

事故時高温条件での燃料健全性確保のための ODS フェライト鋼燃料被覆管の研究開発(2)

(2) 高温加熱時の微細組織解析

R&D of fuel cladding of ODS ferritic steel for maintaining fuel integrity at accidental high temperature condition (2)

(2) Analysis of microstructure at high temperature

*大野 直子¹, 中村 顕¹, 鵜飼 重治¹, 皆藤 威二², 鳥丸 忠彦³, 木村 晃彦⁴, 林 重成⁵

¹北海道大学, ²原子力機構, ³日本核燃料開発, ⁴京都大学, ⁵東京工業大学

開発を行っている ODS フェライト-マルテンサイト鋼被覆管の過酷事故時の微細組織変化を予測する目的で、被覆管高温保持時の安定性を高温 TEM 観察から評価した。1000°C以上の高温において、11Cr-ODS 鋼の α - γ 変態は non-ODS 鋼のものよりも緩やかに進行した。

キーワード : ODS 鋼、燃料被覆管、高温、微細組織

1. 緒言

原子炉事故時において、燃料被覆管は 1000°C 以上の高温に保持される。このとき被覆管内部では転位回復、 α - γ 変態等の組織変化を経験することが予測される。微細組織の変化は被覆管の強度及び寸法変化の原因となるため、それら変化がどの程度の時間をかけて起きるかを把握することは重要である。本研究では、高速炉用 11Cr-ODS 鋼被覆管について、高温に加熱した際の微細組織変化の速さを、非 ODS 鋼の場合と比較して評価した。

2. 実験

供試材は 11Cr-ODS 鋼(Fe-11Cr-0.4Ni-0.13C-1.3W-0.3Ti-0.35Y₂O₃, 単位は wt. %)、比較材として非 ODS の 11Cr 鋼(PNC-FMS: Fe-11Cr-0.4Ni-0.12C-0.05N-0.05Si-2W-0.05Nb-0.5Mo-0.2V, 単位は wt. %)とした。これらの A_{c1} 点はいずれも 830°C 付近に存在する。実験にはフェライト組織(炉冷)及びフェライト-マルテンサイト組織(焼きならし→焼き戻し→空冷)を準備した。これら試料から、収束イオンビームを用いて TEM 観察用薄膜を作製した。作製した薄膜を TEM 鏡筒内で 1000°C まで加熱し、組織変化を観察した。

3. 結果・考察

図 1 に 850°C→900°C への温度上昇時における材料の組織変化を示す。PNC-FMS については、850°C への昇温 3 分以内で炭化物が消失し、その後の 900°C への温度上昇に伴って素早い界面移動が観察された。11Cr-ODS 鋼においては 900°C まで昇温しても界面の移動は殆ど観察されず、一部の結晶粒界が 10 分以上の時間をかけて緩やかに移動する様子が見られた。酸化粒子の存在は α - γ の界面移動を著しく抑制する方向に働いていると言える。※本研究は、文部科学省原子力システム研究開発事業による委託業務「事故時高温条件での燃料健全性確保のための ODS フェライト鋼燃料被覆管の研究開発」(平成 25-27 年度)の成果である。

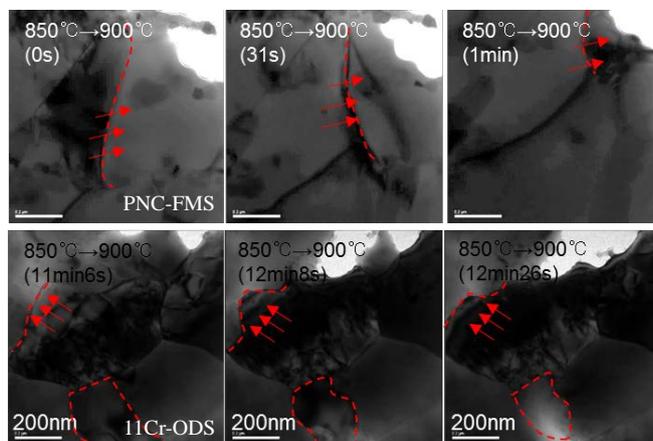


図 1 上段: PNC-FMS 下段: 11Cr-ODS の 900°C における微細組織の時間変化