

ジルカロイ 2 被覆管の水蒸気酸化に及ぼす内圧の影響

Effect of Internal Pressure on Oxidation of Zircaloy-2 Cladding Tube under Steam

*井岡郁夫¹, 加藤 仁¹, 小河浩晃¹, 逢坂 正彦¹

¹原子力機構

使用済み燃料プール (SFP) の冷却機能が喪失した場合、燃料ピンは初期封入ガスと FP ガスによる内圧が負荷された状態で水蒸気や空気に曝される。そこで、高温水蒸気下でジルカロイ 2 の酸化挙動に及ぼす内圧の影響について調べた。

キーワード：ジルカロイ 2、水蒸気酸化、内圧、使用済み燃料プール

1. 緒言 SFP の冷却機能が喪失した場合、崩壊熱を有する使用済み燃料ピンは初期封入 He ガスと運転中に発生した FP ガスを内包した状態で水蒸気や空気に曝される。この時、被覆管は内圧によりバーストするまで、内圧による引張応力下で酸化される。ジルカロイ及び生成した酸化皮膜の応力状態は、被覆管の酸化挙動に影響を及ぼすものと考えられる。ジルカロイの酸化挙動に及ぼす内圧の影響に関する報告はほとんど無いが、関連事象として低酸素分圧下でのクリープ試験後の酸化皮膜の測定により、負荷応力と酸化皮膜の厚さに明確な相関が得られなかったことが報告されている[1]。そこで、高温水蒸気環境下で内圧をパラメータにしたジルカロイ 2 の酸化試験を行い、ジルカロイ 2 被覆管の酸化挙動に及ぼす内圧の影響を調べ、酸化に及ぼす応力の影響を明らかにすることにより、様々な条件下でのジルカロイの酸化機構の解明に寄与できる基礎データを取得する。

2. 実験 酸化試験は、前報[2]で用いた被覆管酸化試験装置により、Ar 0.5 L/min をキャリアガスとして飽和水蒸気中で実施した。試験体は長さ 500mm のジルカロイ 2 被覆管で試験装置内に垂直に設置し、試験体の中央部 200mm を内部ヒータにより加熱した。試験体外側の圧力は大気圧とし、内側に He を充填して内圧 0 MPa～1.1 MPa (ゲージ圧) で試験を実施した。試験条件は、SFP 事故時の自然循環冷却条件を想定して温度 600 °C (試験体中央外表面)、試験時間 220 h とした。試験中は、被覆管表面温度、表面状態、水素発生量を測定した。試験後は、外表面観察 (皮膜の割れ状態)、皮膜厚さ (断面観察)、皮膜分析を行った。

3. 結論 ジルコニウム-水蒸気反応に伴い発生した水素量の時間変化は、試験初期に急増しピークを示した後、100 ppm 程度に低下した。内圧負荷による水素発生挙動に、大きな違いは認められなかった。

図 1 に試験後の被覆管表面の割れ状態を示す。内圧負荷により割れの状態は細くなり、割れ密度の増加と割れ開口幅の低下傾向が認められた。図 2 に、

内圧を負荷した試験体の試験後の周方向の酸化皮膜厚さを示す。皮膜厚さは内圧負荷の場合、内圧が無い場合と比べて半分程度であり、ジルカロイ 2 被覆管の高温水蒸気環境下での酸化挙動は、内圧により発生する引張応力に影響されることが分かった。今後、データを拡充し、酸化抑制のメカニズムを検討する。

参考文献

- [1] G.Moulin et al., J Nucl. Mater. 362(2007)309.
[2]井岡ら、日本原子力学会「2015 年春の年会」、E14(2015).

*Ikuo Ioka¹, Hitoshi Kato¹, Hiroaki Ogawa¹ and Masahiko Osaka¹
¹Japan Atomic Energy Agency

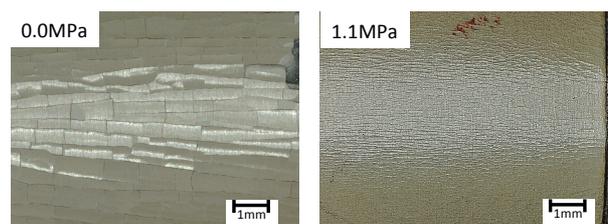


図 1 試験後の被覆管表面の割れ状態

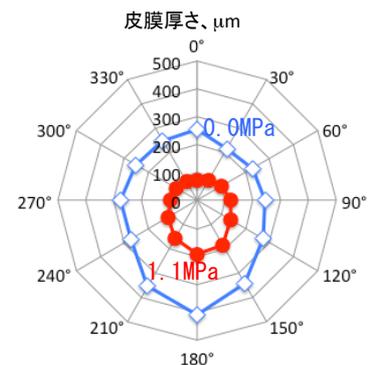


図 2 周方向の酸化皮膜厚さ