

ジルカロイ-4被覆管の照射成長に及ぼす製造条件の影響

Effect of fabrication condition on irradiation growth of Zircaloy-4 cladding tube

*垣内 一雄¹, 天谷 政樹¹

¹ 日本原子力研究開発機構 (JAEA)

ジルカロイ-4 被覆管から採取した試験片をハルデン炉で照射し、照射成長挙動に及ぼす被覆管製造時の最終熱処理条件及び Q 値の影響を調べた。冷間加工材及び応力除去材に比べ再結晶焼鈍材の照射成長量は小さく、また照射成長挙動に及ぼす Q 値の影響は顕著でなかった。

キーワード: PWR、ジルカロイ-4、被覆管、照射成長、製造条件、熱処理条件、Q 値

1. 緒言

原子力機構安全研究センターでは、原子力規制庁からの委託事業として、PWR 燃料集合体の長期使用時の寸法安定性を把握するために改良ジルコニウム合金を含む種々の PWR 用燃料被覆管材料を対象とした照射成長試験をノルウェー・ハルデン炉にて実施してきた。本発表ではまず、従来材であるジルカロイ-4 (Zry-4) 被覆管について、製造時最終熱処理条件及び加工度の指標である Q 値の影響を評価した。

2. 試験条件

製造時の最終熱処理条件として、冷間加工 (CW)、応力除去焼鈍 (SR)、及び再結晶焼鈍 (RX) の 3 種類、並びに被覆管製造時の Q 値 (圧延時の肉厚減少率と直径減少率の比) として 2 及び 4 の 2 種類の Zry-4 被覆管を作製し、これらから被覆管の軸方向を長手方向としたクーポン状の試験片を切断採取して本照射試験に供した。採取した試験片は 2 種類の照射リグに装荷し、それぞれハルデン炉に設置された水ループ (冷却材圧力 15.5MPa) 内で 573 及び 593K の加圧水型軽水炉 (PWR) 模擬水化学条件下で高速中性子照射量約 8×10^{25} ($1/\text{m}^2$, $E > 1\text{MeV}$) まで照射した。なお、照射リグの周囲にはプースター燃料を配置して PWR の高速中性子フラックスの再現を図った。また、照射成長量の評価値に対し試験片長さの影響を把握するため、573K の冷却材温度条件では長さ 50mm 及び 100mm の 2 種類の試験片を照射した。本照射試験期間中には定期的に照射リグから試験片を取出してその長さを測定し、照射前の試験片長さを基準として照射成長量を評価した。

3. 結果及び考察

573K における照射成長量の測定結果を右図に示す。なお、測定値に及ぼす試験片長さの影響は明確に認められなかった。

図から分かるように、RX 材の照射成長量は CW 材及び SR 材に比べて小さい傾向が認められた。また、RX 材は、約 5×10^{25} ($1/\text{m}^2$, $E > 1\text{MeV}$) 近傍から照射成長が加速する傾向が認められた。Zry-2(RX) [1]における分析結果を考慮すると、この傾向は Zry-4 マトリクス内に形成される照射欠陥の形態変化に起因するものと考えられる。一方、Q 値の影響は顕著に認められなかった。これは、高速中性子照射に伴い Zr 結晶の a 軸方向と c 軸方向に蓄積される照射欠陥の性状が異なり前者はマトリクスの体積を膨張させる方向、後者は収縮させる方向に働くこと、及び被覆管は一般に Zr 結晶の c 軸が肉厚方向に配向するよう製造されておりこの配向の程度は Q 値により変化するものの被覆管の長手方向に a 軸方向が、肉厚方向に c 軸方向が向く基本的な関係は変化しないことに起因すると考えられる。

本研究は原子力規制庁の平成 30 年度原子力施設等防災対策等委託費 (燃料設計審査分野の規制研究) 事業として行われたものである。

参考文献

[1] V. Fidleris, "THE IRRADIATION CREEP AND GROWTH PHENOMENA," J. Nucl. Mater. 159, 22-42 (1988).

*Kazuo Kakiuchi¹ and Masaki Amaya¹

¹ Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

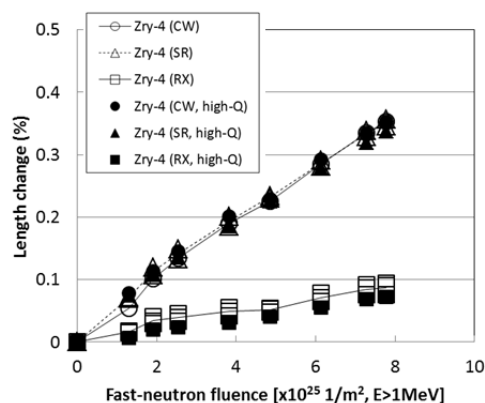


図 照射温度 573K における照射成長量測定結果