


دانش آزمایشگاهی ایران

سال نهم ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۰ ■ شماره پیاپی ۳۳

ISSN 2538-3450



روش آزمون غربالگری با توان بالا چیست؟

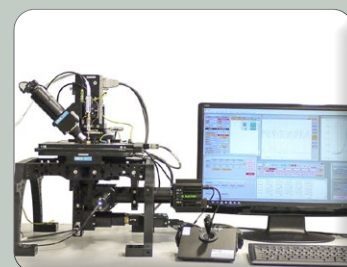
معرفی توانمندی مجموعه‌های عضو شبکه آزمایشگاهی بر بستر فضای مجازی 



معرفی روش سنجش جذب ایمنی
آنزیمی یا روش الیزا



آزمون‌های سنجش کیفیت عسل
مطابق با استانداردهای ملی ایران



کاربرد میکروسکوپ الکترونی
روشی در مطالعه خوردگی فلزات



جایگاه و اهمیت نظام تایید صلاحیت
ایران و ساختار کلی تایید صلاحیت
آزمایشگاه‌های آزمون و کالیبراسیون
بر اساس الزامات مرکز ملی تایید
صلاحیت ایران

نویسندگان

فاطمه خاکراه^{۱*}، زهرا زارع^۲
صدیقه صادق حسنی^۳
مهديه فصاحت^۴

*pkhakrah@yahoo.com

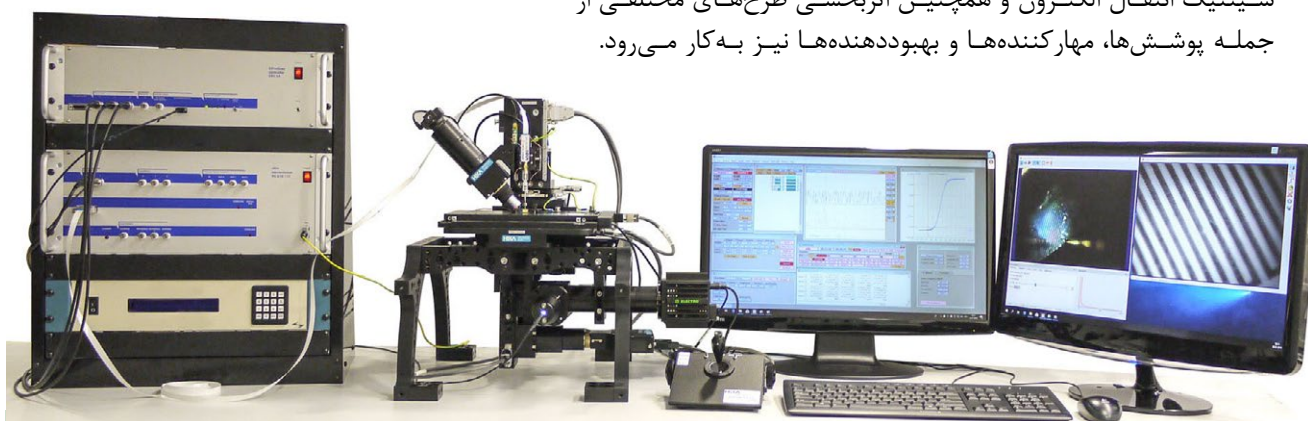
کاربرد میکروسکوپ الکتروشیمیایی روبشی در مطالعه خوردگی فلزات

چکیده

از زمان آغاز به کار میکروسکوپ الکتروشیمیایی روبشی، از آن برای بررسی خوردگی موضعی سیستم‌ها با تفکیک پذیری بالا مورد استفاده قرار گرفته است. میکروسکوپ الکتروشیمیایی روبشی یک روش منحصر به فرد روبشی است که به صورت الکتروشیمیایی برای تشخیص مواد شیمیایی و فعالیت‌های الکتروشیمیایی در سیستم‌های ناهمگن الکتروشیمیایی مانند تحقیقات خوردگی استفاده می‌شود. همچنین در مطالعه شروع و انتشار حفرات، ریزساختارهای سطحی، سینتیک انتقال الکترون و همچنین اثربخشی طرح‌های مختلفی از جمله پوشش‌ها، مهارکننده‌ها و بهبوددهنده‌ها نیز به کار می‌رود.

واژه‌های کلیدی

میکروسکوپ الکتروشیمیایی روبشی، خوردگی فلز، حفره‌زایی، واسطه ردوکس.



مقدمه

میکروسکوپ الکتروشیمیایی روبشی^۱ در اواخر دهه ۱۹۸۰ برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت و اندکی پس از آن برای اولین بار برای بررسی خوردگی ذرات تیتانیوم^۲ به کار گرفته شد. هدف از این مقاله، ارائه خلاصه‌ای از انواع خوردگی فلزات مورد مطالعه با استفاده از SECM است. خوردگی نتیجه انتقال ناهمگن الکترون بین یک فلز و محیط اطراف آن است و به ترکیب آن ماده (به‌عنوان مثال، آلیاژها) و محیط اطراف آن بستگی دارد. SECM قابلیت ثبت انتقال ناهمگن الکترون را با تفکیک‌پذیری فضایی بالا دارد و ابزاری سودمند در درک سازوکارهای خوردگی و روش‌های کاهش خوردگی است. به همین دلیل مطالعات خوردگی با ارائه اولین گزارش‌های استفاده از SECM در بررسی خوردگی رشد چشمگیری داشته است به طوری که طی سال‌های اخیر، درصد قابل توجهی از مقالات منتشر شده در زمینه SECM، به بررسی موضوع خوردگی پرداخته است [۱].

