

オーステナイト鋼の照射硬化に対する溶質クラスタの影響

Influence of solute cluster on irradiation hardening in austenite steels

*馬淵貴魁¹ 土井武志² 福元謙一³ 藤井克彦⁴

¹ 福井大学 (院) ² 関西電力 ³ 福井大原子力研 ⁴ (株) 原子力安全システム研究所

イオン照射したオーステナイト系ステンレス鋼モデル合金に超微小硬度試験および TEM、APT 観察を行い、Ni-Si クラスタおよびフランクループに偏析する Ni-Si の照射硬化に対する影響の定量評価を行った。

キーワード：APT、TEM、照射誘起偏析

1. 背景と目的

ステンレス鋼の照射硬化要因として、透過電顕(TEM)によりフランクループやブラックドットなどの欠陥集合体が寄与するとされてきた。近年アトムプローブ(APT)観察から、TEM で観察される上記の歪みコントラストの欠陥集合体に対し、ナノサイズの Ni-Si クラスタ等が 10 倍以上の高密度に形成することが報告され、損傷組織と照射硬化の相関則に対して再検討されている。本研究では溶質クラスタおよびフランクループに偏析する溶質原子の照射硬化に対する定量評価を行った。

2. 実験方法

供試材には、Fe-18Cr-14Ni-0.8Si と Fe-19Cr-12Ni 合金を用いた。表面研磨・溶体化処理後、京都大学エネルギー理工研 DuET 施設にて Fe^{3+} イオンを加速電圧 6.2MeV、200°C の条件で 6.7dpa 照射した。FIB 加工でイオン照射領域断面試料を作製して TEM 観察・APT 観察を行い、TEM 可視欠陥および Ni-Si クラスタの分布を測定した。また、超微小硬さ試験を実施し、溶質クラスタとフランクループに偏析する溶質原子による硬化影響を定量評価した。

3. 結果

超微小硬さ試験において Si 添加材では無添加材と比べ大きな硬化量が見られた(図 1)。また、APT 観察より Ni-Si クラスタとフランクループに偏析する Ni と Si を確認した。TEM 観察および APT 観察より得られたフランクループ、ブラックドット、Ni-Si クラスタの直径と密度の結果からオロワンの式を用いてそれぞれの硬化影響を算出し、Ni-Si クラスタの障害物強度 α を算出した。また、フランクループに偏析する Ni, Si がフランクループの α を上昇させていると仮定し、偏析硬化係数 β として評価した。この時 Ni-Si クラスタの α は過去の文献^[1]より 0.068 と設定した。結果として Ni-Si クラスタの α は 0.084、Ni-Si クラスタの α を 0.068 とした時の β は 1.36 となった(図 2)。これらの結果から Ni-Si クラスタの硬化因子は一要素としては弱く高密度形成により照射硬化として現れ、フランクループへの Ni と Si 偏析は硬化への寄与を増大することが示された。

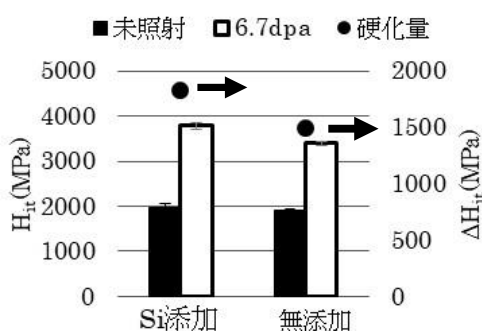


図 1 照射による硬さの変化

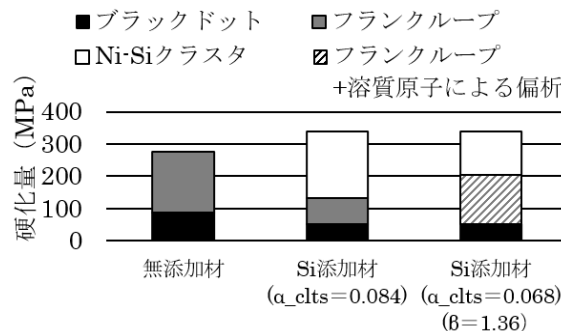


図 2 各欠陥、クラスタの硬化影響

*Takaaki Mabuchi¹, Takeshi Doi², Ken-ichi Fukumoto³, Katsuhiko Fujii⁴

¹Fukui Univ, ²Kansai Electric Power ³Research institute for nuclear engineering, ⁴Institute of Nuclear Safety System

[1] 照射ステンレス鋼のミクロ組織の定量化～ミクロ組織と機械的特性の相関に関する検討～, 電力中央研究所 材料科学研究所, H29 材料照射研究会発表資料