

# PWR 一次系模擬環境での照射ステンレス鋼の粒界酸化と IASCC 発生の関係

Relation between grain boundary oxidation and IASCC initiation of neutron-irradiated stainless steels

under simulated PWR primary water conditions

\*三浦 照光<sup>1</sup>, 藤井 克彦<sup>1</sup>, 福谷 耕司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>原子力安全システム研究所

超微小引張試験で測定した溶存水素濃度 (DH) 4.1 ppm 環境で酸化した粒界の破壊強度は 2.7 ppm 環境と比べて低く、高 DH 環境で照射誘起応力腐食割れ (IASCC) の発生しきい応力が低下する傾向と一致した。また、内層酸化膜の破壊強度は酸化した粒界の約 2 倍であった。酸化した粒界の破壊が起点となって IASCC が発生する機構が考えられた。

**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、超微小引張試験

## 1. 緒言

中性子照射ステンレス鋼が高温水中で腐食されると粒界部が選択的に酸化される (図 1) [1]。粒界の酸化は粒界割れである照射誘起応力腐食割れ (IASCC) の発生に関係していると考えられ、照射と水環境の変化に伴う粒界の酸化と破壊挙動の変化を把握することが IASCC 機構解明のために重要となる。本研究では、溶存水素濃度 (DH) の変化に伴う PWR 一次系模擬環境で酸化した照射ステンレス鋼の粒界の破壊強度の変化を超微小引張試験で調べ、IASCC 発生しきい応力との関係を検討した。また、内層酸化膜の破壊強度を調べて酸化した粒界と比較し、IASCC 機構を検討した。

## 2. 試験

320°C の DH 4.1 ppm と 2.7 ppm の PWR 一次系模擬環境で約 1,000 時間の腐食試験をした冷間加工 SUS316 ステンレス鋼の中性子照射材 (照射量 73 dpa) [1]を用いた。DH 4.1 ppm の試験材より酸化した粒界を、DH 2.7 ppm の試験材より内層酸化膜を含む 8×4×2 μm の引張試験片を集束イオンビーム (FIB) 加工で作製した。酸化した粒界あるいは内層酸化膜を試験片中央に応力軸に対して垂直に配し、試験片側面よりスリットを加工して試験片中央部の寸法を 0.3×2 μm とした。FIB-SEM 装置内で室温にて引張試験し、破面を SEM 観察して破壊挙動を調べた。

## 3. 結果

酸化した粒界を引張試験した結果、酸化した粒界で割れが生じて試験片が破断した。破断時の荷重を破面の断面積で除して求めた破断応力を図 2 に示す。DH が高いと酸化した粒界の破断応力は低下し、環境影響があることが確認された。酸化した粒界の破壊強度の DH 依存性は、IASCC 発生しきい応力に対する DH 依存性[3]と一致した。一方、内層酸化膜の破壊強度は酸化していないバルクの粒界と比べて小さかったが、酸化した粒界の破壊強度の約 2 倍であることが分かった。高温水中で照射ステンレス鋼に応力が加わると、破壊強度の低い酸化した粒界で割れが生じ、これが起点となり IASCC が発生する機構が考えられた。

## 参考文献

[1] 福村他, INSS JOURNAL, 27 (2020) NT-8. [2] T. Miura et al., Proc. 19<sup>th</sup> ENVDEG (2019). [3] K. Fujii et al., Proc. Fontevraud 7 (2010).

\*Terumitsu Miura<sup>1</sup>, Katsuhiko Fujii<sup>1</sup>, Koji Fukuya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nuclear Safety System

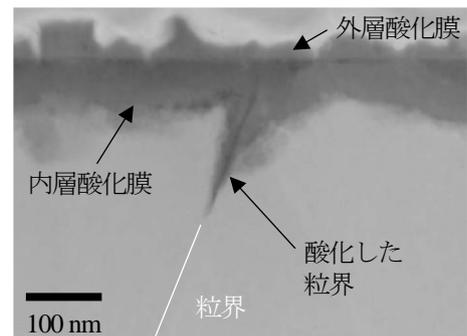


図 1 腐食試験後の照射ステンレス鋼の粒界部の断面 [1]

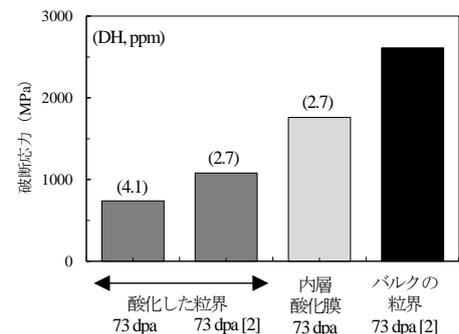


図 2 破断応力の比較