● کاربردهای SECM

SECM کاربردهای مختلفی دارد که در شکل (۱) خلاصه شده است. به برخی از کاربردهای SECM که توسط محققان برای مطالعه سیستم‌های خوردگی مورد استفاده قرار گرفته است در زیر اشاره شده است [۱۹]:

- شناسایی الکتروشیمیایی مکان‌های ایجاد حفره و امکان نظارت بر شروع و رشد حفره در محیط‌های مختلف؛
- استخراج سینتیک انتقال الکترون موضعی روی سطح زیرپایه؛
- شبیه‌سازی عددی برای تعریف و گسترش داده‌های تجربی؛
- آزمایش خراش به‌منظور تعیین اثربخشی و نظارت بر بهبود پوشش‌ها.



شکل (۱): کاربردهای SECM [۱].

● بررسی خوردگی فلزات با SECM

● فلزات آهنی

مطالعه خوردگی حفره‌ای:

بخش عمده‌ای از مقالات SECM در مورد خوردگی فلزات آهنی، بر پدیده‌های مرتبط با خوردگی حفره‌ای متمرکز شده است. در خوردگی آهن فرآیندهای مختلفی نظیر ناهمگنی‌های مرتبط با یک حفره، نقص در لایه‌های غیرفعال، نقش آنها در شروع خوردگی، پایدار و نیمه پایدار بودن پدیده حفره‌دار شدن مورد مطالعه قرار گرفته است.

هنگامی که فلزات آهنی در طی فرآیند خوردگی، دستخوش انحلال آندی موضعی می‌شوند، Fe^{2+} و Fe^{3+} شکل می‌گیرند که هر دوی این‌ها در محلول‌های آبی پایدار هستند و می‌توانند به‌عنوان واسطه‌های اکسایش-کاهش^۱ استفاده شوند. به‌طور معمول این نوع سیستم‌ها با استفاده از حالت تولید در زیرپایه/

جمع‌آوری در سوزن^۱ مورد مطالعه قرار می‌گیرند. حالت تولید در زیرپایه/جمع‌آوری در سوزن شامل تشکیل یک واسطه اکسایش و کاهش در زیرپایه است که برای تولید جریان، در میکروالکتروود در معرض اکسیداسیون (یا کاهش) قرار می‌گیرد؛ بسته به پتانسیل میکروالکتروود، شار موضعی هر یک از دو گونه را می‌توان با استفاده از حالت تولید در زیرپایه/جمع‌آوری در سوزن پیدا کرد و با ترسیم هر دو شار روی فلز به رابطه بین یون تولید شده و پتانسیل اعمالی به زیرپایه پی برد. همچنین غلظت Fe^{2+} و Fe^{3+} می‌تواند به کمک یک ولتامتری چرخشی روی سطح تعیین شود [۲].

به‌طور کلی، در شرایط خوردگی، Fe^{2+} یون غالب است و تشخیص آن با SECM برای بررسی فرآیندهای مختلف خوردگی مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از نمودارهای نزدیک شدن سوزن به سطح در SECM می‌توان نمودار غلظت Fe^{2+} آزاد شده را هم‌زمان بررسی کرد و نمودار غلظت کمی را در سه بعد از طریق تهیه تصویر در فاصله‌های مختلف سوزن از زیرپایه به‌دست آورد.

حالت تولید در زیرپایه/جمع‌آوری در سوزن SECM با تشخیص Fe^{2+} برای مطالعه خوردگی حفره‌ای پایدار و نیمه پایدار در فولاد استفاده شده است. به‌طور کلی، سازوکار حفره‌دار شدن با استفاده از سیستم‌هایی که تحت تأثیر پتانسیل یا جریان اعمالی به سطح فولاد در حین اندازه‌گیری هستند، نشان داده می‌شود و نه تنها SECM می‌تواند انحلال آندی آهن بلکه تولید کاتدی هیدروژن پراکسید را در شرایط مدار باز شناسایی کند. علاوه بر مطالعه جزییات فرآیند حفره‌دار شدن، شناسایی موضع‌های ایجاد حفره از کارهای دیگر انجام شده به کمک SECM روی فولاد است. یکی از مهم‌ترین عوامل شروع خوردگی حفره‌ای در فولاد ضدزنگ، وجود ترکیبات سولفیدی مانند MnS است که باعث فعالیت لایه اکسیدی، حل شدن آن در محیط اسیدی و ایجاد گونه‌های خورنده مانند تیوسولفات می‌شود. از زوج ردوکس یدید-تری‌یدید^۱ به‌عنوان وسیله‌ای برای شناسایی این موارد با استفاده از حالت بازخورد SECM شده است. گونه‌های حل شده از ترکیبات شیمیایی، تری‌یدید تولید شده در میکروالکتروود را کاهش می‌دهند و یدید را تولید می‌کنند و بازخورد مثبت در میکروالکتروود و بازخورد منفی در جای دیگر روی سطح با توجه به لایه غیرفعال تشخیص داده می‌شود [۲].

