

ジルコニウムおよびステンレス鋼の耐食性を改質する電気化学表面処理の開発

Development of Electrochemical Surface Treatments for Corrosion-Resistant Zirconium and Stainless Steels



構造材料研究拠点 解析・評価分野 腐食特性グループ

堤 祐介 TSUTSUMI.Yusuke@nims.go.jp

研究の背景

- ジルコニウム/ステンレスの耐食性は不純物の存在により大きく損なわれる
- 金属表面に露出した不純物元素からなる介在物を起点に局部的な腐食が発生し、深さ方向に急激に進行する
- 局部腐食の発生は予測困難であり、構造体の腐食リスクを避けるために、より高価な材料が使用される

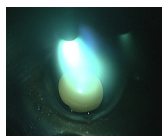
研究の狙い

- 正と負の通電サイクルにより金属表面の介在物のみを溶解除去し、耐食性の大幅な向上を達成する
- 介在物による制限を撤廃することで、材料が本来有する耐食性を究明する
- SDGsのコンセプトに合致した構造材料創成の基盤技術としての確立を目指す

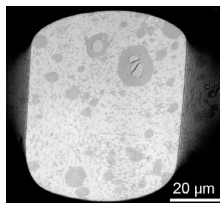
最先端研究トピックス

ジルコニウムの腐食機構の解明

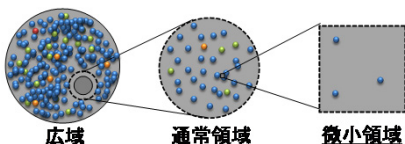
- 微小領域電気化学測定システムによる評価
- 不純物元素導入型ジルコニウム合金試料の作製



不純物添加型Zrインゴットの作製 (Zr-xC, N, O, Si, Fe, Sn, Hf合金系)



特定の介在物周辺領域のみを測定対象とした電気化学測定

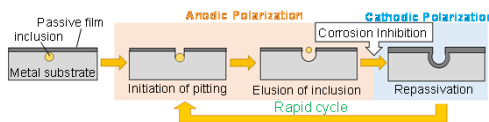


Zrの耐食性を極端に低下させる因子の露出頻度はごく稀(100cm²に1-2個程度)であることを解明

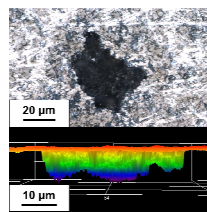
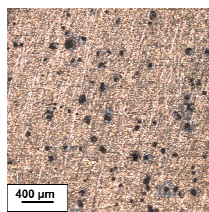
任意の組成で溶製した不純物導入型ジルコニウム試料と微小領域電気化学測定の組み合わせにより、腐食因子を解明

介在物を効果的に除去する表面処理の検討

- 定電位/定電流条件の通電サイクルと溶液条件の最適化
- 介在物の溶解と金属素地保護のサイクル応答性の向上



アノード分極による介在物の強制溶解とカソード分極による再不働態化の繰り返しにより、金属表面に露出した腐食の起点となる不純物を効果的に除去

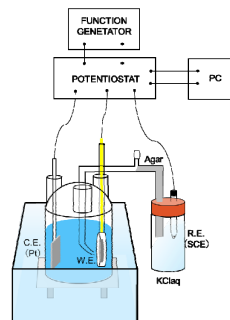


処理後のZr表面の外観(左)と介在物が存在していた窪みの深さプロファイル(右) 1サイクルごとに異なる場所で介在物が溶解し、深さは5-10 μm程度で金属素地は保護されている

特定の溶液と通電条件の組み合わせにより、短時間で効率的にジルコニウム表面の介在物の除去が可能であることを確認

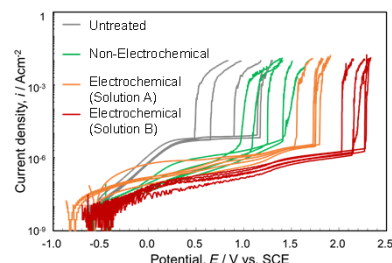
耐食性評価およびステンレス鋼への応用

- 電気化学/非電気化学試験による耐食性向上効果の確認
- 各種ステンレス鋼への応用による汎用性化



動電位アノード分極試験装置の概要(左)と試験により得られたアノード分極曲線(下)

電気化学的表面処理により、Zr-Sn系以外の腐食の起点となる介在物はすべて溶解し、孔食電位2V以上を達成



Zrの大幅な耐食性向上の確認
ステンレス鋼にも適用可能であることを確認

応用分野と今後の展開

- 原子炉材料、化学プラント構造材料への応用(ジルコニウム)
- 一般工業材料、生体材料への応用(ステンレス鋼)
- AM(Additive Manufacturing)との融合による超高耐食性化

実用化に向けた課題

- 最終形状加工後の処理法の検討
- 傷入れによる効果低減の検証
- 処理後の機械的性質への影響の検証