

照射ステンレス鋼の粒界酸化挙動に及ぼす応力と溶存水素の影響

Effects of Stress and Dissolved Hydrogen on Grain Boundary Oxidation of Irradiated Stainless Steels

*福村 卓也¹, 三浦 照光¹, 藤井 克彦¹, 福谷 耕司¹, 橋内 裕寿²

¹原子力安全システム研究所, ²日本核燃料開発

中性子照射ステンレス鋼の粒界酸化挙動に及ぼす応力と溶存水素濃度 (DH) の影響を調べた。応力負荷は粒界酸化を促進させること、DH が 2.7~4.1ppm で変化しても粒界酸化に大きく影響しないことが分かった。

キーワード: 照射誘起応力腐食割れ、中性子照射、ステンレス鋼、粒界酸化、溶存水素濃度

1. 緒言

照射誘起応力腐食割れ (IASCC) の発生には、腐食に伴う照射ステンレス鋼の粒界酸化が関係していると考えられる。これまでに DH2.7ppm の PWR 模擬水中で照射ステンレス鋼の腐食試験を行い、未照射材では粒界酸化しないが、照射材では粒界に沿った優先酸化が生じること、粒界酸化は照射量が高いほど促進される傾向にあり、IASCC 発生しきい応力の照射量に対する傾向と類似することを報告した^[1,2]。本研究では、粒界酸化に及ぼす応力と DH の影響を調べ、これまでの結果^[1,2]と合わせ、IASCC と粒界酸化の関係を検討した。

2. 材料および試験

PWR で照射された 316 ステンレス鋼製のシングルチューブ (FTT) 材の照射量 17 dpa の部位から C リング試験片を、73 dpa の部位から短冊試験片を作製し、試験片の一面をバフ研磨した後、320°C、DH4.1ppm の PWR 模擬水中で 1002 時間の腐食試験を行った。なお、C リング試験片には最大 400 MPa の引張応力を負荷して試験した。また、19 dpa のバップルフォーマボルト (BFB) 材からも短冊試験片を作製して試験した。試験後、粒界部の断面を走査型透過電子顕微鏡とエネルギー分散型 X 線分析装置で調べた。

3. 結果と考察

断面観察の結果、全ての試験片で粒界に沿った優先酸化が認められた。粒界の酸化物は Cr リッチなスピネル型であり、酸化した粒界に沿って Fe の溶出による原子密度の低下が認められた。この観察結果は全ての試験片で共通し、前報^[1]の試験片とも共通した。応力や DH が異なっても同じ腐食機構であると考えられる。

粒界酸化長さ (粒界の酸化した部分の長さ) の比較を図に示す。照射量が高いほど粒界酸化が促進される傾向が DH4.1ppm でも認められた。17 dpaFTT 材では 0 MPa の部位と比べて 400 MPa の方が粒界酸化長さの最大値が大きく、応力による粒界酸化の促進が示唆された。また、17 dpaFTT 材の 0 MPa と前報^[1,2]の 19 dpaFTT 材と 22 dpaFTT 材では粒界酸化長さは大きく変わらず、73 dpa FTT 材についても DH4.1ppm と 2.7ppm で粒界酸化長さの最大値はほぼ同じであった。DH が 2.7~4.1ppm で変化しても粒界酸化に大きく影響しないことが示唆された。IASCC 発生しきい応力は DH の影響を受けるが、この影響は粒界酸化とは関係していない可能性が考えられる。また、BFB 材については、17 dpaFTT 材の 0 MPa と比べて粒界酸化長さが長い傾向が認められた。

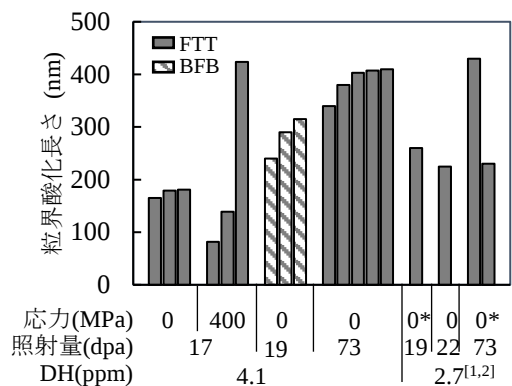


図 粒界酸化長さの比較

*試験の初期応力 (SCC 発生により試験中で変化)

参考文献

- [1] 福村卓也, 福谷耕司, 藤井克彦, 三浦照光, 橋内裕寿, 日本原子力学会 2017 年秋の大会予稿集, 1I18, 2017.
- [2] 西岡弘雅, 福谷耕司, 藤井克彦, 橋内裕寿, INSS JOURNAL Vol. 19 2012 NT-9.

*Takuya Fukumura¹, Terumitsu Miura¹, Katsuhiko Fujii¹, Koji Fukuya¹ and Yuji Kitsunai²

¹Institute of Nuclear Safety System, Incorporated, ²Nippon Nuclear Fuel Development Co., Ltd.