شروع حفره‌دار شدن:

با توجه به اندازه بزرگ حفره‌ها و توزیع عمومی آن‌ها نسبت به اندازه میکروالکتروود، مطالعه خوردگی حفره‌ای با SECM چالش برانگیز است. برای مقابله با این مسئله، از SECM به‌عنوان وسیله‌ای برای شروع خوردگی حفره‌ای با شبیه‌سازی شرایط خوردگی برای شکستن لایه اکسید استفاده می‌شود. ● تولید موضعی یون کلرید از طریق احیای تری کلرواستیک اسید با استفاده از میکروالکتروود طلا که منجر به شکست موضعی لایه اکسیدی می‌شود (معادله (۱)). جریان در سطح

دلیل، بررسی خوردگی مرتبط با زوج گالوانیک بین آهن و روی به‌طور گسترده‌ای با SECM مورد مطالعه قرار گرفته است. در زمان انحلال آندی روی، انتشار یون‌های روی در اندازه‌گیری خوردگی از طریق آمپرومتری^{۱۴} و یا روش‌های پتانسیل‌سنجی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. اما کاهش کاتدی اکسیژن روی سطح آهن همچنین از طریق بررسی مصرف اکسیژن یا تغییرات pH قابل بررسی است [۲].

توانایی SECM برای اندازه‌گیری غلظت‌های پایین گونه‌ها نیز برای تشخیص کاهش اکسیژن کاتدی در آند روی مورد استفاده قرار گرفته است که با افزایش pH موضعی تایید شده است. انحلال آندی آهن، اگر از طریق اتصال گالوانیزه از بین برود، می‌تواند مقدارش معلوم شود. افزایش فاصله الکتروود، میزان انتشار آهن را افزایش می‌دهد. این نتایج با انتظارات مطابقت دارد، زیرا انتقال جرم در الکتروولیت بر رفتار خوردگی در فواصل بیشتر تأثیر می‌گذارد [۲].

فشار اعمالی و شکنندگی هیدروژن:

به‌طور کلی، آلیاژها برای کاربردهای تجاری در معرض فشارهای مکانیکی قرار می‌گیرند که می‌تواند اثرات نامعلوم بر عملکرد خوردگی داشته باشد و منجر به خوردگی تنشی شود. SECM می‌تواند به‌طور مستقیم برای بررسی واکنش‌پذیری سطح استفاده شود. اندازه‌گیری تغییرات موضعی واکنش‌پذیری سطح با تنش اعمالی می‌تواند به تشخیص این اثرات کمک کند [۲].

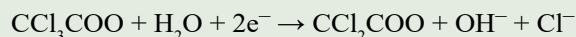
یک رابطه مستقیم بین تنش اعمال شده و واکنش‌پذیری مشاهده شده در نمونه فولاد زنگ نزن T-316 توسط سان^{۱۵} بررسی شده است. منحنی‌های نزدیک شدن با تغییر نیروی کششی اعمالی ثبت شد و ثابت‌های سرعت ناهمگونی همراه با کاهش واسطه ردوکس در سطح فولاد زنگ نزن استخراج شد. با افزایش نیروی کششی اعمالی، ثابت سرعت و بنابراین نرخ خوردگی کاهش می‌یابد. کاملاً آشکار است که واکنش‌پذیری سطح به شدت به تنش اعمال شده حساس است و روند تغییرات به ترکیب فلزی و مقدار تنش اعمالی وابسته است [۲].

علاوه بر تنش مکانیکی، نفوذ هیدروژن نیز می‌تواند منجر به شکنندگی و سپس ترک تنشی شود. بررسی واکنش‌پذیری سطح فولادهای مختلف با استفاده از میکروسکوپ الکتروشیمیایی جریان متناوب^{۱۶} نشان داد که هدایت سطح به علت احیا لایه اکسید از هیدروژن حل شده، افزایش یافته است [۲].

بررسی روش فرآیند ترک خوردگی تنشی با استفاده از SECM هنوز انجام نشده است؛ اگرچه بررسی‌های شکاف ایجاد شده روی یک پوشش آلی با استفاده از حالت بازخورد SECM با یک کنترل‌گر نیروی برشی انجام شده است و نشان داده شده که اندازه‌گیری مستقیم ترک خوردگی تنشی امکان‌پذیر است و چنین اندازه‌گیری‌هایی با SECM می‌تواند روشی برای ردیابی رشد ترک‌ها را فراهم کند [۲].

