

補助事業番号 2018M-123

補助事業名 平成30年度 第二相析出によるステンレス鋼の耐食性予測の研究補助事業

補助事業者名 大阪大学 接合科学研究所 信頼性評価・予測システム学分野 井上裕滋

1 研究の概要

フェライト系ステンレス鋼SUS430を基本組成として、C、Ti、Nb量を種々変化させたステンレス鋼を高速ビデオカメラで溶接現象を観察しながら健全な溶接金属を作製し、得られた溶接金属をJIS G 0571に準拠した腐食試験により耐食性を評価した。C量の増加に伴い耐食性は低下し、TiおよびNbの添加によって耐食性は向上する。特に、 $(Ti+Nb)/C$ が約15以上になると、耐食性の改善効果が認められる。

2 研究の目的と背景

ステンレス鋼は優れた耐食性を有し、溶接性や加工性も良好であるという特徴を有しているため、各種化学プラントから民生品に至るまで様々な構造物に適用されている。今後も省資源、省エネルギーの要請に応える社会基盤材料として開発が期待される。一方、ステンレス鋼構造物の製造には、溶接接合技術が不可欠であり、各種環境での溶接接合部の特性確保が構造物全体の使用性能の観点から極めて重要となる。ステンレス鋼の溶接部は、鋼材に比べて耐食性が劣化し、溶接構造物の破壊や損傷の起点や伝播部分となっているため、その耐食性を評価・予測し、向上させることは重要な課題である。溶接部の耐食性劣化の主たる要因は、溶接時の熱履歴によって粒界に析出するCr炭化物の近傍にCr欠乏層が形成されるためである。溶接部の耐食性改善には、低C系ステンレス鋼の適用や溶接時の冷却速度を大きくしてCr炭化物の析出を抑える方法があるが、一方でCrより炭化物生成能が大きいTiやNbなどの元素を添加し、Cr炭化物の析出およびCr欠乏層の形成を抑制する手法も考えられる。本研究では、ステンレス鋼の化学組成から第二相の析出によりCr欠乏層の形成を抑制し、耐食性を向上させる手法の構築を目的とする。

3 研究内容

第二相析出によるステンレス鋼の耐食性予測の研究

URL: <http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/~spc4/index.html>

(1) 耐食性評価用の溶接金属の作製

本研究の目的としている溶接金属の耐食性評価に際しては、健全な溶接金属の作製が必須であり、それを実現するには高速ビデオカメラにて溶接現象をin-situで観察しながら溶接施工する必要がある。そこで図1に示す高速ビデオカメラ一式を購入し、観察可能な状況に装置の立ち上げを完了した。この装置を使用することにより、良好な溶接条件下で下記(2)に示す素材を施工し、耐食性の評価を行った。



図1 高速ビデオカメラによる溶接現象の観察方法

(2) 耐食性評価用素材の作製

フェライト系ステンレス鋼SUS430(0.034%C-16.2%Cr)を基本組成とし、C、Ti、Nbを種々変化させたステンレス鋼を作製した。作製したステンレス鋼の狙い組成を表1に示す。

表1 供試材料の狙い化学組成 (mass%)

| C | Cr | Ti | Nb | (Ti+Nb)/C |
|-------|------|-----|-----|-----------|
| 0.034 | 16.2 | — | — | 0 |
| | | 0.5 | — | 14 |
| | | 1.0 | — | 29 |
| | | 1.5 | — | 44 |
| | | — | 0.5 | 14 |
| | | — | 1.0 | 29 |
| | | — | 1.5 | 44 |
| 0.05 | | 0.5 | — | 10 |
| | | 1.0 | — | 20 |
| | | 1.5 | — | 30 |
| | | — | 0.5 | 10 |
| | | — | 1.0 | 20 |
| | | — | 1.5 | 30 |
| 0.07 | | 0.5 | — | 7 |
| | 1.0 | — | 14 | |
| | 1.5 | — | 21 | |
| | — | 0.5 | 7 | |
| | — | 1.0 | 14 | |
| | — | 1.5 | 21 | |

(3) 耐食性評価と耐食性指標

上記(2)で作製したステンレス鋼を図1の高速カメラを使用して健全な溶接金属を作製した。作製した溶接金属より試験片を切り出し、試験面を1μmのダイヤモンド研磨を施した後、JIS G 0571

に準拠した10%シュウ酸水溶液による電解エッチング試験を実施した。電解エッチング条件は1A/cm²となるように電流を調整し、90秒のエッチングの後、直ちに流水で洗浄した。

