

ステンレス鋼溶接金属の照射組織変化への Mo 影響

Mo effect on microstructure of neutron-irradiated stainless steel welds

*藤井 克彦, 福谷 耕司

原子力安全システム研究所

軽水炉で中性子照射された 316 鋼と 304 鋼の溶接金属に対して Mo 濃度の異なるフェライト相をアトムプローブ(APT)で分析した結果、Cr 濃度変化と析出物の形成に明確な違いは認められず、中性子照射と熱時効の重畳によるスピノーダル分解と G 相析出に対する Mo の影響は小さいことが示唆された。

キーワード: 2相ステンレス鋼, 熱時効, 照射脆化, スピノーダル分解, G 相析出

1. 緒言

铸造オーステナイトステンレス鋼やステンレス鋼溶接金属ではフェライト相が熱時効により硬化することで材料が脆化する場合のあることが知られており、軽水炉温度付近ではスピノーダル分解(局所的な Cr 濃度変化)と G 相析出物の形成がその要因とされている。また、Mo 濃度がスピノーダル分解と G 相析出物の形成に影響することが報告されている。一方、照射が重畳した場合の熱時効についてはデータが少なく、機構論に基づく検討もほとんど行われていない。本研究では、長時間熱時効と照射されたステンレス鋼溶接金属のフェライト相におけるマイクロ組織変化に関する理解を深めることを目的に、軽水炉で中性子照射された 316 鋼と 304 鋼の溶接金属に対して Mo 濃度の異なるフェライト相を APT 分析して、ステンレス鋼溶接金属の照射組織変化への Mo の影響を調べた。

2. 方法

供試材はフラックスシンプルチューブ(FTT)端栓部の溶接金属で、316 鋼製 FTT に 304 鋼製端栓が TIG 溶接されたものであり、324°C で 111,000 時間、約 3dpa (7×10^{-9} dpa/s) の中性子照射を受けた材料である。SEM-EDS でフェライト相の Mo 濃度を測定した後、集束イオンビーム加工装置を用いてフェライト相を含む試験片を採取し、APT 測定用の針状の試料を作製した。APT 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。APT 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。

3. 結論

図に Mo 濃度が 0.37wt% と 1.07wt% のフェライト相の APT 観察結果の例を示す。Cr 濃度変化と溶質原子クラスタの形成がマイクロ組織変化として確認された。クラスタは Ni、Si、Mn を含むことから G 相析出物もしくはその前駆体であると推察された。Cr 濃度変化の程度を Cr-Cr 第一近接距離の頻度分布で比較した結果、Mo 濃度の低い方で Cr 濃度変化が大きい傾向があったが、その差は僅かであった。また、クラスタの直径、数密度、体積率、組成を比較した結果、Mo 濃度の低い方で直径が大きく数密度が小さい傾向があったがその差は僅かであり、体積率と組成に明確な違いは認められなかった。中性子照射が重畳した熱時効によるスピノーダル分解と G 相析出に対する Mo の影響は今回の Mo 濃度範囲では小さいことが確認された。

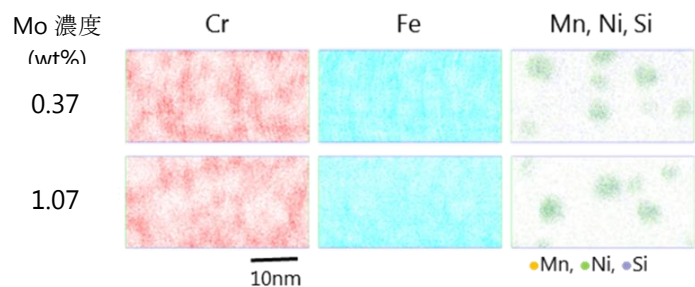


図 FTT 溶接金属フェライト相の APT 観察結果

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