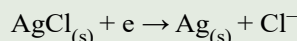
می‌تواند به‌طور هم‌زمان کنترل شود و در نتیجه جریان‌های خوردگی مربوط به شروع یک حفره خوردگی منفرد می‌توانند مورد نظارت قرار گیرند که به‌طور معمول زمانی که کل نمونه در محلول کلرید غوطه‌ور می‌شود به‌علت تعداد زیاد حفره‌های خوردگی قابل مشاهده نیست.

معادله (۱)



● اشکال این روش، تأثیر تصادفی افزودن تری‌کلرواستیک اسید بر سازوکار خوردگی و یا سرعت خوردگی به محلول است که با استفاده از یک میکروالکتروود کلرید نقره/نقره به نام «تفنگ یونی فاز مایع»^{۱۱} می‌توان بر آن غلبه کرد که استفاده از یک پتانسیل کاهشی در میکروالکتروود باعث کاهش ناهمگن نقره کلرید و تولید یون‌های کلرید خورنده می‌شود (معادله (۲)).

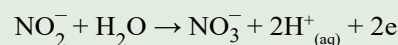
معادله (۲)



● روش دیگر تولید حفره‌های خوردگی، حالت مستقیم SECM است که شامل استفاده از زیرپایه مدنظر به‌عنوان الکتروود کار^{۱۲} و میکروالکتروود به‌عنوان یک الکتروود شمارنده^{۱۳} است. یک جریان اکسایشی در سطح زیر میکروالکتروود اعمال می‌شود تا هر واکنشی آنجا رخ دهد. از این روش برای تولید یک حفره خوردگی روی یک ورق قلع استفاده شده است.

● جدیدترین روش برای ایجاد خوردگی حفره‌ای در فلزات آهنی، اکسیداسیون محلول حاوی نیتريت برای تولید نیتريك اسید است که به‌طور مؤثر باعث کاهش موضعی pH، تخریب لایه غیرفعال و در معرض قرار دادن سطح برای خوردگی می‌شود (معادله (۳)).

معادله (۳)



در نتیجه، خوردگی حفره‌ای در زیر میکروالکتروود شروع می‌شود. یکی از مزایای استفاده از سدیم‌نیتريت، اثر غیرفعال بودن آنیون نیتريت، به‌عنوان بازدارنده خوردگی است که به‌طور مؤثر سطوح واکنش‌پذیر را از مکان مورد نظر جدا می‌کند [۲].

زوج گالوانیکی آهن-روی:

گالوانیزاسیون فولاد، مانند نشان دادن یک لایه محافظ روی، روشی بسیار رایج برای بهبود مقاومت خوردگی فولاد است. این لایه به‌عنوان یک مانع فیزیکی عمل می‌کند و به محض آسیب می‌تواند به‌عنوان آند در گالوانیزه عمل کند. به همین

● فلزات غیر آهنی

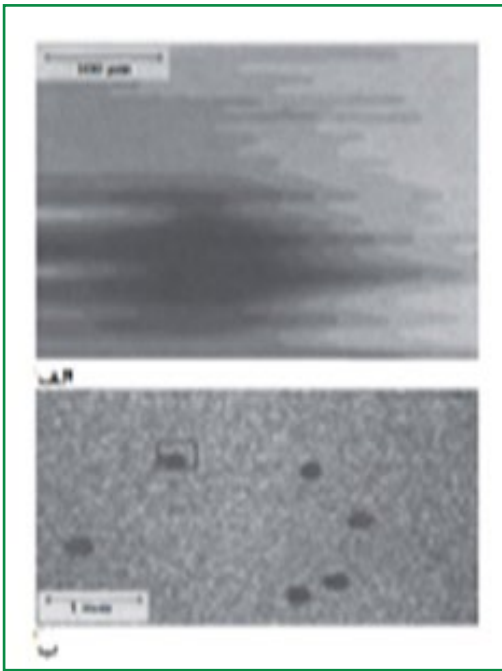
فلز آلومینیوم

رفتار خوردگی آلیاژهای آلومینیومی تحت تأثیر ظرفیت لایه اکسید و حضور گونه‌های بین فلزی مبتنی بر مس یا آهن است. بسیاری از کاربردهای SECM در بررسی خوردگی آلیاژهای آلومینیوم مربوط به مطالعه آلومینیوم خالص و زوج‌های گالوانیک با مس است. در بررسی نقص سطح در لایه آلومینیوم اکسید با استفاده از حالت باز خورد SECM، با افزایش هدایت الکترونی، چنین نقص‌هایی را می‌توان دید و ضخامت لایه اکسید نیز می‌تواند نقش مهمی در حفاظت آن داشته باشد.