図2および図3に腐食試験後の各試験片のマイクロ組織を示す。

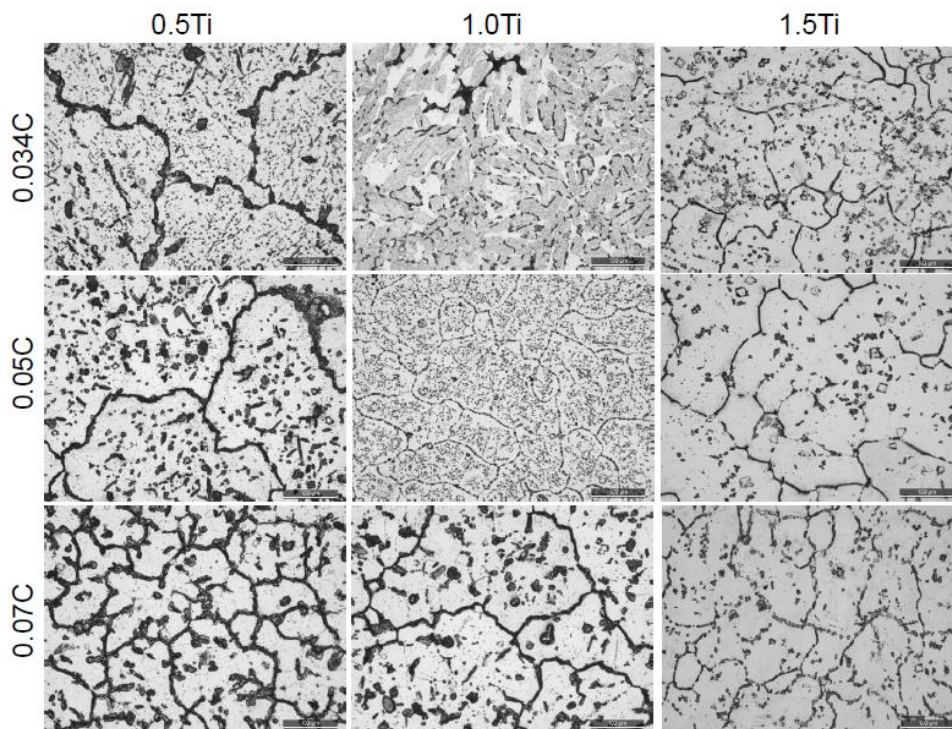


図2 Tiを添加した場合の腐食試験後の組織

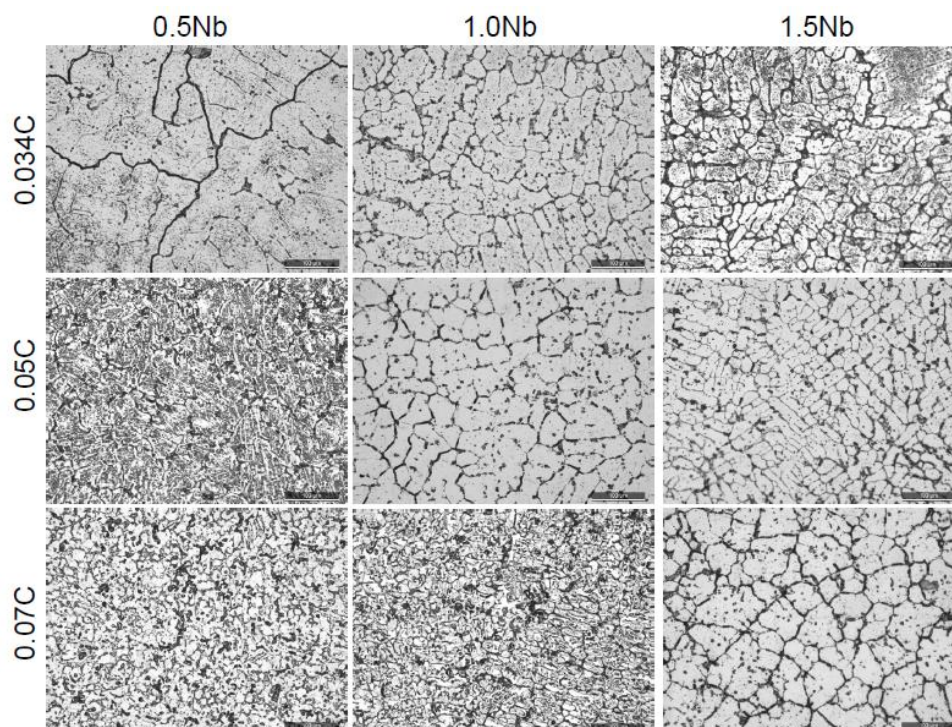


図3 Nbを添加した場合の腐食試験後の組織

図2および図3より、C量が増加するに伴い腐食の発生は激しくなるが、TiおよびNbを添加することで腐食の発生は抑制されている。図4にこれらの結果をまとめたものを示す。図4中において solid markは溝状組織で鋭敏化が激しく、open markは段状もしくは混合組織であることを示している。一部、1.5Nb-0.034Cで特異な組織が認められるが、概ね $(Ti+Nb)/C$ の値が約15以上になると、耐食性の改善効果が認められる。

