

すきま腐食評価法のご紹介

はじめに

ステンレス鋼は表面に形成される不動態皮膜の存在により、耐食性に優れた材料として知られ、生活環境や海洋環境、化学プラントなど様々な環境で使用されています。しかし、不動態皮膜は塩化物イオン(Cl⁻)に弱く、Cl⁻の存在する環境では不動態皮膜が部分的に破壊され、例えば図1のような金属が重なり合ったすきま部における局部腐食現象は一般的に「すきま腐食」と呼ばれています。実用構造物の設計では、ボルト・ナット接合部や溶接などのすきま構造をなくすることは困難であり、すきま腐食の発生しにくい、腐食が発生しても腐食損傷の小さい材料の開発、評価が求められています。今回は当社でおこなっているステンレス鋼のすきま腐食評価・解析方法の一部をご紹介します。

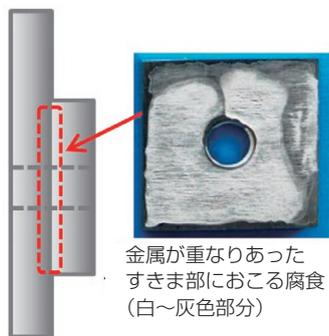


図1 すきま腐食例

1. すきま腐食発生の考え方¹⁾

すきま腐食などの局部腐食発生の可能性については、すきま腐食臨界電位(V_C)と使用環境での材料の E_{SP} (完全不動態化金属の自然電位 E_{corr} の定常値)とを比較する手法が提案されています。「 V_C は材料の耐すきま腐食性の尺度」として表され、 V_C が低い(卑な電位)ほどすきま腐食が起こりやすいと考えます。一方、「 E_{SP} は環境の腐食性をあらわす尺度」であり、 E_{SP} が高い(貴な電位)ほど腐食性の高い環境と考えられます。図2にCl⁻イオンを含む環境中での V_C と E_{SP} の相対的関係の模式図を示します。 $V_C > E_{SP}$ のAの領域ではすきま腐食は起こらず、 $V_C < E_{SP}$ のBの領域ではすきま腐食が起こると考えます。この V_C の評価は非常に大変なため、この値に近似される腐食すきま再不動態化電位($E_{R,CREV}$)を評価することで、すきま腐食自然生起の可能性や適正鋼種の選定に利用されています。

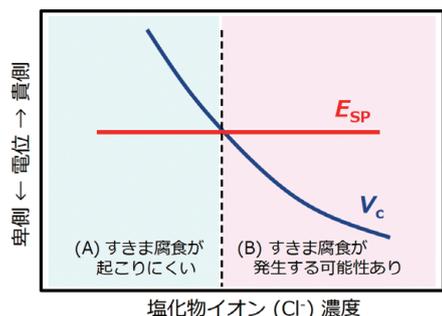


図2 V_C と E_{SP} との比較による評価模式図

2. 腐食すきま再不動態化電位($E_{R,CREV}$)評価 JIS G 0592²⁾

測定には、例えば図3のような金属同士を重ね合わせてすきま構造を付与した試験片を用います。試験片を電解セルに浸漬させ、ポテンショスタットを用いて一旦腐食させた後、電位を卑化させる操作を繰り返し、例えば図4のような分極パターンから腐食すきま再不動態化電位($E_{R,CREV}$)を測定します。応用として、実使用環境を模擬した溶液中での $E_{R,CREV}$ 評価と、長時間の自然電位測定で得られた E_{SP} とを比較することにより、図2の模式図の関係からすきま腐食自然生起の可能性の有無を推定することが可能です。