فلز تیتانیوم

مانند فولاد زنگ نزن، مواد مبتنی بر تیتانیوم به علت استحکام بالا و مقاومت عالی در برابر خوردگی برای بسیاری از کاربردهای مهندسی مطلوب هستند. این مقاومت خوردگی از غیرفعال بودن لایه TiO_2 نشأت می‌گیرد که موجب استفاده آن‌ها در ایمپلنت‌های پزشکی و مخازن زباله‌های هسته‌ای شده است و تمرکز مطالعات و تحقیقات در این کاربردها، بررسی فروپاشی این لایه منفعل در رویدادهای خوردگی موضعی است [۲]. عمده مطالعات SECM روی تیتانیوم، شناسایی مواضع خوردگی حفره‌ای روی لایه‌های غیرفعال TiO_2 به خصوص در محلول‌های برمید متمرکز است، زیرا که برمید در پتانسیل‌های به‌طور قابل توجه پایین‌تر از کلرید و یدید باعث ایجاد خوردگی تیتانیوم می‌شود و حساسیت بهتری به فعالیت‌های الکتروشیمیایی موضعی دارد. کاسیلاس^{۱۷} و همکارانش از SECM در حالت تولید زیرپایه/جمع‌آوری در سوزن^{۱۸} در Br به‌عنوان واسطه برای شناسایی مکان‌های فعال برای اکسیداسیون برمید (تشکیل Br_2) روی لایه اکسید روی ورق تیتانیوم استفاده کردند. در بسیاری از موارد، این مواضع‌های فعال منجر به تشکیل حفره در هنگام اعمال پتانسیل بالا در زیرلایه می‌شود (شکل (۲)). این محل‌ها، نقص (نازک‌ترین بخش لایه اکسیدی) ساختاری در لایه اکسیدی هستند که رسانایی آنها به میزان قابل توجهی بالاتر از میانگین سطح است [۲].

تحقیقات بعدی SECM شواهدی مبنی بر جذب یون برمید در قسمت‌های به نسبت نازک لایه اکسید بود که ممکن است ساختار الکترونی این مکان‌ها را تغییر دهند و منجر به فعالیت بالای آن‌ها به سمت اکسیداسیون برمید شود. رفتار موضعی اکسیداسیون برمید روی TiO_2 بر نتایج SECM، همراه با داده‌های میکروسکوپی و ولتامتری، نشان می‌دهد یک سازوکار برای شکل‌گیری حفره وجود دارد که در آن پیوندهای Ti-Br در مرز بین الکترولیت و اکسید تشکیل می‌شوند که منجر به انحلال لایه و رشد حفره می‌شود [۲].



شکل (۲): (الف): تصویر SEM یک موضع خوردگی حفره‌ای به‌دست آمده در محلول ۱ مولار KBr / ۰.۵٪ / مولار H_2SO_4 . (ب): فوتوگراف نوری که مکان شکست اکسید را بعد از افزایش پتانسیل نشان می‌دهد [۲].

● بررسی SECM و سایر روش‌های مشابه

SECM بخشی از طیف گسترده روش‌های میکروسکوپی پروبی روبشی است. برای توصیف دقیق‌تر و اطلاع از روش‌های فوق و استفاده از آنها در مطالعه خوردگی، آشنایی و کسب اطلاعات مربوط به میکروسکوپ نیروی اتمی^{۱۹} و میکروسکوپ نیروی پروب کلون روبشی^{۲۰} [۳]، دستگاه طیف‌سنج امپدانس الکتروشیمیایی موضعی^{۲۱} [۳ و ۴]، میکروسکوپ الکترونی روبشی^{۲۲} [۵]، میکروسکوپ تونلی روبشی^{۲۳} [۶] و روش الکترودهای ارتعاشی روبشی^{۲۴} [۳] نیاز است. به استثنای SEM، تمام روش‌های فوق می‌توانند در محل مطالعه فرآیندهای خوردگی استفاده شوند بدون اینکه تغییر محیط نمونه انجام شود. با این حال، SKPFM و StM به رسانایی نمونه نیاز دارند که برای مطالعه لایه‌های نیمه‌هادی یا عایق مشکل ایجاد می‌کند.

میکروسکوپ امپدانس الکتروشیمیایی روبشی^{۲۵} نشان داده است که به خوبی برای اندازه‌گیری خواص دی‌الکتریک مناسب است و قادر به ترسیم مهار خوردگی و ضخامت لایه اکسیدی است [۷ و ۸].

روش‌های مورد بحث بسیار موضعی است؛ از این رو، همه برای مطالعه فرآیندهایی که در یک نقطه یا محدوده انجام می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرند که مهمترین آنها ایجاد حفره است.

نمونه‌های مقاوم در برابر خوردگی به شدت نیاز به تحریک بیشتر برای سرعت بخشیدن به روند دارند؛ بنابراین، ممکن است در یک دوره آزمایشی مورد مطالعه قرار گیرند.

ترتیب انجام شوند [۱۵ و ۱۶].

باتوجه به حالت‌های متعدد SECM، در تصویربرداری سطح با استفاده از چندین حالت می‌توان اطلاعات بسیار بیشتری را نسبت به یک اندازه‌گیری تنها به‌دست آورد [۱۷]، که معمولاً با استفاده از تصویربرداری با SECM و SVET انجام می‌شود. بررسی ویژگی‌های سطح و ارتباط واکنش‌پذیری با هر دو حالت AC و DC از SECM می‌تواند اطلاعات بیشتری را در اختیار قرار دهد [۱۵-۱۸ و ۱۹] و روشی بسیار مفید برای مطالعات بیشتر خواهد بود.

