

事故時熱影響を受けた炉材料などの強度及び微細組織の検討

(1) 事故時熱影響による炉内機器材料の微細組織変化の推定

Effects of heating on the strength and the microstructure of the reactor materials during severe accident

(1) Estimation of the effect of heating during severe accident on the microstructure of the reactor core internal component materials

*青木勇斗, 吉永啓汰, 菌部康太, 橋本健吾, 吉田渉, 實川資朗
福島工業高等専門学校

抄録 照射損傷+熱履歴を模擬して与えた 316 鋼の硬さ及び微細組織から、熱履歴が転位ループの密度低下及び大きさの増加をもたらすこと、これが温度と時間に強く依存することが示された。これは微細組織が事故過程解析に利用できる可能性を示すが、しかし時間と温度を分離して評価することは難しい。

キーワード：福島第一原子力発電所，炉内機器，照射損傷，熱履歴，イオン照射，微細組織

1. 緒言

炉内機器材料は中性子などによる照射損傷を受けると微細組織の変化を生じる。これが熱履歴を受けると特徴的な微細組織を形成するため、逆に、微細組織から熱履歴などの推定に利用できる可能性がある。この手法は、福島第一原発などでの過酷事故の解析に有用であろう。さらに、硬さなどを通じて、炉内機器の残存強度推定の手がかりにもなる。この手法の可能性及び問題について検討を加える。

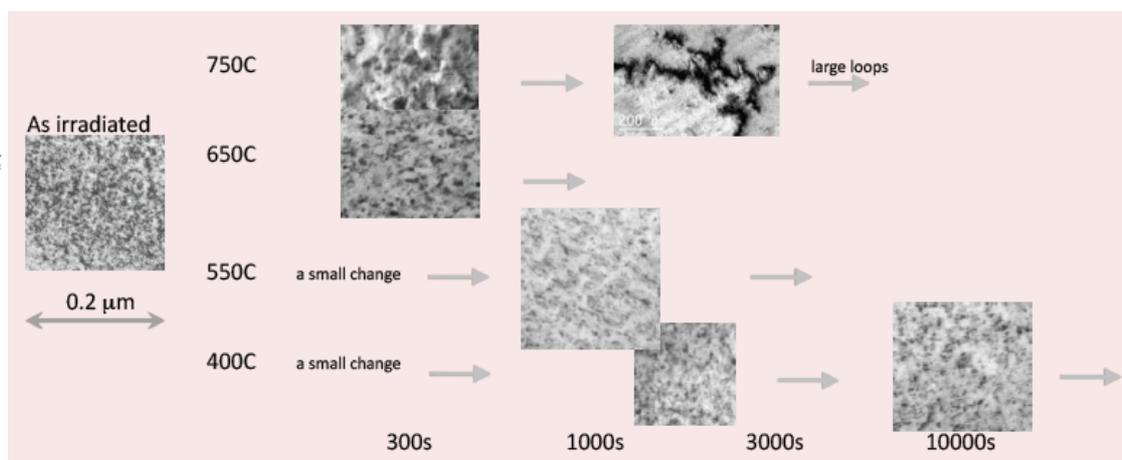
2. 実験方法

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、原子力機構の高崎研究所 TIARA 施設にて、10MeV の 3 価の鉄イオンと、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にて電子顕微鏡試料を作製した。併せて、硬さの変化を評価した。

3. 結果・考察

焼鈍後の微細組織を図に示す。比較的低い温度である 400℃での焼鈍でも、保持時間が 10000s に達する頃には少なくない変化が生じ、転位ループの数密度は、照射後のままの $4.5 \times 10^{23}/\text{m}^3$ 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。もちろん、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。なお、転位ループは格子間原子型と思われるが、焼鈍による転位ループの数密度の減少と、平均的な大きさの増加が同時に生じる機構は明瞭ではない。また、数密度と大きさ両方が同時に変化するため、数密度-大きさ関係から、焼鈍の温度と時間を独立に解析することは容易でない結果となった。一方、原子空孔のクラスターである積層欠陥四面体については、純銅で「焼鈍での数密度の変化は限られるが大きさ分布が広がる」との報告があるため^[3]、焼鈍の温度と時間を分けて扱うことができる可能性もあろう。

図 焼鈍による微細組織変化の温度及び時間依存性



参考文献

- [1] R. Pelli, TMIV(92)SF01.
[2] G.E. Korth, et al., Nuclear Engineering Design 167(1997)267-285
[3] B.N. Singh, D.J. Edwards and P. Toft, Riso R-1213, 2001

*Yuto Aoki, Keita Toshinaga, Kota Sonobe, Kengo Hashimoto, Sho Yoshida, Shiro Jitsukawa
National Institute of Technology, Fukushima College