

炉材料の強度及び微細組織への事故時熱履歴の検討

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

*青木 勇斗¹、吉永 啓汰¹、橋本 健吾¹、吉田 渉¹、實川 資朗¹

1. 福島工業高等専門学校

316 鋼をイオン照射し、次いで焼鈍すると、微細組織は焼鈍温度に従って大きく変化し、硬さは回復した。微細組織の大きな変化などは、事故時の温度履歴の推定に利用し得ると考えられる。

キーワード：ステンレス鋼 照射損傷 微細組織 過酷事故 廃止措置

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微細組織が変化する。この微細組織は、加熱により特徴的な変化を生じるとしばしば指摘される。これを用いれば、微細組織から事故時の熱履歴などを推定し得ると考えられる。この手法は、福島第一原発などでの過酷事故の解析に、さらに炉内機器の残存強度推定の手がかりにもなると考えられるため、微細組織変化と焼鈍条件の関係などを評価することにした。なお、TMI-2 では、圧力容器の温度履歴の推定に、硬さ及び微細組織が用いられた[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°C 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、これに原子力機構の高崎研究所 TIARA 施設にて、10MeV の Fe³⁺ と、1MeV の He⁺ を照射した。照射温度は 300°C などとした。照射量は、弾き出し損傷量にして 1dpa、また He 注入量を 10appm とした(¹⁰B 不純物の影響などを考慮し注入した)。照射後、400°C 以上で焼鈍し、FIB にて電子顕微鏡試料を作製して微細組織観察を行うと共に、ナノインデントで硬さの変化を評価した(押し込み深さ 1 μm の一定値とした)。

3. 結果・考察

焼鈍後の微細組織を図に示す。400°C での焼鈍による変化は少なかったが、転位ループと思われる像の大きさはわずかに増加した。転位ループと思われる像の数密度は、 $7 \times 10^{22}/\text{m}^3$ 程度であった。これに対して、650°C では、保持時間が 300s と比較的短い場合でも、転位ループ(格子間原子型と思われる)の明瞭な成長と数密度の減少傾向が見られた。さらに、750°C では、転位ループの密度が大幅に減少し、大きく成長した転位ループとやや小型の転位ループが残った。このように、微細組織は焼鈍条件に強く依存することから、微細組織から事故時に経験した最高温度などを推定するための情報を得ることができると考えられる。硬さも焼鈍によって回復した。750°C×1800s の焼鈍により、硬さは 80% 程度回復した。焼鈍による硬さの変化と微細組織の関係などについても紹介する。

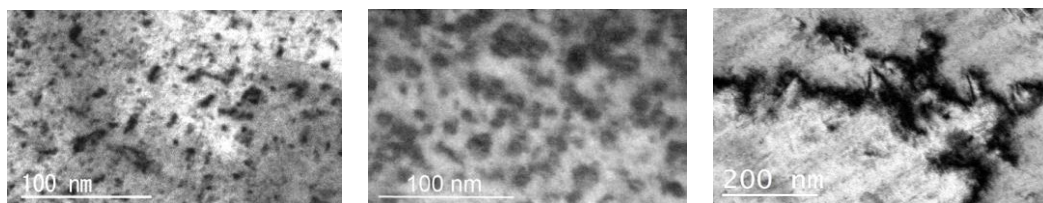


図 左から 400°C×1800s、650°C×300s、750°C×1800s 焼鈍後の微細組織

参考文献

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

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

*Yuto Aoki¹, Keita Yoshinaga¹, Kengo Hashimoto¹, Wataru Yoshida¹, Shiro Jitsukawa¹

1. National Institute of Technology, Fukushima College