

オーステナイトステンレス鋼とフェライト鋼の照射損傷組織と強度特性に及ぼす DPA と He 生成量の効果

Effects of DPA and helium production on radiation damage microstructures and the mechanical properties in irradiated austenitic stainless steels and ferritic steel

*若井栄一¹, 高屋茂¹, 永江勇二¹, 鈴木知明¹, 平出哲也¹, 松井義典¹, 野上修平², 長谷川晃², 阿部弘亨³, 岩井岳夫^{3,4}, 北澤真一⁵, 大久保成彰¹, 高田文樹¹, 加藤佳明¹, 加藤章一¹, 山口正剛¹, 仲田祐仁¹, 吉武庸光¹, 土岐澤耕一⁶, 青砥紀身¹
¹原子力機構, ²東北大学, ³東京大学, ⁴山形大学, ⁵量子科学技術研究機構, ⁶インテスコ

オーステナイトステンレス鋼とフェライト鋼における照射損傷組織や強度特性に及ぼす DPA と He 生成量の効果及び熱時効の影響を常陽炉照射、JRR-3M 炉照射、及びサイクロトロンによる He 注入などにより調べ、He と DPA がクリープ特性や引張特性に及ぼす影響に関する定性的な挙動変化を明らかにすることができた。

キーワード： dpa, He 生成量, オーステナイトステンレス鋼, フェライト鋼, 引張特性, クリープ特性,

1. 緒言

オーステナイト鋼やフェライト鋼は様々な原子力材料として使用されている。これらの材料は照射によって微細組織や強度特性が変化し、DPA や He 生成量による影響を受けることが知られている。本研究は様々な照射手法を用い DPA と He 生成量に関する引張、クリープ特性等の変化を明らかにすることを目的とした。

2. 実験と解析

本研究の供用材には、316FR 鋼、ボロン添加した 316FR 鋼、304 鋼、及び HCM12A 鋼を用いた。500℃から 600℃の温度領域で原子炉照射に JOYO と JRR-3M の照射 [1]、東北大サイクロトロンによる He 注入、東大 HIT イオン照射などを実施した。照射後、引張特性、硬さ測定、クリープ試験やマイクロ組織解析などを行った。また、ボイドスウェリングに及ぼすヘリウム生成の効果に対するモデリング解析を併せて実施した。

3. 結果と纏め

DPA の増加に伴って照射硬化量が増加し、He 生成量の増加に伴い、その割合が増える傾向にあった。図 1 に He 量と DPA がクリープ寿命特性に及ぼす影響を示す。He 量の増加に伴い、その寿命が低下すると共に、DPA 増加によってもその低下が大きくなることが分かった。He 生成量が増えた材料の破面では粒界割れの発生が見られた。一方、照射組織に関してはサイクロトロンで He 注入したこれらの鋼で空孔型クラスターに対するマイクロ組織と陽電子寿命測定の結果では、フェライト鋼の方がより大きなクラスターが存在する正の相関を示す結果を得た。その他の詳細は、当日報告する。

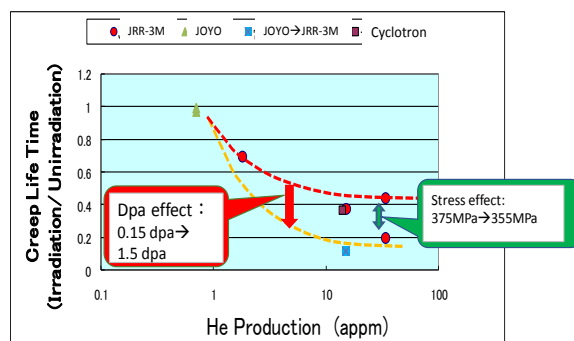


図 1. 照射された 316FR 鋼のクリープ寿命の He 生成量と DPA の影響

参考文献

[1] Yoshinori Matsui, et al., “Plan and reports of coupled irradiation (JRR-3 and JOYO of research reactors) and hot facilities work (WASTEF, JMTR-HL, MMF and FMF)”, JAEA-Technology 2009-072, pp.1-144, (2009).

*Eiichi Wakai¹, Shigeru Takaya¹, Yuji Nagae¹, Tomoaki Suzudo¹, Tetsuya Hirade¹, Yoshinori Matsui¹, Shuhei Nogami², Aakira Hasegawa², Hiroaki Abe³, Takeo Iwai^{3,4}, Sinito Kitazawa⁵, Nariaki Okubo¹, Fumiki Takada¹, Yoshiaki Kato¹, Shoichi Kato¹, Masatake¹, Yamaguchi¹, Masahito Nakata¹, Tsunemitsu Yoshitake¹, Koichi Tokizawa⁶, Kazumi Aoto¹

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Tohoku Univ., ³Tokyo Univ., ⁴QST, ⁵INTESCO Co Ltd.