Ion Irradiation

and Hydrogen in Zircaloy-2

*税田 淑貴¹,高橋 克仁¹,渡邊 英雄² ¹九州大学 総合理工学府,²九州大学 応用力学研究所

BWR 燃料被覆管に使用されるジルカロイ 2 の劣化メカニズム解明のため、イオン照射による材料内部微細 組織変化とそれに伴う水素吸収への影響を評価した.

キーワード:ジルカロイ2、イオン照射、微細組織変化、水素

1. 緒言

BWR 燃料被覆管に使用されるジルカロイ 2 中には $Zr(Fe,Cr)_2 \ge Zr_2(Fe,Ni)$ の 2 種類の析出物が存在する が,照射環境下では中性子照射によってこの 2 種類の析出物中から Fe が溶出する. このことが c 成分転位 ループの形成や水素の拡散,水素化物の形成に影響を及ぼすと推測されている. しかし,その詳細のメカニ ズムは解明されていない. そこで,本研究では低照射領域から c 成分転位ループ形成が確認される高照射領 域まで Ni³⁺イオン照射を行い,STEM-EDS(Scanning Transmission Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray Spectrometry)分析により析出物の溶出挙動を考察した. また,Ni³⁺イオン照射並びに D⁺ イオン照射により欠陥並びに水素を導入し,昇温脱離ガス分析(TDS: Thermal Desorption Spectrometry) により水素の吸収特性を考察した.

2. 実験方法

TEM 観察用試料はジルカロイ 2 の板材を厚さ 0.15mm まで研磨して, 直径 3mm に打ち抜いて作製した. TDS 用試料はジルカロイ 2 の板材を圧延し, 熱処理(630℃, 2 時間, 真空焼鈍)して試料を作製した. どち らも試料表面が c 面になるように作製した. TEM 観察用試料には 3.2MeV の Ni³⁺イオンを照射温度 400℃ で 0~50dpa 照射した. 照射後の試料を FIB(Focused Ion Beam)により薄膜化し TEM により内部観察して STEM-EDS 元素マッピングをもとに分析を行った. TDS 用試料には Ni³⁺イオン照射並びに D⁺イオン照射 をした後, TDS(昇温速度 1℃/s, RT~約 1000℃)を行った.

結果と考察

図1にSTEM-EDS 元素マッピング解析から得た2種類の析出物中の Fe/(Fe+Cr)比および Fe/(Fe+Ni)比を EDS 強度比で示す.図1から,照射に伴う析出物中からの Fe の溶出は主に Zr(Fe,Cr)₂から起こることが わかる. c 成分転位ループは 23dpa 付近から形成されるため,本研究から照射による Zr(Fe,Cr)₂からの Fe の溶出が c 成分転位ループ形成の促進に起因することが明らかになった.図2(a)(b)にジルカロイ2のアニール材及び 25%圧延材に 5.0keV の D+イオンを室温にて 3×10^{21} /m²照射した後の TDS の分析結果を示す.図 2(b)から,冷間加工により転位を形成したことで低温領域(RT~300°C)と高温領域(500~800°C)の2 つの放出ピークが確認されたことから,転位形成が D₂の放出量に大きく影響すると考えられる.



*Yoshiki Saita¹, Katsuhito Takahashi¹ and Hideo Watanabe²

¹Interdisciplinary Graduate School of Engineering Sciences, Kyushu Univ.

²Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu Univ.