

SUS316 鋼モデル合金のイオン照射によるミクロ組織変化への Si の影響

Influence of Si cluster on ion radiation of Microstructure of SS316 steel model alloy

*土井武志¹ 福元謙一² 藤井克彦³ 三浦照光³ 鬼塚貴志²

¹福井大学(院) ²福井大原子力研 ³原子力安全システム研究所

イオン照射した SUS316 鋼モデル材への TEM および APT 観察と超微小硬度試験から各照射欠陥成分の照射硬化量寄与に関する定量測定を行い、TEM では不可視の Si 偏析クラスタの障害物強度について求めた。

キーワード：APT、TEM、照射誘起偏析

1. 背景と目的

従来のステンレス鋼の照射硬化研究では、透過電顕（TEM）によりフランクフループやブラックドットとよばれる微小欠陥集合体が硬化に寄与すると考えられてきたが、近年アトムプローブ（APT）観察でナノサイズの Ni-Si クラスタが TEM で観察される欠陥集合体の 10 倍以上の高密度に形成することが報告され、照射硬化機構に対して見直しが迫られている。本研究では SUS316 鋼中の溶質原子の一つである Si の偏析に着目し、イオン照射モデル材のミクロ組織中の照射損傷組織観察と超微小硬度測定から Si 偏析挙動と照射硬化の相関について調べた。

2. 実験方法

京都大学のアーク溶解炉で作製した SUS316 鋼のモデル合金の Si 添加材と無添加材を試料とした。東京大学 HIT のタンデム加速器にて加速電圧 2.8MeV Fe²⁺イオン照射を温度/損傷量で 300°C/0.26dpa、6.2dpa、350°C/2dpa の 3 条件で行った。照射後 FIB 加工で試料採取後に TEM 観察・APT 観察を行い、欠陥集合体と Si クラスタの組織情報を取得した。超微小硬度試験により照射硬化量を測定し、TEM/APT 観察結果を用いて各照射組織成分による照射硬化量への寄与について求めた。

3. 結果

イオン照射材 APT 観察では Si 偏析が確認され Si 偏析クラスタとして検出された。超微小硬度試験において Si 添加材は無添加材よりも大きな照射硬化が見られた。オロワンの式を用いて TEM 観察で得られた照射欠陥密度・直径、超微小硬度試験で得られた照射硬化量、APT 観察で得られたクラスタ密度・直径から欠陥組織と Si クラスタの障害物強度項 $M\alpha\mu b$ の算出を行った。その結果、図 2 のように $(M\alpha_{\text{照射欠陥}}\mu b) = 39$ 、 $(M\alpha_{\text{Siクラスタ}}\mu b) = 97$ と算出された。フランクフループの障害物強度 α は $\alpha_{\text{フランクフループ}} = 0.45$ と報告されており、今回 TEM 観察で確認できた欠陥組織をフランクフループと仮定すると Si クラスタの障害物強度 α は $\alpha_{\text{Siクラスタ}} = 0.16$ と求められた。この結果 Si 偏析クラスタは転位ループやフランクフループよりも単体では弱い障害物であることが示された。

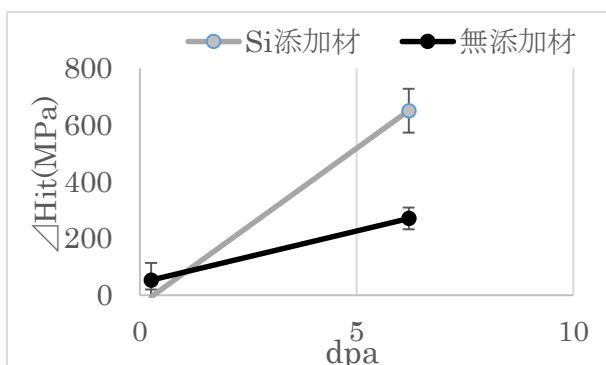


図 1 [135]方位における超微小硬度試験結果

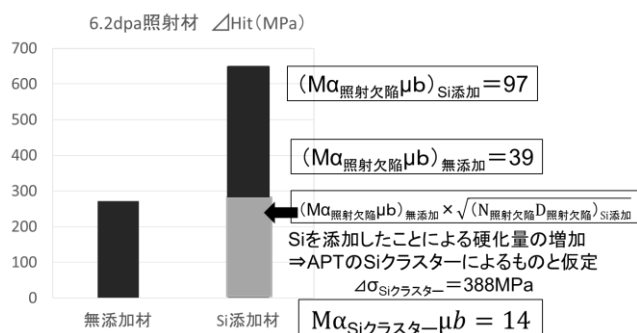


図 2 障害物強度項の算出

*Takeshi Doi¹, Ken-ichi Fukumoto², Katsuhiko Fujii³, Terumitsu Miura³, Takashi Onitsuka²

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