

荷電粒子照射と放射光分光を用いた原子炉用鉄鋼材料の放射線劣化評価

Study on Radiation Damage in Reactor Pressure Vessel Steels by Using Charged Particle Irradiation and X-ray Absorption Spectroscopy

岩瀬彰宏

Akihiro IWASE

大阪府立大学

(概要)

高経年化した原子炉の压力容器鋼中に照射促進偏析現象によって生ずる微細析出物は、転位の障害物として作用し、压力容器鋼の硬化、脆化をもたらす。本研究は、原子炉内における照射を短時間で模擬することのできる高エネルギーイオン照射によって生じた添加元素の微細析出物の構造や成長過程を、放射光を用いた広域 X 線吸収微細構造法 (EXAFS) によって評価しようとするものであり、高経年化原子炉压力容器鋼の脆化評価に対して、重要な知見をもたらすものである。

キーワード：原子炉压力容器鋼、照射促進偏析、微細析出物、EXAFS、ビッカース硬度

1. 目的

原子炉圧力鋼のモデル合金である鉄銅希薄合金、および、A533B 合金を実機に近い温度 (250℃) において高エネルギーイオン照射し、照射による表面の硬度変化と EXAFS スペクトル変化を測定して、照射促進偏析による銅やマンガンなど添加元素の析出挙動を調べる。

2. 実施方法

溶体化処理した鉄銅合金、および A533B 合金を TA ビームラインの中エネルギー重イオン照射チェンバー中で 250℃ に保った状態で、16MeV の金イオンを照射した。比較のため、室温における照射も行った。照射量は、 10^{13} – 5×10^{14} /cm² である。照射後、表面硬度をマイクロビッカース計で評価した。また、銅原子周辺、マンガン原子周辺の原子配列状態を調べるため、高エネルギー加速器研究機構の放射光施設の 27B ビームラインにおいて EXAFS 測定を行った。

3. 結果及び考察、今後の展開等

250℃ おいて照射した鉄同合金試料における表面硬度は、室温において照射した試料の硬度に比べてはるかに大きく増加した。室温における硬度増加は照射欠陥によるものと考えられる。それに対して、250℃ 照射では、照射促進偏析による銅の微細析出物ができたため、より転位が動きにくくなって大きな硬度増加が起こったものと考えられる。また、700℃ における時効実験による硬度変化とも比較したが、照射による硬度上昇は、時効による硬度上昇よりもはるかに短時間で起こった。

高温照射した鉄銅合金の銅の K 吸収端における EXAFS スペクトルを未照射試料と比較した結果、未照射試料では、銅原子が鉄の BCC 構造に囲まれているのに対し、照射試料の銅原子は FCC 構造の銅原子で囲まれていることが分かった。この現象は、電子線照射でも見られているが、イオン照射では、電子線照射に比べてはるかに低照射量でこの現象が発現した。また、A533B の高温照射によっても表面硬度は増加したが、マンガンの K 吸収端における EXAFS スペクトルの形状変化はほとんどなく、スペクトル強度の低下だけがみられた。これは、マンガン原子周辺の原子配列に乱れが生ずるものの、特定の結晶構造を持った析出は起こっていないことを示唆するものである。

4. 引用(参照)文献等

特になし