

補助事業番号 2022M-192

補助事業名 2022年度 高温水素＋水蒸気環境下でのステンレス鋼の材質劣化挙動評価
補助事業

補助事業者名 東京工業大学 物質理工学院材料系 小林覚

1 研究の概要

2050年カーボンニュートラルの実現には、再生可能エネルギーの主力電源化が求められると共に、エネルギー貯蔵媒体としての水素の利用が不可欠となり、後者では水素製造および発電、エンジン等での水素利用技術の成否が鍵を握る。再生可能エネルギーを利用して水素を効率的に製造できる固体酸化物型高温水電解装置や水素を燃料としたガスタービン発電ならびに水素エンジンでは、「水素＋水蒸気」を含む高温環境において長時間使用可能な耐熱材料が必要となる。この環境は、従来のロケットエンジンや燃料電池車の水素タンク環境に比べて水素分圧は低い、水蒸気と水素を含む高温混合ガス環境であり、長時間曝露による材料強度と組織の劣化が懸念されるもののその挙動は全く把握されていない。

本研究では耐高温水素＋水蒸気環境用耐熱材料の設計指針構築を目指し、本課題では水素製造装置用配管材料の候補材(ステンレス鋼)を対象を絞り、上記環境長時間保持による材質劣化と材料因子の関係を調べた。

2 研究の目的と背景

2050年カーボンニュートラルの実現には、水素製造や水素ガスタービン発電等の水素利用技術の成否が鍵を握る。再生可能エネルギーを利用した高効率高温水電解水素製造装置や水素ガスタービン発電では、「水素と水蒸気」を含む高温環境で長時間使用可能な耐熱材料が不可欠となるが、同環境での水素脆化等による材質劣化挙動が全く理解されていない。本課題では、耐高温水素＋水蒸気環境用耐熱材料設計指針の構築を目指し、水素製造用配管材料の候補材(ステンレス鋼)を対象を絞り、上記環境長時間保持による材質劣化と材料因子の関係を調べた。

3 研究内容

(1) 雰囲気熱処理炉の作製(<http://steel.mtl.titech.ac.jp/topics1.html>)

図1に設計・作製した雰囲気熱処理炉の構成図を示す。水素発生機、気化室、電気環状炉、ガス排気部、真空排気系および安全対策フードから構成される。水素センサーによる漏れ検知ならびに水素が万一漏れた際の排気機構を複数設置することにより、安全対策を施した設計とした。導入する水に含まれる微量空気を除去する機構も設けている。試料ホルダは、 $8 \times 35 \times 1.5 \text{ mm}^3$ サイズの短冊形試料が10枚同時に熱処理可能となるように設計した。

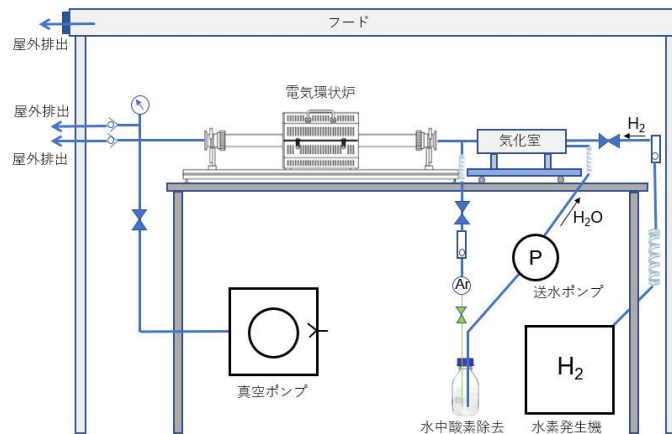


図1 雰囲気熱処理炉の構成図

(2) 高温水素環境における材質変化挙動の調査(<http://steel.mtl.titech.ac.jp/topics1.html>)

800°Cにおける高温水素環境熱処理により、ステンレス系材料においては脱炭が生じることが見出された。脱炭の程度はFe/Ni比に依存し、低Ni及び高Ni濃度側において顕著であった(図2)。得られた脱炭のFe/Ni比依存性の発現は、炭化物の形成エネルギーの程度やフェライト/オーステナイトの相分率よりもむしろ母相中の炭素の固溶量と良い相関を示し、試料内部から表面に向かった負のポテンシャル勾配による炭素の拡散速度に依ることが示唆された。また、水素(80%) + 水蒸気(20%)雰囲気同温度環境では、完全水素環境に比べて脱炭の程度は低下する傾向が認められた。

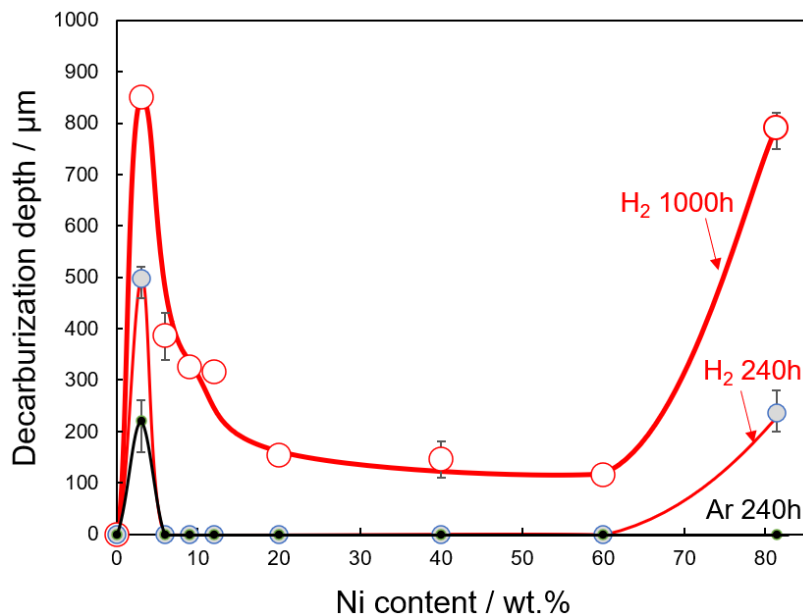


図2 800°C各種雰囲気各時間保持した試料の脱炭領域のFe/Ni比依存性

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

2050年カーボンニュートラルの実現には、エネルギー貯蔵媒体としての水素の利用が不可欠であり、水素製造から発電、エンジン等の水素利用技術の成否が鍵を握る。再生可能エネルギーを利用して水素を効率的に製造できる固体酸化物型高温水電解装置や水素を燃料としたガスタービン発電ならびに水素エンジンでは、「水素＋水蒸気」を含む高温環境において長時間使用可能な耐熱材料が必要となる。本課題は、上記水素利用技術の生命線となるステンレス系耐熱材料の高温水素雰囲気における材質変化挙動を調べるものであり、その明確化を通じて同技術に貢献することが予想される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請事業者は、これまで、多くの金属系耐熱材料において微細構造形成機構の解明に関する研究に取り組んできてきた。今回の研究では、脱炭素化社会の実現に資する様々な機械において新たに生じる高温水素環境において耐熱材料の微細構造形成・変化を調べるものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

なし

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

研究室ホームページでの紹介サイト (<http://steel.mtl.titech.ac.jp/topics1.html>)

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東京工業大学 (トウキョウコウギョウダイガク)

住 所： 〒152-8550

東京都目黒区大岡山2-12-1 S8-3

担 当 者： 准教授 小林覚(コバヤシサトル)

担 当 部 署： 物質理工学院材料系(ブッシツリコウガクインザイリョウケイ)

E - m a i l: kobayashi.s.be@m.titech.ac.jp

U R L: <http://steel.mtl.titech.ac.jp/>