

照射ステンレス鋼の溶質原子クラスタの照射量依存性

Dose dependence of solute clusters in neutron-irradiated 316 stainless steels

*藤井 克彦, 福谷 耕司

原子力安全システム研究所

実機軽水炉で照射されたステンレス鋼についてアトムプローブ(APT)分析を行い、溶質原子クラスタ形成に対する中性子照射の影響を調べた結果、低照射量から Ni-Si クラスタが形成し、照射量の増加に伴い Mn を含む Ni-Si クラスタが形成することが分かった。

キーワード: 中性子照射、ステンレス鋼、アトムプローブトモグラフィ、溶質原子クラスタ

1. 緒言

軽水炉内構造物材料として使用されるオーステナイトステンレス鋼の中性子照射によるマイクロ組織変化やマイクロ組成変化は照射誘起応力腐食割れの発生や靱性の低下を引き起こす。このため、主として透過型電子顕微鏡(TEM)による評価が行われ、マイクロ組織変化に関しては転位ループやブラックドット、キャビティ、 γ 析出物の形成について多くの報告がなされている。近年、原子レベルの空間分解能を有する質量分析法である APT 分析が中性子照射材やイオン照射材に対して試みられ、溶質原子クラスタの形成が報告されつつあるが数はまだ少ない。本研究では、最大 74dpa まで照射されたステンレス鋼を APT 分析で調べ、溶質原子クラスタの照射による変化を調べた。

2. 方法

供試材は国内軽水炉で照射された冷間加工 SUS316 ステンレス鋼である。材料組成(wt%)は Fe-0.04C-0.62Si-1.63Mn-0.022P-0.006S-12.6Ni-16.94Cr-2.22Mo であり、照射量は 3、11、35、53、74dpa である。APT の測定には、日本原子力研究開発機構の原子炉廃止措置研究センターの管理区域内に設置された CAMECA 社製の LEAP3000XHR を用いた。測定はレーザーパルスモードで行い、試料温度 35K、レーザー出力 0.3nJ、パルス周波数 200kHz とした。なお、測定用の針状の試料は集束イオンビーム加工装置を用いて作製した。

3. 結論

各照射量で Ni-Si クラスタが高密度にマトリックスに存在した。3dpa 照射材からクラスタは直径が 6~10nm の比較的大きなもの (Large cluster) と直径が 3~4nm の小さなもの (Small cluster) からなっていた。図に照射に伴うクラスタの数密度の変化を示す。クラスタの数密度の合計は小さなクラスタの増加に伴い増加したが、大きなクラスタは逆にわずかに減少した。また、クラスタの平均組成は各照射量でクラスタの大きさによらずほぼ同じであった。クラスタの大きさと数密度、平均組成は 11dpa 照射材、35dpa 照射材、53dpa 照射材および 74dpa 照射材でほぼ同じであり、11dpa 以上で飽和する傾向であったが、35dpa 以上の照射材で Mn を含む大きなクラスタが存在した。11dpa から 35dpa への照射量の増加に伴いクラスタの一部が変化することが示唆された。

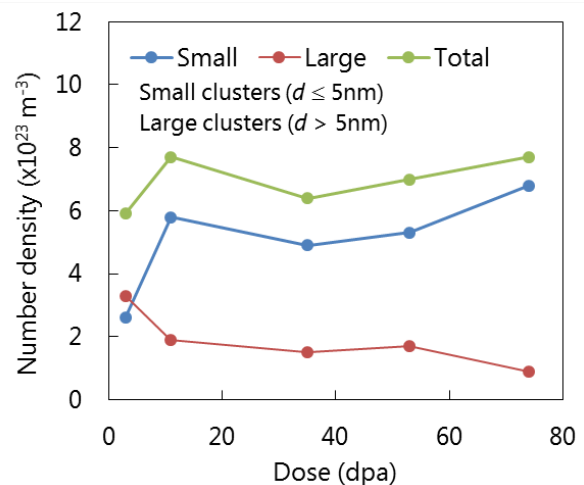


図 照射に伴うクラスタの数密度の変化

*Katsuhiko Fujii and Koji Fukuya
Institute of Nuclear Safety System, Inc.