

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	サワー環境下における鉄鋼材料の水素誘起割れに及ぼす材料因子と環境因子の影響解明に関する研究
Title(English)	Study on the Effects of Material and Environmental Factors on Hydrogen-Induced Cracking of Steel Materials in Sour Environments
著者(和文)	藤城泰志
Author(English)	Taishi Fujishiro
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11765号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:多田 英司,小林 能直,河村 憲一,小林 覚,上田 光敏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11765号, Conferred date:2022/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		藤城 泰志	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	多田 英司	教授	審査員	上田 光敏	准教授	
	審査員	小林 能直	教授				
		河村 憲一	准教授				
		小林 覚	准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「サワー環境下における鉄鋼材料の水素誘起割れに及ぼす材料因子と環境因子の影響解明に関する研究」と題し、全5章から構成されている。

第1章「緒論」では、 H_2S を含む湿潤環境であるサワー環境において、鋼中に多量の水素が侵入することによって生じる水素誘起割れ (Hydrogen Induced Cracking, HIC) と呼ばれる水素脆化の特徴とともに、その発生・伝播挙動に対して、鋼中の介在物や硬さなどの材料因子や、 H_2S 分圧やpHなどの環境因子の影響について既往の研究を概説し、HIC機構の解明には、HICき裂発生と伝播挙動に対して、材料因子と環境因子の影響に関する定量的な評価が必要であると指摘している。特に、HICき裂発生部における割れ臨界水素濃度の定量化、HICき裂伝播速度と結晶方位との関係、サワー環境下における鋼中への水素侵入に影響する因子であるpHおよび H_2S 分圧とHIC感受性との関係を明確化することが重要であると述べ、同時にこれらが耐サワー性を有する鉄鋼材料の開発にとって必須の課題になることを指摘し、本論文の目的と構成を示している。

第2章「水素誘起割れ発生部における割れ臨界水素濃度の評価」では、5mass% NaClを含むpH 3の酢酸緩衝溶液中、 H_2S 分圧を1 barと0.01 barに調整したサワー環境下において、超音波探傷法とHIC破面観察とを組み合わせた新規観察手法により、低合金鋼のHICき裂発生時間と発生場所のその場測定を実施している。その結果、HICき裂の発生は、鋼中のMnSの析出部で生じること、またHICき裂発生までの誘導時間が延伸したMnSの長径の減少にともない増加することを明らかにしている。さらに、電気化学的水素透過試験法により、サワー環境中から鋼中に侵入する水素の表面濃度を求め、それをもとにして有限要素法によって計算した鋼中の水素濃度分布から、長径が260 μm のMnS部を起点とするHICき裂発生位置において、割れ臨界水素濃度が0.38 ppmであると推定している。また、HICき裂の発生は、 H_2S 分圧によらず割れ臨界水素濃度に達した段階で生じると述べている。

第3章「水素誘起割れの伝播に及ぼす金属組織の影響」では、サワー環境下における低合金鋼のHICき裂伝播挙動に及ぼす金属組織の影響として、フェライト粒の結晶方位とHICき裂伝播挙動との関係を調査している。そこで、フェライト粒の結晶方位を調整するために、低合金鋼をオーステナイト域で熱間圧延した後、フェライトとオーステナイトの二相域における制御圧延を行い、フェライトのへき開面である $\{100\}$ を圧延面に対して平行に発達させた圧延集合組織を

有する試料を作製している。この試料を用いて、5mass% NaClを含むpH 3の酢酸緩衝溶液に対して1 barで H_2S を飽和させた溶液中において、HICき裂伝播挙動を、HIC破面に投影した超音波反射像から求めたき裂長さの時間変化と、走査型電子顕微鏡観察および電子線後方散乱回折像にから得られたき裂伝播経路をもとに検討している。その結果、圧延集合組織を有する試料のHICき裂伝播速度は、圧延集合組織を有しないものに比べ大きくなること、さらに、HICき裂の伝播が主に{100}に沿って生じ、無加工フェライト部で一時停留することを明らかにしている。以上の結果から、HICき裂の伝播はフェライトのへき開面で促進されることを示し、フェライトの結晶方位がHICき裂の伝播挙動に影響を及ぼすことを説明している。

第4章「サワー環境下における環境因子と水素誘起割れ感受性との相関」では、サワー環境下における低合金鋼の水素侵入特性を、電気化学的水素透過試験によって種々のpHと H_2S 分圧において測定される水素透過電流と鋼板厚さとの積で表される水素透過係数によって評価している。その結果、水素透過係数は、サワー環境への暴露初期では大きな値を示すが、鋼表面にFeS皮膜が形成することにより徐々に減少した後、定常値に達することを明らかにしている。また、水素透過係数の定常値は、pHの低下と H_2S 分圧の増加によって大きくなるが、その影響は H_2S 分圧の方がpHと比較して大きいと述べている。一方、超音波探傷法によって求められるHICによる割れ面積率から評価した低合金鋼のHIC感受性は、水素透過係数の定常値の大小と相関することを示している。以上の結果から、鉄鋼材料のHICに対するサワー環境の過酷度が水素透過係数の定常値によって評価できると述べている。

第5章「結論」では、本論文の第1章から第4章を総括している。

以上を要するに本論文は、サワー環境において鋼中に水素が侵入して生じるHICき裂発生部の割れ臨界水素濃度を定量化する手法を確立し、フェライト中のHICき裂伝播挙動に対する結晶方位の影響、ならびにサワー環境の過酷度と低合金鋼のHIC感受性との相関を明らかにしたものであり、今後、耐サワー性に優れる鉄鋼材料の設計指針となるものであって、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。