کاهش قابل توجه میزان خوردگی از طریق بکارگیری حلال‌های غیرآبی برای فلزات فعال نیز با موفقیت بسیار زیادی انجام شده‌است [۲۰].

همچنین در SECM، میزان نیاز به محلول بسیار کم است [۲۱ و ۲۲]؛ بنابراین، برای استفاده در شرایط لایه نازک برای آزمایش خوردگی اتمسفر (جو) مناسب است. SECM نیاز به یک میکروالکتروود و یک پتانسیواستات با تفکیک‌پذیری بهتری دارد که البته تحولات و پیشرفت‌هایی در زمینه فرآیند ساخت میکروالکتروودها صورت گرفته است و بنابراین حساسیت دستگاه افزایش یافته است [۲۳].

روش‌های تلفیقی با SECM سبب کاهش زمان و کاهش مقدار نمونه در اندازه‌گیری و به تبع آن سبب بهبود فرآیند می‌شود. در بین آنها، AFM-SECM به‌طور گسترده‌تری استفاده می‌شود؛ زیرا قابلیت تهیه هم‌زمان نقشه توپوگرافی سطح و نقشه واکنش سطح را دارد [۲۴].

سل قطره‌ای روبشی^{۲۶} به خوبی برای این کاربرد مناسب است و زیرپایه به‌عنوان الکتروود کار قرار می‌گیرد. روش‌های الکتروشیمیایی که شامل استفاده از پتانسیل سوزن و یا زیرپایه هستند، برای دستیابی به این هدف مناسب هستند، همچنین خراش دادن سطح با سوزن AFM برای رسیدن به نتیجه مشابه انجام شده‌است. اگرچه SVET باید بتواند این کار را به‌صورت تئوری انجام دهد، اما حداقل کار در این زمینه منتشر شده‌است.

باتوجه به نقش مهم مرز دانه‌ها در مراحل اولیه خوردگی، مشاهده آنها برای تفسیر مناسب داده‌های تجربی مورد نیاز است. میکروسکوپ الکترونی روبشی/طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس^{۲۷} قدرتمندترین روش برای این منظور است. روش‌هایی با تفکیک‌پذیری اتمی که بتوانند از یک دانه تصویربرداری نمایند اغلب محدود هستند. SDC برای بررسی ویژگی‌های سطحی استفاده شده‌است [۹]، مرز دانه را از طریق تصویربرداری سطح مشخص می‌کند [۱۰] و منحنی‌های قطبش را در مرزهای دانه تهیه می‌کند. SECM، LEIS و SVET از میکروالکتروودها استفاده می‌کنند و می‌توانند مناطق با اندازه صدها میکرون را به نمایش بگذارند. نانوالکتروودها در SECM برای مطالعه نواحی کوچکتر با وضوح بیشتر استفاده می‌شود، اما معمولاً برای مطالعات خوردگی کاربرد ندارند. روش دیگری نیز وجود دارد که SECM را همراه با روش توپوگرافی اختصاصی مانند AFM انجام دهد. این روش‌ها می‌توانند به‌طور هم‌زمان (AFM-SECM) [۱۱-۱۴]، یا به

نتیجه‌گیری

از زمان اختراع SECM، برای مطالعه سیستم‌های خوردگی شامل حداقل ۱۴ فلز مختلف و بیش از ۷۵ آلیاژ مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. بیشتر آهن به‌عنوان فلز پایه مورد مطالعه قرار گرفته است، این موضوع به دلیل استفاده از آن در فولاد و پیمادهای مربوط به زیرساخت آن است، اما همچنان به‌عنوان فلز خالص و گالوانیکی مورد مطالعه قرار گرفته است. آلومینیوم و منیزیم به دلیل خواص فیزیکی بسیار مطلوب آنها موادی رایج هستند. SECM روشی با کارایی متنوع است که تنها نیاز سیستم، رسانایی محلول (و در برخی موارد واسطه اکسایش-کاهش) است؛ بنابراین می‌تواند کاربرد فراوانی را در شرایط مرتبط با صنعت نشان دهد. خوردگی فلز در محیط آبی، نیاز به حضور الکترولیت در سطح فلز دارد. یون‌ها از طریق این الکترولیت برای حفظ تعادل بار حرکت می‌کنند (یا مهاجرت می‌کنند) و واکنش‌های اکسایش و کاهش روی سطح فلز رخ می‌دهد. الکترولیت مورد استفاده در مطالعات خوردگی معمولاً براساس کاربرد مورد نظر انتخاب می‌شود. الکترولیت‌های حاوی کلرید، بیشتر به دلیل ماهیت فعال آن نسبت به فلزات و نقش آن در خوردگی حفره‌ای، مورد توجه هستند. محلول‌های اسیدی سولفات یا فسفات را می‌توان برای بررسی رفتار فلزی بدون حضور لایه اکسیدی استفاده کرد. سیالات شبیه‌سازی شده بدن^{۲۸} شامل مخلوطی از نمک‌ها برای شبیه‌سازی شرایط فیزیولوژیکی هستند؛ بنابراین معمولاً برای آزمایش مواد برای ایمپلنت‌های زیست پزشکی استفاده می‌شود.

