

めっき腐食反応解析への電気化学手法の適用

はじめに

表面処理鋼材は多様な分野で用いられていますが、長寿命化を目的として様々な改善が行われています。めっき処理に関しては、従来のZnめっきにAl、Mg等の元素を添加して耐食性を向上させる試みが続けられていますが、防錆メカニズムに立脚した改善を進めることは非常に重要です。当社では腐食試験に供した試験片を非破壊で電気化学測定し、メカニズムを解明できる手法を有していますので、その適用例を紹介いたします。

試験方法

今回確立した手法では、写真1に示す様に腐食試験片に特殊な加工を施し、電気化学測定を行うもので、測定後は特殊加工を外し、継続して腐食試験を行うことができます。従来の様に、腐食試験片から一定サイズのサンプルを切り出すことがありませんので、同一試料を継続して用いることができるうえ、一定面積が確保できれば試験片の形状制約を受けません。

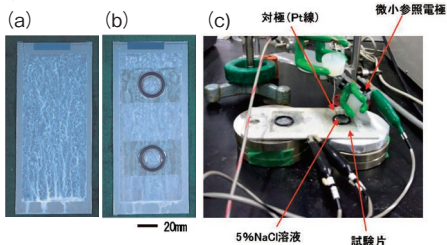


写真1 腐食試験片と測定時の状況
(a) 腐食試験に供した試験片 (b) 特殊加工後試験片 (c) 測定時の状況

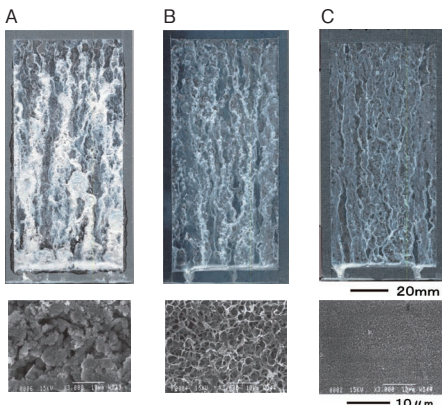


写真2 めっき組成の異なる材料A、B、Cの500hr塩水噴霧後の外観写真と錆のSEM写真

写真1(c)に示す様に特殊加工部に取り付けたOリング内に参照電極、対極を挿入し、測定溶液(一般的にはNaCl溶液)を注入した後、従来の電気化学測定装置(ポテンシオスタット、交流インピーダンス)に接続し目的とする測定を行います。

高耐食性めっきの考え方と適用例

めっき鋼板の耐食性は生成する錆(腐食生成物)の特性で決定され、耐食性の良い材料は緻密で遮蔽性のある錆が均一に覆っています。写真2はめっき組成の異なる3種類の材料を塩水噴霧試験に500hr供した後の外観と生成した錆をSEM観察した結果を示したのですが、A、B、Cの順で耐食性が向上し、それに伴い腐食生成物の状態も上述の様に緻密化しています。

この3種類の材料を用い5% NaCl溶液中で浸漬電位からアノード、カソード方向に走査速度1mV/sで分極測定を行った結果を図1に示します。耐食性の良好な材料は金属(Zn)の溶解反応に起因したアノード電流、溶存酸素の還元反応に起因したカソード電流のいずれも減少しています。特にカソード電流に関しては耐食性の良い材料は溶存酸素の拡散が抑制されるため、電流値が大幅に減少しています。

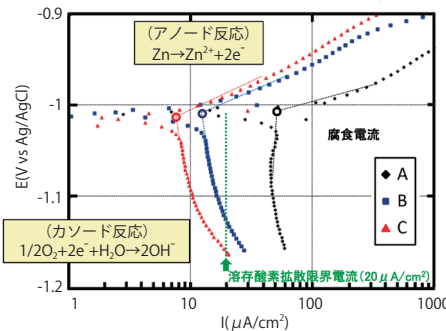


図1 3種類の材料の分極測定結果

表1 分極測定、交流インピーダンスから得られた結果と生じている現象の解釈

材料	耐食性	錆の状態	腐食電流 (μA/cm²)	反応抵抗 (ohm・cm²)	電気二重層容量 (μF/cm²)	酸素拡散定数 (cm²/s)
A	劣る	粗い遮蔽性無	40	43	356	1.7×10 ⁻⁵
B	中間	中間	15	413	26	2.2×10 ⁻⁶
C	良好	緻密遮蔽性有	0.9	583	19	9.6×10 ⁻⁷
高耐食性化に伴う変化			減少	増加	減少	減少
生じている現象			腐食抑制	腐食反応抵抗増加	緻密で平滑表面積減少	酸素拡散抑制

図2は交流インピーダンス測定結果です。手法の詳細は参考文献を参照願いますが、腐食反応を図に示す等価回路にあてはめ、反応抵抗・電気二重層容量、拡散抵抗を求める手法です。高耐食性化に伴い、半円で示される反応抵抗(Rct)が増加しています。分極測定、交流インピーダンスで得られた結果をまとめたのが表1です。材料の高耐食性化に伴い、表の下段に示す現象が生じており、それらを定量的に把握することが可能です。

おわりに

めっき鋼板の腐食過程へ電気化学手法を適用することで耐食性が定量的に把握できることを示しました。今回紹介した手法は他の材料(ステンレス等)への適用も可能で、非破壊で出来るため屋外でのその場測定にも展開できる可能性があります。

お問い合わせ窓口

富津事業所 材料ソリューション部 黒崎将夫
TEL 0439-80-2249 FAX 0439-80-2767
kurosaki.masao.6tg@nstec.nipponsteel.com

<参考文献>
板垣昌幸編、電気化学インピーダンス法 第2版 原理・測定・解析、(2018)丸善

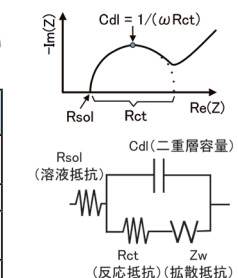
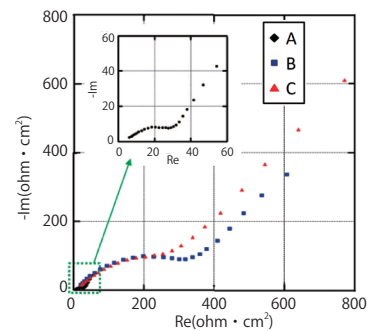


図2 交流インピーダンス測定結果と等価回路

社名変更のご挨拶

平素は格別のお引き立てを賜り厚く御礼申し上げます。さてこのたび弊社は、4月1日をもって社名を「日鉄テクノロジー株式会社」と変更いたしました。今後とも何とぞ変わらぬご愛顧を賜りますようお願い申し上げます。

代表取締役社長 岩田勝告