

Title	原子炉燃料被覆管材料の応力腐食割れとその信頼性寿命評価
Author(s)	平尾, 桂一
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3075245
DOI	10.11501/3075245
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名 平 尾 桂 一

博士の専攻分野の名称 博士(工学)

学位記番号 第 11135 号

学位授与年月日 平成6年2月28日

学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当

学位論文名 原子炉燃料被覆管材料の応力腐食割れとその信頼性寿命評価

論文審査委員 (主査)
教授 山根 壽己

教授 永井 宏 教授 柴田 俊夫 教授 向井 喜彦

論文内容の要旨

本論文は、応力腐食割れ（以下、SCC）は曖昧な現象が時間に依存しないか、あるいは時間に依存する現象であるとの観点に基づき、燃料被覆管の SCC 現象を極値確率統計的及び確率過程論的に解析し、その信頼性寿命を評価するとともに原子炉環境下における燃料被覆管の複合劣化要因を検討することを目的としている。

第1章は、序論として本研究の背景（原子炉環境、SCC 試験法、確率及び統計的解析の歴史など）及び目的について述べている。

第2章は、一つの極値確率統計分布そのもので種々の分布を記述できるワイブル分布を用いてジルカロイ-4の定荷重 SCC 破断寿命を整理し、得られたパラメータの応力依存性とそれらの破断面との統計的な関係を明らかにしている。

第3章は、検出感度が高く、解析方法の確立されている内部摩擦法で SCC 初期過程における材料の内部変化を調べ、SCC が孔食発生・成長する箇所から生じ、孔食から割れが発生するのに要する時間 t_c を確認している。極値統計論的モデルは最弱箇所が変化しない(時間的効果を含んでいない)と仮定されているので、SCC 現象の経時変化を調べる場合、従来の極値確率統計分布はそのまま適用できないことを示唆している。

第4章は、定歪法によってヨウ素溶解中のジルコニウムの SCC 感受性における H₂O 添加の効果を調べ、SCC 寿命評価に破壊力学手法を用い、定歪 SCC 試験中に生じた割れによって与える歪が緩和される欠点を軽減している。この方法を用いて極微量の H₂O 添加で SCC が加速されることを明らかにしている。

第5章と6章は、SCC 現象の経時変化を確率過程論的あるいは確率過程論的に極値確率統計モデルで解析するために、ワイブル分布を用いる極値確率統計的解析法を確率過程論的モデルとして取り扱うことを検討している。そのために、統計論と確率過程論との関係を明らかにし、SCC 試験中に最弱箇所の故障確率が時間的に現象に適用できる確率過程論的モデルを提案している。このモデルを定荷重と SSTR 法による SCC 試験に適用し、SCC 現象の経時変化を確率過程論的に解明している。

第7章は、燃料被覆管材料の SCC の環境因子で、原子炉環境特有の照射、冷却材及び核分裂生成物の3つの因子に着目し、環境3因子のうち2つの因子の組み合わせによる照射誘起 SCC、水素誘起 SCC 現象や3因子の重畳による原子炉環境下での SCC 現象について検討している。ジルコニウムとジルカロイ-4の照射誘起 SCC は 10^{20} n/cm^2 程度の照射量で生じるが、316型ステンレス鋼溶接継手では認められない。ジルコニウムに水素を添加すると、水素

誘起 SCC が生じることを明らかにしている。3 因子の重畳による SCC 現象ではさらに大きな値になっていることを明らかにしている。

第 8 章は、以上を総括している。

論文審査の結果の要旨

軽水炉燃料被覆管であるジルカロイの応力腐食割れは原子炉の安全性の上で最も重要な問題である。本論文は燃料被覆管の応力腐食割れを確率統計的に評価したもので得られた主な成果は次の通りである。

- (1) ジルカロイの定荷重応力腐食割れ寿命をワイブル分布を用いて整理し、得られたワイブル分布パラメーターの応力依存性と破断面の形態依存性を明らかにしている。
- (2) 検出感度の高い内部摩擦測定で応力腐食割れ初期を検出し、応力腐食割れは孔食から発生し、成長することを明らかにしている。
- (3) 応力腐食割れ試験中に最弱箇所故障確率が時間的に変化する時に適用できる確率モデルを提案し、このモデルを定荷重と低ひずみ速度試験法による応力腐食割れに適用している。かくして応力腐食割れの経時変化を確率論的に明らかにしている。

以上のように本論文はジルカロイの応力腐食割れの信頼性寿命を統計的に評価しており、材料工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。