پی‌نوشت

۱. کارشناس ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد
۲. کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، پژوهشگاه صنعت نفت
۳. دکتری شیمی تجزیه، پژوهشگاه صنعت، پژوهشگاه توسعه فناوری‌های کاتالیست
۴. کارشناسی ارشد مهندسی مواد، آزمایشگاه مرجع مرکزی دانشگاه علم و صنعت ایران
۵. عضو کارگروه تخصصی میکروسکوپ پروبی روبشی
6. Scanning electron chemical microscopy (SECM)
7. Titanium
8. redox mediators
9. substrate generation-tip collection
10. iodide – triiodide
11. liquid-phase ion gun
12. working electrode
13. counter electrode
14. amperometric
15. Sun
16. Alternating current scanning electrochemical microscopy (AC-SECM)
17. Casillas
18. sample generation – tip collection mode (SG/TC)
19. Atomic force microscopy (AFM)
20. Scanning Kelvin probe force microscopy (SKPFM)
21. Local electrochemical impedance spectroscopy (LEIS)
22. scanning electron microscope (SEM)
23. Scanning tunneling microscope (StM)
24. Scanning vibrating electrode technique (SVET)
25. scanning electrochemical impedance microscopy (SEIM)
26. scanning droplet cell (SDC)
27. scanning electron microscope, energy dispersive X-ray (SEIM/EDX)
28. simulated body fluid (SBF)

مراجع

- [1] Polcari, D., P. Dauphin-Ducharme, and J. Mauzeroll, Scanning Electrochemical Microscopy: A Comprehensive Review of Experimental Parameters from 1989 to 2015. *Chem Rev*, 2016. 116(22): p. 13234-13278.
- [2] Nicholas A. Payne†, L.I.S., and JanineMauzeroll, The Application of Scanning Electrochemical Microscopy to Corrosion Research. *CORROSION*. , 2017. 73(7): p. 759-780.
- [3] P. Dauphin-Ducharme, J. Mauzeroll, *Anal. Chem.* 87, 15 (2015): p. 7499–7509.
- [4] J. Kwak, A.J. Bard, *Anal. Chem.* 61, 11 (1989): p. 1221–1227.
- [5] M. Rohwerder, F. Turcu, *Electrochim. Acta* 53, 2 (2007): p. 290–299.
- [6] G.S. Frankel, N. Sridhar, *Mater. Today* 11, 10 (2008): p. 38–44.
- [7] A. Estrada-Vargas, A. Bandarenka, V. Kuznetsov, W. Schuhmann, *Anal. Chem.* 88, 6 (2016): p. 3354–3362.
- [8] V. Kuznetsov, A. Maljusch, R.M. Souto, A.S. Bandarenka, W. Schuhmann, *Electrochem. Commun.* 44 (2014): p. 38–41.
- [9] P. Dauphin-Ducharme, W.J. Binns, M.E. Snowden, D.W. Shoesmith, J. Mauzeroll, *Faraday Discuss.* 180 (2015): p. 331–345.
- [10] C.G. Williams, M.A. Edwards, A.L. Colley, J. V. Macpherson, P.R. Unwin, *Anal. Chem.* 81, 7 (2009): p. 2486–2495.
- [11] J. Izquierdo, A. Eifert, R.M. Souto, C. Kranz, *Electrochem. Commun.* 51 (2014): p. 15–18.
- [12] J. Izquierdo, A. Eifert, C. Kranz, R.M. Souto, *ChemElectroChem* 2, 11 (2015): p. 1847–1856.
- [13] A. Davoodi, J. Pan, C. Leygraf, S. Norgren, *Electrochem. Solid-State Lett.* 8, 6 (2005): p. B21–B24.
- [14] A. Davoodi, J. Pan, C. Leygraf, S. Norgren, *J. Electrochem. Soc.* 155, 5 (2008): p. C211–C218.
- [15] D. Ruhlig, W. Schuhmann, *Electroanalysis* 19, 2–3 (2007): p. 191–199.
- [16] H. He, R.K. Zhu, Z. Qin, P. Keech, Z. Ding, D.W. Shoesmith, *J. Electrochem. Soc.* 156, 3 (2009): p. C87–C94.
- [17] S.V. V Lamaka, O.V. V Karavai, A.C.C. Bastos, M.L.L. Zheludkevich, M.G.S.G.S. Ferreira, *Electrochem. Commun.* 10, 2 (2008): p. 259–262.
- [18] W. Wang, L. Xu, H. Sun, X. Li, S. Zhao, W. Zhang, *J. Mater. Chem. A* 3, 10 (2015): p. 5599–5607.
- [19] D. Ruhlig, H. Gugel, A. Schulte, W. Theisen, W. Schuhmann, *Analyst* 133, 12 (2008): p. 1700–1706.
- [20] R.M. Asmussen, W.J. Binns, P. Jakupi, P. Dauphin-Ducharme, U.M. Tefashe, J. Mauzeroll, D. Shoesmith, *Corros. Sci.* 93 (2015): p. 70–79.
- [21] F. Turcu, A. Schulte, W. Schuhmann, *Anal. Bioanal. Chem.* 380, 5–6 (2004): p. 736–741.
- [22] P.B. Nadappuram, K. McKelvey, J.C. Byers, A.G. Güell, A.W. Colburn, R.A. Lazenby, P.R. Unwin, *Anal. Chem.* 87, 7 (2015): p. 3566–3573.
- [23] T.E. Lister, P.J. Pinhero, *Anal. Chem.* 77, 8 (2005): p. 2601–2607.

