

析出硬化型高Mnオーステナイト鋼の水素脆化挙動に関する研究

細田, 孝

<https://hdl.handle.net/2324/4784617>

出版情報 : Kyushu University, 2021, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 細田 孝

論 文 名 : 析出硬化型高 Mn オーステナイト鋼の水素脆化挙動に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

水素社会の実現に向けた取組みの活発化, さらにはその先の発展と拡大に伴い, 優れた耐水素性を有しつつ, 現行の水素環境用材料よりも高強度かつ安価な材料を求める声が高まっている. こうした要求に応える材料開発を目指し, 本研究では析出硬化型高 Mn オーステナイト (以下, Mn- γ) 鋼に着目した. 耐水素高強度鋼の開発を狙う上で, 材料特性や変形・破壊挙動に及ぼす水素の影響の理解が必要不可欠である. 本研究では, 析出硬化型高 Mn- γ 鋼の侵入水素有無での性能と破壊挙動, そして従来知見との比較を通して, 本鋼種の材料特性や変形・破壊挙動に及ぼす水素の影響を究明することを目的とした. 具体的には, 鋼材の組成および組織状態を種々変化させた試験片にて侵入水素有無での引張特性の評価と破断試験片の観察と解析によって水素環境下における本鋼種が持つ材料特性の本質とそれに及ぼす水素の影響を捉える調査を行った. また, 得られた知見から, 水素社会の発展と拡大により貢献できる鋼材の開発指針を検討した. 本論文は以下の全 6 章で構成されている.

第 1 章では, 本研究の背景として, 水素エネルギー利用社会の実現への期待と, 今後の同社会の発展と拡大に対して鉄鋼材料が抱えている現状の課題について説明した. また, 将来ニーズへの対応を見据えた鋼材開発のベース材料として, 析出硬化型高 Mn- γ 鋼を挙げ, その特徴と, そこから推察できる水素社会適合性について述べた. そして, 水素環境用材料の開発において, 必ず向き合うべき水素脆化現象について, これまで提案されてきた金属中の水素脆化メカニズムについて概観し, 既存の γ 系ステンレス・耐熱鋼の水素環境への適用状況と, 各々の課題について言及した.

第 2 章では, 析出硬化型高 Mn- γ 鋼について, まず, 耐水素性評価の基盤となる通常環境 (大気中・常温・常圧) での機械的性質および金属組織の把握を行った. そして鋼材の耐水素性を比較的簡易に評価できる陰極水素チャージ法と, 低ひずみ速度引張 (Slow strain rate tensile : SSRT) 試験を組合せた実験により, JIS 規格ステンレス・耐熱鋼を比較対象として, 本鋼種の耐水素性についてのスクリーニング評価を実施した.

第 3 章では, 前章の方法では評価できなかった, 鋼材内部まで均一に水素が侵入した場合, すなわち内部水素が析出硬化型高 Mn- γ 鋼の耐水素性に及ぼす影響について, 高温・高圧水素チャージ法と SSRT 試験を組み合わせ評価した. 評価結果および試験後の破面の観察と解析から, 材料固有の破壊メカニズムと破壊に及ぼす水素の影響を考察し, それに基づいて, より耐水素性を向上させる方策を検討した.

第 4 章では, 析出硬化型高 Mn- γ 鋼の耐水素性の向上には, 前章から, 積層欠陥エネルギー (Stacking fault energy : SFE) の上昇が有効と考えられた. SFE 上昇には, 成分調整が必要であり, まず本鋼種の成分系において SFE の増減に寄与する合金元素を見出すため, 主要元素である Ni と Mn が本鋼種の SFE に及ぼす影響を, 透過型電子顕微鏡 (Transmission electron microscope : TEM) を用いた拡張転位の観察とその幅の測定により調査した. また, 得られた知見から, SFE

の上昇が期待できる新しい析出硬化型高 Mn- γ 鋼の合金設計を実施した。

第 5 章では、前章で検討した高 SFE 成分の析出硬化型高 Mn- γ 鋼を実際に製造し、研究対象材料として用いて、高温・高圧水素チャージと SSRT 試験を組み合わせ耐水素性を評価し、高 SFE 化の効果を確認した。その後、これまでの一連の調査を通して得られた知見に基づいて、水素社会の構築と発展に貢献し得る耐水素高強度鋼の、今後の開発指針および具体的な方策を、検討し、提案した。

第 6 章では、本論文の総括を行った。

〔作成要領〕

1. 用紙はA4判上質紙を使用すること。
2. 原則として、文字サイズ10.5ポイントとする。
3. 左右2センチ，上下2.5センチ程度をあげ，ページ数は記入しないこと。
4. 要旨は2,000字程度にまとめること。
(英文の場合は，2ページ以内にまとめること。)
5. 図表・図式等は随意に使用のこと。
6. ワードプロ浄書すること（手書きする場合は楷書体）。
この様式で提出された書類は，「九州大学博士学位論文内容の要旨及び審査結果の要旨」
の原稿として写真印刷するので，鮮明な原稿をクリップ止めで提出すること。