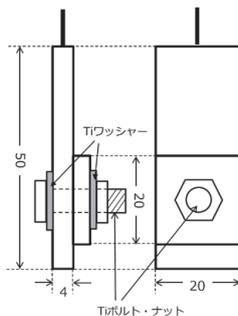


図3 試験片例

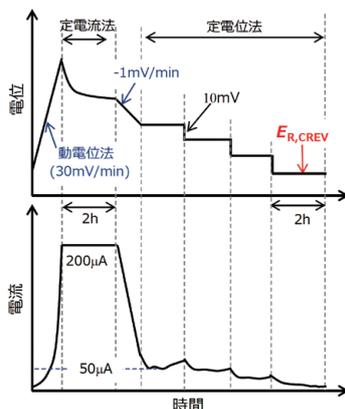


図4 分極パターン例

3. 定電位保持試験によるすきま腐食発生時間(t_{INCU})の評価^{3),4)}

材料の寿命を予測するうえで、すきま腐食発生時間(t_{INCU})を推定することは非常に重要です。この t_{INCU} の評価方法として、図3のような試験片を用いて複数の電位での定電位保持試験をおこないます。この時、一定面積の試験片に流れる電流は金属の溶解速度と考えることができますので、電流の経時変化から電流が急激に流れ出した時間を t_{INCU} とみなし、各電位での t_{INCU} を求めます(図5)。定電位値を変化させた時の t_{INCU} と、長期間測定した自然電位 E_{SP} を比較し、使用環境でのす

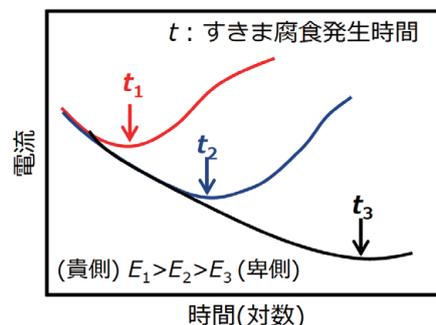


図5 電流-時間曲線模式図

きま腐食発生時間を推定します(図6)。定電位保持試験の応用として、環境中の E_{SP} の電位レベルで定電位保持時間を変化させた試験をおこない、試験後のすきま部の最大腐食深さから、板厚貫通時間(寿命)の推定もある程度可能です。

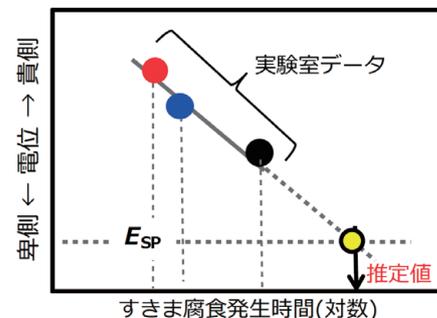


図6 電位とすきま腐食発生時間との関係

4. すきま腐食現象解明のための取組み⁵⁾

すきま腐食は構造上見えない場所で起こる場合が多く、すきま腐食進展挙動については未解明な点が多々あります。当社では、すきま腐食を直接可視化する技術を用いて(図7)、すきま腐食進展中の腐食領域の進展挙動や腐食面積・体積などの評価をおこない、すきま腐食現象の解明にも積極的に取り組んでいます。

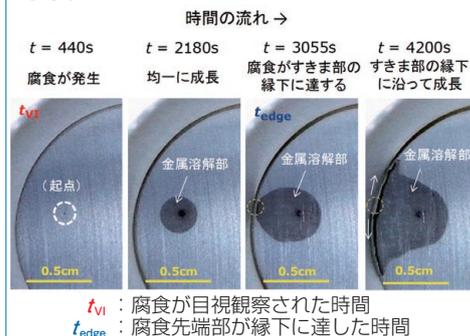


図7 すきま内観察例 (SUS304, $E=399\text{mV}$ vs. SHE、定電位保持)

お問い合わせ先

富士事業所 材料ソリューション部
腐食特性評価室
野瀬清美 松橋亮 若狭智明
TEL : 0439-80-2249
FAX : 0439-80-2767
E-mail nose-kiyomi@nsst.jp
matsuhashi-ryo@nsst.jp
wakasa-tomoaki@nsst.jp

参考文献

- 1) (社)腐食防食協会編：“材料環境学入門”，29，丸善(2002)
- 2) 日本工業規格：“ステンレス鋼の腐食すきま再不動態化電位測定方法 JIS G 0592” (2002)
- 3) 松橋亮，松岡和巳，金子道朗：“材料と環境”，Vol.56，No.2，p67 (2007)
- 4) 松橋亮，松岡和巳，伊藤公夫：“配管技術”，2010.5，p45
- 5) 松橋亮，野瀬清美，松岡和巳，梶村治彦：“材料と環境”，Vol.65，No.7，p309(2016)