[۲۴] خاکراه، فاطمه، صدیقه صادق حسینی، سمانه سادات حسینی و پری‌سیمابه‌بهانی، ۱۳۹۵، میکروسکوپ الکتروشیمیایی روبشی، فصلنامه تخصصی دانش آزمایشگاهی، سال چهارم شماره ۴.

Author

Fateme Khakrah^{1,5*}
Sedigheh Sadeghhasani^{2,5}
Zahra Zare^{3,5}
Mahdie Fesahat^{4,5}

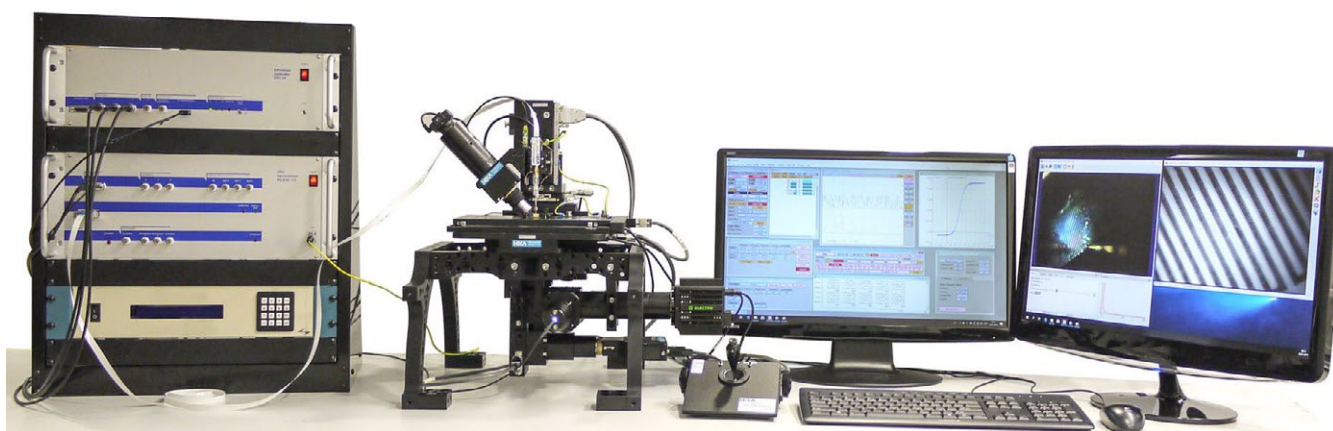
*pkhakrah@yahoo.com

1. Msc. economic geology, Central laboratory of Ferdowsi University of Mashhad
2. M.Sc. Analytical chemistry, Research Institute of Petroleum Industry catalysis and Nano Technology Reserch Division
3. MSc. of Chemical Engineering, Research Institute of Petroleum Industry
4. MSc. of Material Engineering, Central reference laboratory of Iran University of science and technology
5. SPM Experts work group

The Application of scanning electrochemical microscope in the study of corrosion of metals

Abstract

Since the inception of the Scanning Electrochemical Microscope (SECM), it has been used to investigate the local corrosion of high spatial and temporal resolution systems. SECM is a unique scanning technique used electrochemically for the detection of chemicals and electrochemical activities in heterogeneous electrochemical systems such as corrosion investigations. It is also used to study the initiation and propagation of cavities, surface microstructures, electron transfer kinetics as well as the effectiveness of various protection schemes including coatings, inhibitors and enhancers.

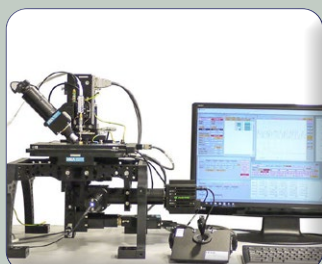


Keywords

Scanning electrochemical microscope, Metal Corrosion, Pitting, Redox mediator.



What is the High-Throughput Screening (HTS) test method?



The Application of scanning electrochemical microscope in the study of corrosion of metals



Status and importance of Iran Accreditation System and general structure of certification of conformity for testing and calibration laboratories based on National Accreditation Center of Iran requirements



Honey quality tests in accordance with Iranian national standards



Introduction of Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) method