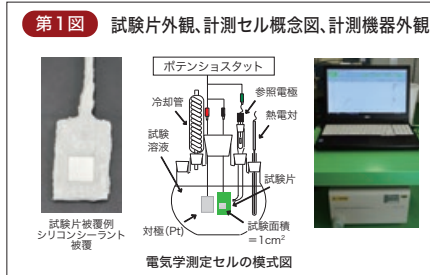


電気化学的手法によるステンレス鋼の耐食性評価

技術本部 材料ソリューション事業部 材料評価技術部 腐食防食技術室 橋本 郁郎

発電プラントなどでは、耐食性や耐熱性が必要な部材に古くからステンレス鋼が使用されてきましたが、蒸気条件は年々高温高压化しており、耐食性の要求は厳しくなっています。一方で、コスト要求などを背景にステンレス鋼の輸入も増加傾向があり、様々な調達先から購入した材料の耐食性を評価する場面が増えていきます。今回、温故知新記事としてとりあげるのは、その耐食性評価技術としての電気化学的手法です。この手法は当社が30年以上の受注実績を誇る評価技術であり、前述の動向から今後も需要の増加が予測されます。

以下、その原理と測定概要について説明します。水溶液中で金属材料が腐食しているとき、金属が電子を放出してプラスの電荷を持つイオンになる反応（アノード反応）と水素イオンが電子を受け取って水素になる反応（カソード反応）が同時に起きています。環境によっては、酸素、別の金属イオンなど水素以外の物質のカソード反応が関与することもあります。電気化学的手法とはこれらの反応を解析する測定であり、腐食環境で金属材料の電位を測定する方法、外部電源によって電位を制御して電流を測定する方法などがあります。基準となる電極に対して測定対象の材料の電位を制御するために、専用の基準電極や計測器（ポテンシostat）が使用されます。測定用試験片は評価面以外の反応の影響を受けないようにするため、評価面を残して絶縁塗料などで被覆します（第1図）。



ステンレス鋼の耐食性評価方法としては、孔食電位測定¹⁾²⁾や再活性化率測定³⁾⁴⁾などがあり、1980年代にJISに制定され、現在も使用されています。

1. 孔食電位測定(1981年制定)

ステンレス鋼など表面の不動態皮膜（薄いクロムの酸化物）によって腐食の進行が抑制されている金属では、環境によって表面の一部が溶解することがあります。大部分の不動態皮膜は健全で、局所的に腐食が進行して穴あきが点在した状態になることが多く、一般に「孔食」と呼ばれています。腐食部の面積は小さいため重量の変化は小さくても、腐食部は非常に深い腐食になって、板厚まで進展すれば貫通などの損傷となることがあります。

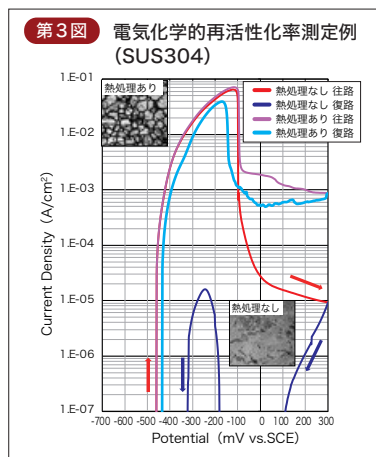
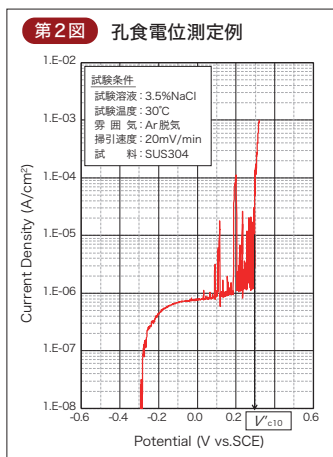
材料の孔食の起きやすさの指標として、孔食が発生・進展する下限の電位（孔食電位）が使われています。JIS G 0577では電位を一定速度で浸漬電位から+方向に走査し（アノード分極）、電位-電流曲線から孔食電位を決定する方法（第2図）が規定されています。ここでは $10\mu\text{A}/\text{cm}^2$ に対応する電位のうち最も+側の電位 V_{c10} を孔食電位としています。一般には電位が+側にあるほど孔食が起きにくい材料であると判定します。

2. 再活性化率測定(1986年制定)

前述のようにステンレス鋼は不動態皮膜によって、表面が腐食環境から遮断されていますが、特定の条件下において材料中の炭素とクロムが炭化物として結晶粒界に析出し、粒界の耐食性が劣化することがあります。この耐食性劣化の程度（粒界腐食感受性）を評価する手法の一つに電気化学的再活性化率測定があります。手順としては、酸溶液中で孔食電位測定と同様に+方向に走査した後、一定電位（JIS G 0580では+0.3V[飽和カロメル電極基準]）に到達後にアノード電流が0となる電位まで一方に走査します。この往路と復路の最大アノード電流の比が再活性化率であり、一般に再活性化率が高いと粒界腐食感受性が高いと判断します（第3図）。

往路の電流は「熱処理なし」と「熱処理あり」の違いはありませんが、「熱処理あり」は復路の電流が大きく再活性化率が高いことがわかります。組織観察においても「熱処理あり」は粒界が優先的に腐食した形態となっていました。

- ※1)：日本工業規格 JIS G 0577 ステンレス鋼の孔食電位測定方法(2014)
- ※2)：腐食防食協会第9専門委員会ステンレス鋼の局部腐食試験法分科会：防食技術、Vol.26(1977)、539
- ※3)：日本工業規格 JIS G 0580 ステンレス鋼の電気化学的再活性化率の測定方法(2003)
- ※4)：梅村文夫ほか：防食技術、Vol.28(1979)、24



耐食性の評価試験には時間がかかるものもありますが、電気化学的手法は比較的短時間で定量的評価ができます。そのため、ステンレス鋼の孔食や粒界腐食感受性の評価方法としてJIS制定から30年以上経過した現在でも広く使用されています。電気化学的手法としては、今回紹介した方法の他にもアノード・カソード分極曲線、浸漬電位の変動、異種金属接触電流、交流インピーダンスなどの測定があり、水溶液中の金属の腐食原因解析や腐食防止対策に活用されています。

電気化学測定においては、測定セルの設計・製作や測定試験片の被覆などが適切でないと、大気中酸素や参照電極成分の測定系への混入や、被覆下での腐食によって正しい測定ができません。最近では、測定手順が自動された市販の計測機器もありますが、上述の測定セルや測定試験片の製作には経験が必要です。当社は前述のように電気化学的手法による評価において豊富な実績があり、計測機器所有者を含む多くの顧客から継続的に測定業務を受託しています。