

炉材料の強度特性及び微細組織への事故時熱影響の検討

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

青木 勇斗、吉永 啓汰、*實川 資朗

福島工業高等専門学校

抄録 格納容器及び炉内機器の強度への事故時の加熱の影響推定に向けて、格納容器鋼及びオーステナイト鋼(イオン照射後)を加熱し、強度、微細組織などの変化を実験的に評価した。

キーワード： 廃炉、福島第一原子力発電所、炉内機器、材料強度

1. 緒言

福島第一原発廃炉作業時の安全性確保に関し、溶融した燃料の熱影響を受けた格納容器の強度に関心が持たれる。また、炉内機器のオーステナイト鋼などは、事故前に中性子の照射損傷を、事故時に熱影響を受ける特徴的な履歴を受けたが、機器の残存強度は、燃料デブリ取出し作業などを円滑に進めるために一定の重要性を持つであろう。このような特徴的な履歴を持つ構造材料の残存強度や微細組織の推定に向けて実験的検討を行った。

2. 実験

(1) 格納容器鋼： 溶融燃料の近接による熱影響を扱う。溶融までは範囲としないが、広い範囲を包含するよう、加熱温度はオーステナイト化温度以上まで、保持時間(温度は一定)として 30 日程度まで(東電のプラントパラメータアーカイブから推定)、冷却速度は TMI の圧力容器で報告された急冷までを考慮した。

格納容器鋼 SGV480 鋼が入手困難なため、SA738B 鋼、STS370 鋼などを用い、引張試験及び破壊靱性試験(主に、0.4TCT)を受入材、加熱材試験片に室温で実施した。破壊靱性試験は除荷コンプライアンス法で行った。

(2) 炉内機器構造材料： 中性子照射材使用に先立ち、0.1-10dpa(主に 1dpa)まで 10MeV の Fe^{3+} を 316NG 鋼(コベルコ)に、JAEA の TIARA で照射した。同時に He^+ を 10appmHe/dpa となるように室温及び 300°C で照射した。

照射後、熱履歴を与え、ナノインデンテーション硬さの変化及び透過電顕による微細組織観察を行った。

3. 結果・考察

(1) 格納容器鋼： SA738B 鋼受入れ材の降伏応力、引張強さ、全伸びは、520MPa、610MPa、20%程度で、溶接金属部も同様であった。破壊靱性値は、 $JQ = 800 \text{ kJ/m}^2$ 程度であった(試験片寸法が不足のため「有効な値」ではない)。

γ 領域から焼き入れした破壊靱性試験片も用いた(1000°C から水冷)。厚さ 10mm の CT 試験片を 2 枚の板材(10mm t)の間に入れ、加熱後急冷した(格納容器の板厚は 30mm 程度)。結果を図 1 に示す。

靱性値は減少したが、脆性破壊は防止できる程と思われる。

(2) 炉内機器構造材料： 400°C 以上の加熱保持による照射硬化の回復が見られた。図 2 に、照射後、750°C で 30 分保持した後の電顕組織を示す。転位ループが粗大化した。

照射後に経験した温度によって微細組織特徴が大きく変化する点は、事故時の最高温度などの推定に利用できると期待される。

本研究の一部は、文科省の「廃止措置研究・人材育成等強化プログラム」で H26 年度に実施した。

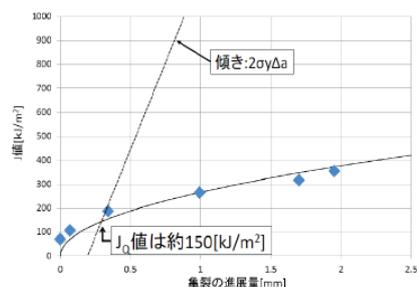


図1 加熱・急冷後の亀裂進展挙動(SA738B鋼)

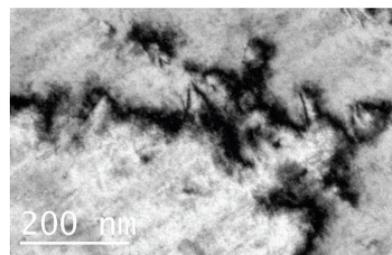


図2 照射+750°Cx0.5h加熱材TEM像(316NG鋼)

Yuto Aoki, Keita Yoshinaga, Shiro Jitsukawa
National Institute of Technology Fukushima college