

イットリウム添加バナジウム合金V-4Cr-4Ti-0.15Yの照射硬化 Radiation Hardening in V-4Cr-4Ti-0.15Y alloy

宮澤 健¹, 長坂 琢也², 菱沼 良光², 室賀 健夫², 渡邊 英雄³

Takeshi Miyazawa, Takuya Nagasaka, Yoshimitsu Hishinuma, Takeo Muroga and Hideo Watanabe

総合研究大学院大学¹, 核融合科学研究所², 九州大学応用力学研究所³

SOKENDAI, National Institute for Fusion Science, Research Institute for Applied Mechanics

緒言

・低放射化バナジウム合金V-4Cr-4Tiは先進核融合炉ブランケット構造材料として期待されている。400°C以下の比較的低温領域では、バナジウム合金は照射脆化が問題となり、これが下限運転温度を制限している。固溶酸素が照射欠陥と相互作用し、これを安定化させることで照射硬化は促進される。照射欠陥の生成による照射硬化が照射脆化の主な原因である。そこで、酸素との親和力が強いイットリウム(Y)を0.15 wt%添加することで、酸素不純物をY₂O₃析出物で捕捉し固溶酸素濃度を低減させ、照射硬化を抑制させることを期待している。本研究では、Y添加バナジウム合金にCu²⁺イオンを照射することで照射硬化に及ぼすY添加の効果を明らかにした。そして、実験で得られた照射硬化量から、降伏応力と加工硬化指数などの材料特性をパラメータとして、有限要素法による構造解析によって押し込み試験を模擬することで、照射後の材料特性の予測を試みることを目的とした。

実験

・試料は電子ビーム溶解と真空アーク再溶解で作製した大学共通試料NIFS-HEAT-2バナジウム合金(V-4Cr-4Ti-0.019O)と磁気浮揚溶解で製造したY添加バナジウム合金(V-4Cr-4Ti-0.15Y-0.009O)である。九州大学応用力学研究所設置のタンデム型加速器を用い、2.4 MeVのCu²⁺イオンを150-300°Cの温度範囲で10 dpaまで照射した。トリムによる計算結果からバナジウムへのCu²⁺イオンの照射では深さ0.6 μmが損傷ピークとなった。ミクロンオーダーの押し込み硬さの測定には、島津社製の超微小押し込み試験機DUH211を用いた。

結果・考察

・図1にV-4Cr-4Ti-0.019O合金の押し込み硬さの深さ分布を示した。非照射材では深さ0.4 μm以上において一定の硬さ(H₀ = 2.22 GPa)を示した。200°Cで1 dpa照射した場合では、深さ1.0 μm

以下において照射硬化が確認された。損傷ピーク(0.6 μm)付近ではその硬化量は0.36 GPa程度であり、表面に近づくにつれて硬化量は大きくなった。図2に非照射材の硬さH₀を基準にして深さごとの照射硬化量をプロットした。10 dpa照射したV-4Cr-4Ti-0.019O合金では、深さごとの照射硬化量が一番大きかったが、測定誤差(標準偏差)の値も大きかった。これは高照射量で材料に与えた損傷量に偏りがあるためだと考えられる。200°Cで1 dpa照射したV-4Cr-4Ti-0.15Y-0.009O合金は、照射硬化量が抑えられていることが示唆された。講演では、押し込み試験の有限要素法解析から照射後材料特性を検討した結果を報告する。

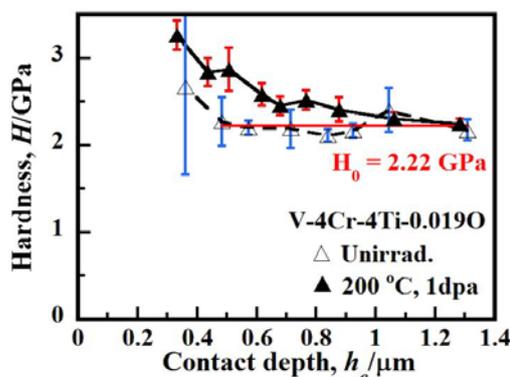


図1 押し込み硬さの深さ分布

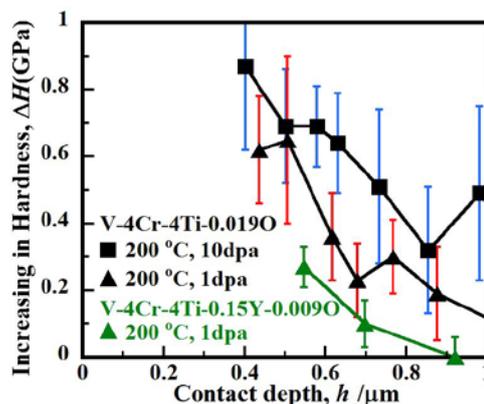


図2 照射硬化量の深さ分布