

国内 PWR プラントの原子炉圧力容器廃炉材の照射脆化挙動の評価

(2) 硬さ及び転位ループ形成状況の評価

Evaluation of irradiation embrittlement of a harvested reactor pressure vessel material from a domestic PWR plant

(2) Investigation of hardness and dislocation loop formation

*三浦 照光, 大厩 徹, 藤井 克彦, 福谷 耕司

原子力安全システム研究所

国内 PWR プラントの原子炉圧力容器廃炉材 (A533B Cl.1、Cu 含有量 0.12%、照射量 2.9×10^{19} n/cm²) について硬さ試験と TEM 観察を実施し、20~30HV の照射硬化と平均直径 4.6 nm、数密度 8×10^{20} m⁻³ の転位ループの形成を確認した。廃炉材の転位ループの形成状況を国内 PWR 監視試験片と比較した結果、同程度であることを確認した。

キーワード: 原子炉圧力容器、照射脆化、廃炉材、硬さ試験、転位ループ

1. 緒言

監視試験片を用いた原子炉圧力容器の照射脆化管理の妥当性を確認するためには、照射脆化の原因となるマイクロ組織変化を実機原子炉圧力容器 (RPV) について調べ、監視試験片のデータと比較し、現状知見の妥当性を確認することが重要になる。前報では、国内 PWR の RPV 胴部内表面から採取された廃炉材について、3次元アトムプローブ測定により溶質原子クラスタの形成状況を調べた。本報告では、同廃炉材について板厚方向に硬さ試験を実施するとともに透過型電子顕微鏡 (TEM) 観察により溶質原子クラスタ以外の脆化因子の形成を調べた。

2. 試験

廃炉材 (A533B Cl.1、Cu 含有量 0.12%、照射量 2.9×10^{19} n/cm²) について、内表面からクラッド/母材溶融境界 (以下、溶融境界) を含む板厚方向 20 mm の範囲を、荷重 1 kg、保持時間 15 秒でビッカース硬さ試験した。また、溶融境界から 10 mm 離れた母材側から $\phi 1$ mm のディスク試料を採取し、エタノール過塩素酸溶液中のツイングジェット電解研磨によりマイクロ組織観察用の薄膜を作製した。TEM (日本電子製 JEM2010-F) を用いて、加速電圧 200kV および電子線入射方位 $\langle 011 \rangle$ にて、逆格子ベクトル g を変えて二波励起の明視野像と暗視野像ならびにウィークビーム暗視野像を観察した。

3. 結果

廃炉材の硬さは、母材で平均 222 ± 8 HV であり、溶融境界付近では溶接熱影響により 271HV まで増加したが、溶融境界から 4 mm 以上離れた母材側では一定値を示した。類似の A533B 鋼の未照射材の硬さ[1]と比較すると、照射硬化量は 20~30HV であった。廃炉材の TEM 観察では転位および転位ループが確認され、これ以外の特異な組織は認められなかった。観察された 11 個の転位ループの平均直径は 4.6 nm、数密度は 8×10^{20} m⁻³ であった。国内監視試験片での転位ループの観察結果[2,3]との比較を図に示す。監視試験片に比べて廃炉材では直径が大きく、数密度が低い傾向が認められ、中性子束効果が示唆されるが、転位ループの形成状況は国内 PWR 監視試験片と同程度であることが確認された。

参考文献 [1] 福谷他, INSS MONOGRAPH No.1 2001. [2] T. Oumaya et al., Fontevraud 10.

[3] 九州電力, 川内原子力発電所の運転期間延長の検証に関する分科会, 第 8 回分科会資料.

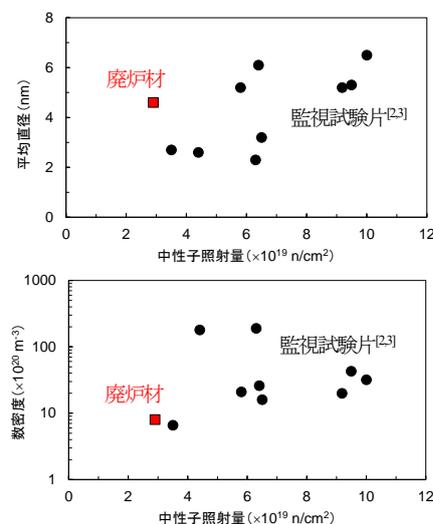


図 転位ループの平均直径と数密度の国内 PWR 監視試験片との比較

*Terumitsu Miura, Toru Oumaya, Katsuhiko Fujii, Koji Fukuya