

炉材料の微細組織と強度に対する過酷事故時の熱影響について

(2) 照射を受けた炉心機器用オーステナイト鋼の焼鈍による微細組織変化

Effect of heating during the severe accident on the microstructure and the strength of LWR structural steels

(2) Change of microstructure of austenitic alloys for the core internals by ion-irradiation and annealing

*橋本 拓実¹、高橋 憲人¹、上田 隼¹、實川 資朗¹

1. 福島工業高等専門学校

イオン照射した 316 鋼の微細組織への焼きなましの影響を、透過電子顕微鏡観察により評価した。焼鈍により照射導入転位ループの大きさの増大と数密度の減少が生じた。焼鈍温度を上げるとキャビティの形成が見られた。

キーワード：福島第一原子力発電所，廃炉措置，軽水炉，微細組織，加熱

1. 緒言

316 鋼などの炉内機器材料では、中性子の照射損傷により導入された微細組織が、加熱により特徴的な変化を生じる。このことから、微細組織から福島第一原発の炉内機器などの事故時の温度及び残存強度推定の手がかりが得られると考えられる。そこで、微細組織変化と焼鈍(加熱)条件の関係を評価する。なお、TMI-2 では、微小試料の微細組織などから圧力容器の温度履歴及び破損マージンが推定された^[1,2]。

2. 実験方法

試料には 6mm×3mm×0.75mm の短冊状の 316 鋼(0.013C-0.47Si-17.4Cr-12.6Ni-1.55Mn-2.5Mo-0.025P-0.001S-0.1N-Fe, Kobelco 製)を用いた。試料を 1100℃で溶体化処理し、表面をバフ研磨、電解研磨(リン酸-硫酸-メタノール)にて仕上げ、量研機構の高崎研究所 TIARA 施設にて、10MeV³⁺の鉄イオンと、1MeV⁺のヘリウムイオンを照射した。照射温度は、主に 300℃とした。照射量は、主に鉄イオンによる弾き出し損傷量を 1dpa とし、ヘリウムイオンの量は、弾き出し損傷速度との関係で約 10appmHe/dpa とした。照射後、400℃以上で焼鈍し、FIB にて電顕試料を作製し、電顕観察した。併せて、硬さの変化を評価した。

3. 結果・考察

焼鈍による転位ループからなる微細組織の変化を図 1 に示す。400℃の焼鈍でも、保持時間が 10000s に達すると明瞭な変化が生じ、転位ループの数密度は、照射後の $4.5 \times 10^{23}/\text{m}^3$ 程度から半分程度に、大きさは平均して 2 倍程度に変化した。同様な変化は、500 から 650℃の焼鈍でも、それぞれ 3000s から 300s 程度の保持時間で生じる。750℃では 1000s までの焼鈍で、転位ループの数密度は 1 桁程度減少する。

さらに、高い温度域ではキャビティの形成が見られた。1050℃で 3000 秒焼鈍した場合の例を図 2 に示す。観察されたキャビティの大きさは直径 5-10nm 程度である。一方、数密度は低く $1 \times 10^{20}/\text{m}^3$ 台であった。ヘリウムイオンの注入を行ったため、キャビティはヘリウム原子を含むと思われる。

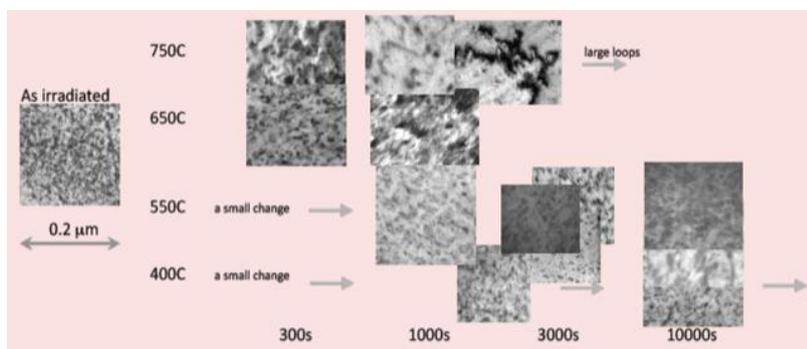


図 1 焼鈍による微細組織変化の温度及び時間依存性

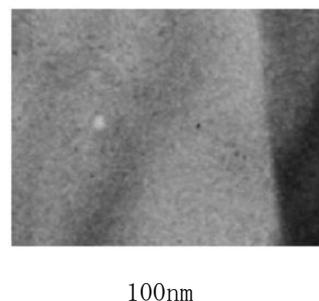


図 2 キャビティ(1050℃, 3000s 焼鈍)

参考文献

[1] R. Pelli, TMIV(92)SF01.

[2] G.E. Korth, et al., Nuclear Engineering Design 167(1997)267-285

*Takumi Hashimoto¹, Kento Takahashi¹, Syun Ueda¹, Shiro Jitsukawa¹

1.National Institute of Technology, Fukushima College