

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

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	
			指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)		

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

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装置の製造には溶接工程などの入熱プロセスが必須であり、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。その原因は一般に、Cr 化合物などの析出による Cr 欠乏相の形成を起因とする耐食性の低下とされている。しかし、先行研究では各種二相ステンレス鋼に Cr 欠乏相形成位置と局部腐食発生位置の一致は確認されておらず、二相ステンレス鋼の耐食性低下メカニズム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、これらの試験環境における耐食性改善策を検討し、局部腐食の発生および進展抑制条件を明らかにすることも目的とした。

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、海水環境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による製品信頼性向上と地球課題の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、腐食発生および進展の要因を検討した。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を対象とした。その結果、従来材であるオーステナイト系ステンレス鋼と比較し、省合金二相ステンレス鋼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やスーパー二相ステンレス鋼は、過酷環境と想定した中東海域模擬環境（海水塩濃度 4.5%、水温 40℃）においても十分な耐局部腐食性があった。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+0.2V vs. Ag/AgCl in seawater とより高い電位まで上昇し、すき間腐食の発生リスクが一層高まることを示した。また、普通二相ステンレス鋼においても-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存在することを示した。

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メカニズムを検討した。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を適用し、その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 AES などを用いた表面分析や電気化学 AFM などによる表面観察により評価した。省合金二相ステンレス鋼圧延材の 800℃ 等温処理材において、本研究の採用手法によって Cr 窒化物の形成や Cr 欠乏相の確認および耐食性の低下を確認した。また、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熱影響部において、 α/γ 粒界上に析出した 1.0 μm 程度の Cr 窒化物の周辺に Cr 欠乏相が形成され、局部腐食発生・進展位置との一致を確認した。普通二相ステンレス鍛造材では α 相内に 0.5 μm 以下の Cr 窒化物が多数形成されたことを確認し、Cr 欠乏相の形成および耐食性の低下を確認した。これらの結果より、Cr 窒化物形成および Cr 欠乏相による局部腐食発生および進展機構を提案した。

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、装置などの閉鎖系周辺環境への影響を軽減するため、塩素ガスなどが発生しない、アノード電極電位が 1.2V vs. Ag/AgCl in seawater 以下となる電気防食施工条件における二相ステンレス鋼への防食効果を検討した。その結果、海水中において塩素ガス発生を抑制する条件下で防食効果を得られる見込みを得た。また、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。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

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)： 博士 Academic Degree Requested 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
			指導教員(副)： Academic Supervisor(sub)	

要旨(英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

Duplex stainless steels have high strength and corrosion resistance. Recently, duplex stainless steels have been replacing austenitic stainless steels because the longer lifetime of industry plants is required. Despite using duplex stainless steels, critical incidents like water leakage may occur due to pitting or crevice corrosion because of defects depending on the manufacturing process. When duplex stainless steel is used for the piping and various other apparatus, high quality welding is indispensable for the fabrication of joint parts. Most of the previous research has focused on the chromium intermetallic compounds (especially Cr nitrides), which precipitate in heat affected zone of the duplex stainless steel. Therefore, to resolve degradation mechanism in corrosion resistance and to improve reliability of duplex stainless steels was investigated in this study.

Corrosion progresses in some actual environments were investigated by immersion, electrochemical test, water inspection, Scanning Electron Microscopy and Electron Dispersive X-ray Spectroscopy. Critical preferential corrosion in harsh environment did not occur in normal and super duplex stainless steels, and lean duplex stainless steel occurred more severe corrosion progress compared with austenitic stainless steel. In addition, microbiology may accelerate corrosion progress in normal duplex stainless steel.

Electrochemical Atomic Force Microscopy and Auger Electron Microscopy detected Cr nitrides in grain boundary of rolled lean duplex stainless steel and preferential corrosion initiated surrounding Cr nitrides. This research revealed the match between preferential corrosion site and Cr depletion area. In addition, a lot of Cr nitrides precipitated in ferrite phase of cast normal duplex stainless steel and degraded corrosion resistance.

Closed system like pipe and apparatus in desalination plant is required to control anodic electrode potential because of generation of Cl_2 gas. The condition of impressed cathodic protection was considered in laboratory and the effect was examined actual seawater. Lean duplex stainless steel with application of impressed cathodic protection under limited condition improved corrosion resistance and the resistance is equal to normal and super duplex stainless steel.

Finally, engineering control direction of duplex stainless steels was proposed on consideration of degradation mechanism from the experimental results and protection methods.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).