

高温電子照射その場観察法による 酸化物分散強化 (ODS) 鋼中の酸化物ナノ粒子の不安定化

In-situ observations of instability of nano-oxide particles in ODS steel
under electron irradiations at elevated temperatures

*阿部弘亨¹, Oh Sun-Ryung¹, 叶野翔¹, 楊会龍¹, 柴山環樹²

¹東京大学, ²北海道大学

酸化物分散強化 (ODS) 鋼中の酸化物ナノ粒子は材料強化因子として重要であるが、最近の研究により照射下で不安定化することが明らかになりつつある。本研究では、超高压電子顕微鏡内にて高温電子照射その場観察し、酸化物ナノ粒子の不安定化挙動を解析した。

キーワード : irradiation effect, ODS steel, high voltage electron microscopy

1. 緒言

酸化物分散強化 (ODS) 鋼中の酸化物ナノ粒子は、強度特性を担う主要な析出物であるが、原子炉または核融合炉の環境下では高速中性子による照射影響が懸念される。我々は、これまでに F82H 鋼中の MC、 $M_{23}C_6$ 、および 9Cr-ODS 鋼中の酸化物ナノ粒子の照射誘起不安定化現象を報告してきた。本報告では、12Cr-ODS 鋼を対象とし高温電子照射下における酸化物ナノ粒子の不安定化現象の詳細解析を目的とする。

2. 実験方法

12Cr-ODS 鋼より電子顕微鏡試料を電解研磨法で作製し、北海道大学 超高压電子顕微鏡 (HVEM) 内にて 300°C から 500°C の温度範囲において電子照射その場観察実験を行った。当該鋼中の酸化物ナノ粒子は Y-Ti-O 系化合物であり、代表的には $Y_2Ti_2O_7$ または Y_2TiO_5 である。電子照射実験では、当 G で開発した収束電子ビーム照射法、ならびに観察領域内でほぼビーム強度を均等とする一般的な電子照射法の双方を適用し、さらに高分解能像 (HREM) 観察も行った。

3. 結果および考察

実験範囲内において酸化物ナノ粒子の電子照射誘起不安定化を観察した。その速度や組織変化は照射温度と照射速度に強く依存した。これらは、これまでの当 G の実験結果と整合していた。一方で組織変化の詳細な解析により以下の新知見を得ることができた。

酸化物ナノ粒子のサイズ変化は単純収縮傾向にあるのではなく、ランダムに収縮と成長を繰り返し、時間平均として収縮傾向を示すことが分かった。この傾向は特に照射初期過程において顕著であり、収束電子ビーム照射条件におけるビーム周辺部において顕著であった。粒子の形状変化も観察され、その形状を楕円球近似したときの軸比は照射によりランダムに変化した。これらの傾向を、オストワルド成長機構をベースに解析を行った。酸化物ナノ粒子のサイズ変化は、この機構におおよそ従うと考えられるものの、一方でサイズ依存性など、古典論では説明できない点も新たに見つかった。これらについて当日詳細に報告する。

*Hiroaki ABE¹, Sun-Ryung OH¹, Sho KANO¹, Huilong YANG¹, Tamaki SHIBAYAMA²

¹The University of Tokyo, ²Hokkaido University