

国内 PWR 比較標準材の硬さおよびマイクロ組織評価

Hardness and microstructure evaluation of Japanese PWR standard reference materials

小林 知裕¹, *野本 明義¹, 西田 憲二¹

¹電力中央研究所

複数の PWR プラントの原子炉容器で照射された国内 PWR 比較標準材の硬さ測定およびマイクロ組織観察を行った。その結果、鋼材中に形成された溶質原子クラスター体積率の平方根と脆化量の間には、これまでの監視試験片と同様に、照射条件の違いによらず直線関係が認められることがわかった。

キーワード：原子炉圧力容器鋼，照射脆化，マイクロ組織変化

1. 緒言

国内 PWR プラントの一部では監視試験片に加え，国内 PWR 比較標準材（以下，標準材）と呼ばれる銅を 0.09wt.%含む共通の鋼材が原子炉容器に装荷され，監視試験時にシャルピー衝撃試験が実施されている。これら複数のプラントで照射された標準材を詳細に調査することで，照射脆化へ及ぼす照射条件の影響の有無を評価することができる。本研究では，標準材を対象に，硬さ試験とマイクロ組織観察を行い脆化挙動の調査を行った。

2. 実験

国内の PWR プラントで 7 つの異なる条件で照射された標準材を調査した。照射量は $0.8 \sim 10 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$ ($E > 1 \text{ MeV}$)，中性子束は $9 \sim 20 \times 10^{10} \text{ n/(cm}^2\text{s)}$ ($E > 1 \text{ MeV}$)，照射温度は $283 \sim 289^\circ\text{C}$ の範囲である。硬さはビッカース硬さ試験にて測定した。また，照射による硬さの変化を見積もるために 550°C で 30 分の照射後焼鈍（PIA）を施した材料の硬さも測定した。マイクロ組織変化はアトムプローブトモグラフィー（APT）と TEM を用いて評価した。

3. 結論

PIA 後の標準材の硬さは 200～206HV1 と未照射材の硬さ 206HV1 とほぼ等しい値を示し，PIA 後の硬さを未照射の標準材の硬さと同等と見なせることが確認された。照射材と PIA 材の硬さの差から評価した硬化量と別途実施したシャルピー衝撃試験で得られた脆化量 (ΔT_{41J}) との間には直線関係が認められ，標準材が硬化型の脆化を呈することが示された。中性子照射により鋼材中に形成された溶質原子クラスターは平均直径 2.5nm～3.4nm，数密度は $1 \times 10^{23} \text{ m}^{-3} \sim 3 \times 10^{23} \text{ m}^{-3}$ の範囲であった。これまでの監視試験片の APT 分析結果から，クラスター体積率の平方根と脆化量の間には直線関係が認められることが知られているが，標準材においてもプラントが異なることによる照射条件の違いによらず両者の間に直線関係が認められた（右図）。発表ではクラスター形成の詳細分析結果等についても述べる。

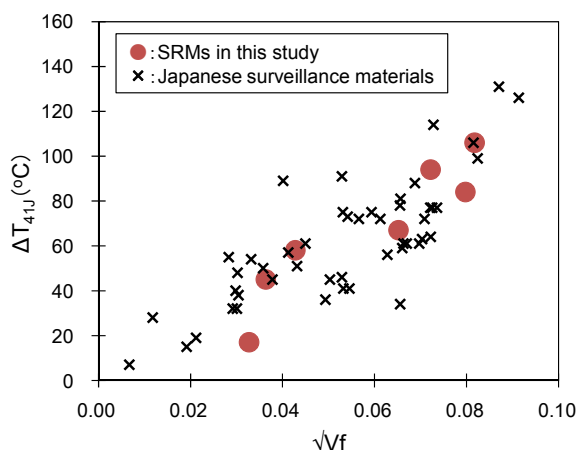


図 脆化量とクラスター体積率 V_f の関係

参考文献

省略

Tomohiro Kobayashi¹, *Akiyoshi Nomoto¹ and Kenji Nishida¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry