

照射ステンレス鋼の粒界部の引張破壊挙動

Tensile fracture behavior at grain boundary in neutron-irradiated stainless steels

*藤井 克彦, 三浦 照光, 福谷 耕司

原子力安全システム研究所

バッフルフォーマーボルト (BFB) 材とフラックスシンプルチューブ (FTT) 材の粒界部での引張破壊挙動を、集束イオンビーム加工装置内で行う超微小引張試験法で調べた。74dpa 照射 FTT 材で認められた粒界での破壊は、19dpa 照射 BFB 材では確認されなかった。

キーワード：中性子照射、ステンレス鋼、粒界破壊、照射誘起応力腐食割れ

1. 緒言

海外で発生事例のあるバッフルフォーマボルト (BFB) の照射誘起応力腐食割れ (IASCC) は重要な高経年化課題の一つである。IASCC の発生予測を目的に、IASCC 発生のしきい応力を求めるための照射ステンレス鋼の定荷重 SCC 試験が行われている。BFB 材では照射量 20dpa 程度までのデータしか取得できないため、より照射量の高い材料が入手可能な同じ冷間加工 SUS316 鋼のフラックスシンプルチューブ (FTT) 材が利用される。ただし、BFB 材に比べて FTT 材の IASCC 発生のしきい応力が低い傾向が認められているが、その原因はよくわかっていない。最近の理解では IASCC 発生のメカニズムとして照射に伴う材料の変形の局所化と粒界の破壊強度の低下が重要である。そこで、BFB 材と FTT 材の IASCC 挙動を理解するため、これら照射材の粒界部での引張破壊挙動を、集束イオンビーム加工装置 (FIB) 内で行う超微小引張試験法で調べた。

2. 方法

19dpa 照射された BFB 材と 17dpa 照射された FTT 材からランダム粒界を含む 20 μm 程度の大きさの微小試験片を日本核燃料開発のホットラボで採取し、日本原子力研究開発機構のふげんラボに輸送した。FIB/SEM (HITACHI NB5000) を用いて、微小試験片から粒界面の法線方向と応力軸が一致するように超微小引張試験片 (8 \times 4 \times 2 μm) を加工した後、粒界部の面積を減らすようにスリットを導入した。試験前の粒界部の大きさは 0.4 \times 2 μm である。ひずみ速度換算で 1×10^{-3} 程度の速度、室温で FIB/SEM 内で引張試験を行った。試験後、破面を SEM 観察して破壊形態を調べた。

3. 結論

図 1 に 19dpa 照射 BFB 材の超微小引張試験片の SEM 像を示した。左がたわみから荷重を評価する両持ち Si マイクロ梁であり、右が変位を与えるマイクロプローブである。破断時の荷重は 576 μN であり、試験前の粒界部の断面積を用いて応力を計算すると 1045MPa であった。また、粒界部の伸びと関係するスリット幅の変化は画像の 1 ピクセル、0.03 μm であり、ほとんど伸びずに粒界部が破断したことを示唆した。図 2 に破面を SEM で観察した結果を示した。比較的平坦な部分と延性的な部分とが混在して観察された。しかし、74dpa 照射された FTT 材の粒界部を同様な試験で破断したときに観察された粒界に沿った破壊ではなかった。発表では、17dpa 照射 FTT 材の試験結果も合わせて、照射ステンレス鋼の粒界部での引張破壊挙動を報告する。

*Katsuhiko Fujii, Terumitsu Miura and Koji Fukuya
Institute of Nuclear Safety System, Inc.

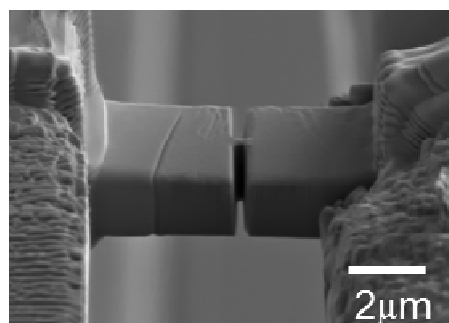


図 1 超微小引張試験片

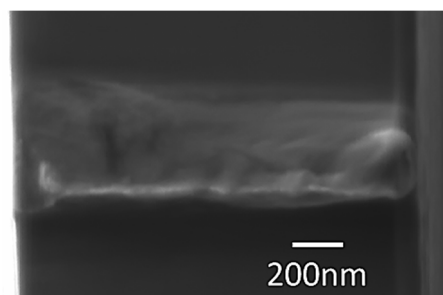


図 2 破面の SEM 像