

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	二相ステンレス鋼の局部腐食機構に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	伊藤将宏
Author(English)	Masahiro Ito
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11766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,林 幸,小林 覚,上田 光敏
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11766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)	要約
Type(English)	Outline

論文要約

THESIS OUTLINE

系・コース： Department of, Graduate major in	材料 材料	系 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（工学）
学生氏名： Student's Name	伊藤将宏		指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	多田英司	

要約

Thesis outline

二相ステンレス鋼はフェライト(α)相とオーステナイト(γ)相の割合が 50:50 で構成されるステンレス鋼であり、高耐力、高耐食性が特徴である。海水淡水化設備などの産業設備の製造には溶接工程などの入熱プロセスが必須であるが、熱影響による金属組織の相率変化や金属間化合物の形成により、物性が変化し、製品事故が発生してきた。その原因は Cr 化合物の析出による、周辺組織における Cr 欠乏相の形成を起因とする耐食性低下とされている。しかし、先行研究では各種二相ステンレス鋼に Cr 欠乏相の形成位置と局部腐食の発生位置の一致は確認されており、二相ステンレス鋼の耐食性低下機構は十分に解明されていない。そこで本論文では、二相ステンレス鋼の局部腐食機構の解明を目的として、実環境試験による耐食性評価および環境パラメータの影響評価と、実溶接模擬入熱処理による金属組織の変化および局部腐食の発生要因を検討した。また、これらの試験環境および試験材料における耐食性改善策を検討し、発生および進展抑制条件下における防食条件の設定を目的とした。

第 1 章「緒論」では地球温暖化対策や労働人口の減少に伴う生産設備の長寿命化要求における防食の役割や、鉍物需要の高まりに伴う省合金元素化の要求などを示した。特に、海水淡水化設備に代表される海水関連産業設備において採用が広がる二相ステンレス鋼溶接部に関する従来研究を総括し、二相ステンレス鋼の局部腐食機構の解明および、耐食性を改善する防食技術の施工が製品信頼性向上および地球上の課題解決に対する意義を示した。また、本論文の目的と構成を示した。

第 2 章「実環境試験におけるステンレス鋼の耐食性および環境パラメータの影響」では、実海水環境浸漬試験における各種ステンレス鋼の腐食量を測定し、腐食発生・進展要因を検討した。特に微生物の有無や、塩化物イオン濃度、電気伝導度、pH による局部腐食の発生および進展に対する影響に関して検討した。従来材であるオーステナイト系ステンレス鋼 S31603 と比較し、省合金二相ステンレス鋼 S32101 の耐食性が劣ることをすき間腐食の発生確率および進展量から示した。また、普通二相ステンレス鋼 S31803 やスーパー二相ステンレス鋼 S32750 は、過酷環境と想定した中東海域模擬環境（塩濃度 4.5%、水温 40℃）においても十分な耐食性があった。一方で、微生物による腐食加速の可能性が有る場合には、すき間腐食が発生する鋼種の電位が浸漬初期の -0.2V vs. Ag/AgCl in seawater から +0.2V vs. Ag/AgCl in seawater まで上昇し、すき間腐食の発生リスクがより高まることを示した。また、普通二相ステンレス鋼でも -0.1V vs. Ag/AgCl in seawater まで電位が上昇し、すき間腐食の発生リスクが上昇することを示した。

第 3 章「二相ステンレス鋼の局部腐食発生機構解明」では、産業上必須な熱影響による耐食性低下機構を検討した。二相ステンレス鋼圧延材および鍛造材に対し、実溶接プロセスを模擬した入熱プロファイルによる金属組織変化および局部腐食の発生を、耐食性評価および表面分析により評価した。第一に、採用手法の妥当性を確認するため、省合金二相ステンレス鋼圧延材 S32101 の 800℃ 等温処理材を用いて Cr 窒化物の形成や Cr 欠乏相の確認および耐食性低下の評価可否を検証し、測定可能である見込みを得た。続いて、実溶接プロセスを模擬した省合金二相ステンレス圧延材 S32101 の熱影響部を対象として、アノード分極測定において耐食性低下部位の優先溶解によると考えられる不動態保持電流の上昇を確認し、AES による表面分析結果から α/γ 粒界上に析出した 1 μ m 程度の Cr 窒化物の周辺に Cr 欠乏相の形成を確認した。最後に、電気化学 AFM を用いた in-situ 観察により、Cr 欠乏相と優先溶解位置の一致を明らかにした。一方で、普通二相ステンレス鋼圧延材では Cr 欠乏相を確認できなかった。鍛造材においては、普通二相ステンレス鍛造材では α 相内に 0.5 μ m 以下の Cr 窒化物が多数形成されたことを確認し、AES 分析による Cr 欠乏相の形成および定電位分極によって耐食性低下を確認した。

第 4 章「二相ステンレス鋼の局部腐食発生および進展抑制効果」では、二相ステンレス鋼の閉鎖系内での耐食性改善策を検討した。外部電源方式電気防食によって海水淡水化設備内配管、装置などの閉鎖系環境への影響を軽減するため、電位範囲を制限したラゴ試験によって防食条件を検討した。その結果、陽極電位が 1.2V vs. Ag/AgCl in seawater 以下であれば次亜塩素酸イオンなどの発生を抑制しながら、防食対象の電位が低下し、防食可能となる条件を見出した。また、同条件を実海水環境に適用し、1050℃ の熱処理によって耐食性が低下した省合金二相ステンレス鋼 S32101 が、普通二相ステンレス鋼 S31803 およびスーパー二相ステンレス鋼 S32750 と同等の耐食性を示すことを明らかにした。また、実機構造における防食効果の検証として、模擬配管において減衰効果を検討した。距離に応じた電位低下量の減少と、分岐が電位低下に影響を及ぼさないことを確認した。また、一定以上の印加電圧、印加電流によって狭隘部の電位が配管などと同等の電位になることを確認し、狭隘部も制限された防食条件下で防食効果を得られる見込みを得た。最後に第 2 章から第 4 章の研究結果から、材料因子と環境因子の重要性を比較し、材料因子の重要性を示した。

第 5 章「総論」では本研究の結果を基に二相ステンレス鋼の局部腐食発生・進展機構および抑制策を提案し、本論文を総括した。