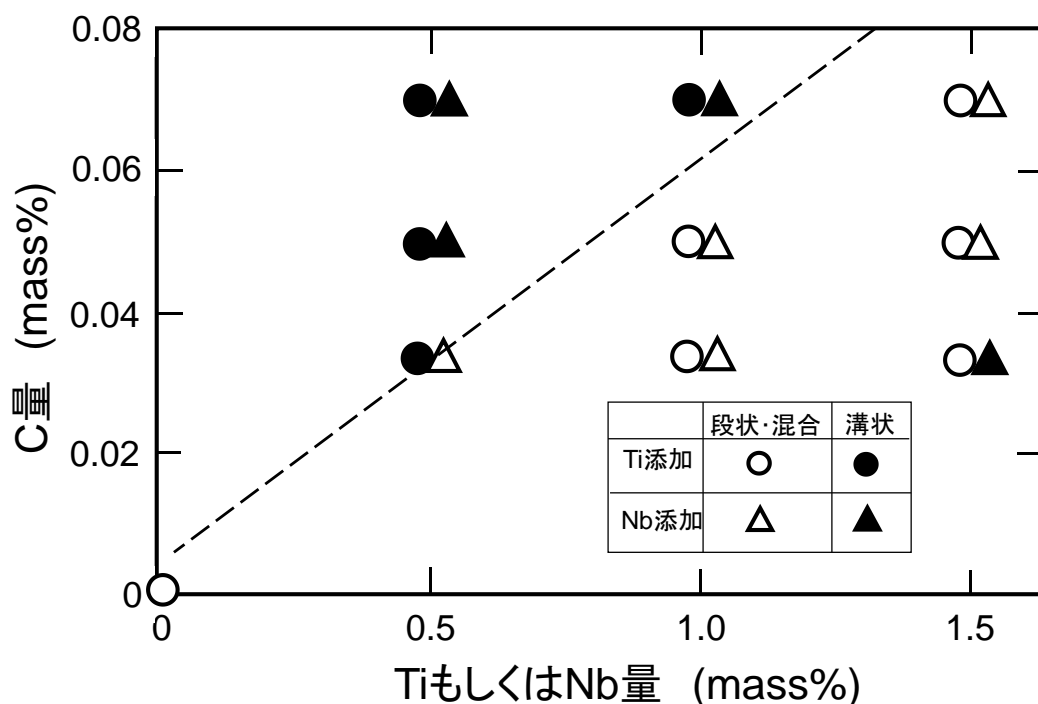


図4 耐食性に及ぼす C、Ti、Nb 量の影響

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

使用環境に苛酷化に伴う高耐食ステンレス鋼の開発および高耐食溶接材料の開発、さらにはステンレス鋼と他材料との異材溶接部における耐食性予測など、本研究は実機適用に求められるステンレス鋼溶接部の耐食性予測・評価指針として活かされ、産業界の発展に繋がるものと考えられる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

事業者はこれまで、ステンレス鋼・高合金溶接部の特性(耐食性および耐割れ性など)とマイクロ組織に関係解明に関する研究に携わってきた。ステンレス鋼の耐食性改善にはこれまで、低C系ステンレス鋼の使用や溶接時の冷却速度を大きくする手法などが採られてきたが、冷間加工などの歪みの影響や溶接欠陥の発生など課題があった。一方、Ti、Nb添加によるCr炭化物の析出抑制効果は知られていたが、その適正量については不明瞭なところがあった。今回の研究は、その適正量の明確化および評価指針の確立を目的としたものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

該当なし

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

本事業で得られた成果報告書

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 大阪大学 接合科学研究所

(オオサカダイガク セツゴウカガクケンキュウシヨ)

住 所： 〒567-0047

大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1

担 当 者： 教授 井上裕滋(イノウエ ヒロシゲ)

担 当 部 署： 接合科学研究所 信頼性評価・予測システム学分野

(セツゴウカガクケンキュウシヨ シンライセイヒョウカ・ヨソクシステムガクブン

ヤ)

E - m a i l: h-inoue@jwri.osaka-u.ac.jp

U R L: <http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/~spc4/index.html>