

Title	オーステナイト系ステンレス鋼の水素助長き裂進展に関する基礎的研究
Author(s)	板谷, 雅雄
Citation	大阪大学, 1991, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37295
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名・(本籍)	いた 板	たに 谷	まさ 雅	お 雄
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	9760	号	
学位授与の日付	平成3年3月26日			
学位授与の要件	基礎工学研究科 物理系専攻 学位規則第5条第1項該当			
学位論文題目	オーステナイト系ステンレス鋼の水素助長き裂進展に関する基礎的研究			
論文審査委員	(主査)			
	教授	小倉 敬二		
	(副査)			
	教授	福岡 秀和	教授	小坂田宏造 助教授 三好 良夫

論文内容の要旨

水素環境下ではフェライト鋼，特に高強度のフェライト鋼は著しいぜい化を生ずることが良く知られているが，オーステナイト系ステンレス鋼の水素ぜい化については定量的に明確ではなく，水素ぜい化の機構についても明らかではない。本研究では水素の影響が特に顕著に現れると考えられる繰返し荷重下におけるき裂進展挙動に注目し，オーステナイト系ステンレス鋼の水素助長き裂進展挙動を明らかにすることを目的とした。この鋼の場合，水素ぜい化挙動への加工誘起マルテンサイト変態の役割がこれまでも議論の焦点となっており，本研究でも最も重要な検討課題とした。さらに，き裂先端への水素の拡散挙動の定量的把握を重要課題とした。

オーステナイト系ステンレス鋼に多量の水素を吸蔵させ得る高温陰極電解法により水素を吸蔵させた SUS304 (18Cr-8Ni) および SUS301 (17Cr-7Ni) 鋼を用いて繰返し荷重下のき裂進展挙動を調べた。この結果，オーステナイト安定度の低い SUS301 鋼の方が水素を吸蔵していない生材からのき裂進展速度の加速は大きく，20wt ppm 程度の固溶水素で約20倍の加速を生じることが明らかになった。水素吸蔵材のき裂進展にはき裂進展速度が主に応力拡大係数の変化幅 $\Delta K_{I,II}$ に依存する $\Delta K_{I,II}$ 支配型のものと，応力拡大係数の最大値 K_{max} がある値以上となったときに生ずる K_{max} 支配型のものとが存在し， K_{max} 支配型のき裂進展の始まる K_{max} 値 ($K_{I,II}$) は SUS301 鋼の方が低いことがわかった。また，応力比 ($= K_{min}/K_{max}$) が0.05と低い場合，生材では顕著なき裂閉口を生じてき裂進展速度が低下するが，水素吸蔵材ではき裂閉口がほとんど生じず，き裂進展速度の加速がより著しくなることも明らかとなった。

SUS304, SUS301 鋼の水素助長き裂進展に及ぼす試験温度の影響を調べ，水素吸蔵材，水素吸蔵

下ともにき裂進展速度の加速はS U S 301鋼では60℃, S U S 304鋼では40℃付近のある温度において最大となることを明らかにした。温度の上昇とともに水素ぜい化感受性の高い加工誘起マルテンサイトの生成量が現象する一方, 水素の拡散係数は温度の高いものほど大きくなることから, これらの相乗効果が室温から60℃の間のある温度で最大となり, この温度でき裂進展速度は最も大きく加速されるものと推察された。き裂進展破面上で加工誘起マルテンサイトの生成挙動を調べた結果, オーステナイト系ステンレス鋼の水素助長き裂進展は生材自身の加工誘起マルテンサイトの生成挙動とき裂先端への水素の拡散挙動によって支配されていることが明確となった。

オーステナイト系ステンレス鋼ではき裂先端で水素の拡散係数の高い加工誘起マルテンサイトが生成される。マルテンサイト相中では水素の集中が生じ易く, これを取り囲むオーステナイト相中の水素の拡散係数が低いために, 室温から60℃というフェライト鋼と比較して高い温度でも水素は急速に周囲へ拡散することがない。このことがき裂先端のマルテンサイト中で高濃度の水素が維持される原因であり, き裂進展速度に大きな加速を生じる最大要因であると結論される。き裂先端の水素の集中挙動を数値解析し, このようなき裂先端のマルテンサイト相をオーステナイト相が取り囲む二重構造となる効果はマルテンサイトの生成される領域が破壊のプロセスゾーンの寸法と同程度となるときに最大となること, 負荷レベルが高く, プロセスゾーンの寸法が水素の拡散距離に比べて非常に大きくなると, これらの温度においてもき裂先端の水素集中は生じ難いことが定量的にも確認された。

論文審査の結果の要旨

本論文はオーステナイト系ステンレス鋼について, 高濃度の水素環境下におけるぜい化挙動, 特に繰返し応力下の水素助長き裂進展挙動を実験的に明らかにしたものであり, 以下のような成果を得ている。

- (1) 高温陰極電解法によって高濃度の水素を吸蔵させたオーステナイト系ステンレス鋼S U S 304 (18 Cr - 8 Ni) およびS U S 301 (17Cr - 7 Ni) を用いて, 繰返し応力下のき裂進展挙動を調べた。この結果, オーステナイト安定度の低いS U S 301鋼の方が水素によるぜい化の度合いが大きく, 水素吸蔵材における非吸蔵材からのき裂進展速度の加速は20wt ppm 程度の固溶水素で10倍以上に達することを明らかにしている。
- (2) 水素吸蔵材のき裂進展速度におよぼす試験温度の影響を-20から100℃の範囲で調べ, き裂進展速度の加速率がS U S 301鋼では60℃, S U S 304では40℃付近のある温度において最大となることを明らかにしている。このように中間温度で加速率が最大となる原因は, 温度の上昇とともに水素ぜい化感受性の高い加工誘起マルテンサイトの生成量が減少する一方, 水素の拡散が温度の高い場合ほど大きくなることによる相乗効果にあることを指摘している。
- (3) き裂先端近傍の水素拡散の様子を有限要素法で数値解析した結果, き裂先端に形成される加工誘起マルテンサイトが水素の拡散挙動にも大きな影響を与えていることを定量的に明らかにしている。すなわち, き裂先端では拡散係数の大きなマルテンサイトの部分が, これの小さいオーステナイトの部

分に取り囲まれる二重構造となっているために、40~60℃というような高い温度下でも水素は周囲へ急速に拡散しない。このことがき裂先端部の水素濃度が高く維持される原因であり、したがってまたき裂進展速度を高める主要因になっている。

- (4) き裂先端に生成されるマルテンサイト領域のサイズと破壊のプロセスゾーンのサイズが同程度の時に、き裂進展速度が最も大きく加速されることを指摘している。すなわち、塑性ひずみが大きく加工誘起マルテンサイト領域が広すぎる低サイクル疲労域より、この領域が限定される高サイクル域において、水素によるき裂進展速度の加速がより顕著に現れることを指摘している。

以上のように本論文は、オーステナイト系ステンレス鋼の水素ぜい化の現象に関し新しい多くの知見を得ており、材料強度研究上貢献する所が大きい。よって学位論文として価値あるものと認める。