



بسم الله الرحمن الرحيم

زنگ

صاحب امتیاز: انجمن خوردگی ایران

مدیر مسئول: دکتر ابراهیم حشمت‌دهکردی

سر دبیر: مهندس احمد رضا بحرانی

اسامی هیئت مدیره و بازرسان (به ترتیب حروف الفبا):

دکتر اسمعیل اکبری نژاد

مهندس محمد هادی جامعی

مهندس علیرضا حاتمی منفرد

دکتر فرشته رضایی

دکتر هادی عادل خانی

مهندس سید محمود کثیریها

مهندس کاظم کوزه‌کنانی

مهندس داریوش ماسوری

مهندس محمد نجمی

گرافیک و صفحه‌آراء: حجت عباسیان

همکاران انجمن (به ترتیب حروف الفبا):

نجمه سخنور، مجید شاه‌میرزآلو، نجمه عظیم‌زاده

ناشر: انجمن خوردگی ایران

زنگ

سال نوزدهم، شماره ۷۶، بهار ۱۳۹۸

فصلنامه علمی، آموزشی، ترویجی انجمن خوردگی ایران



۲ سخن آغازین

مقاله

۴ ارتباط خواص نیمه رسانایی و مقاومت به خوردگی لایهٔ روئین فولاد دوفازی ۲۲۰۵ در محلول‌های اسیدی، خنثی و بازی در حضور یون کلراید

دنیای خوردگی

۱۶ واژه‌های خوردگی و حفاظت فلزات

۱۷ معرفی کتاب

۱۸ روی خط اینترنت

بیشتر بدانیم

۲۲ حفاظت کاتدی

۳۴ پوشش

۴۱ پرونده ویژه

اخبار انجمن

۵۲ آموزش

۵۳ اخبار انجمن

۵۵ فهرست کتاب‌های موجود در انجمن

۵۷ اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران

زنگ، فصلنامه علمی، آموزشی، ترویجی انجمن خوردگی ایران از یکطرف با هدف ارتقای سطح دانش خوردگی متخصصان و دست اندرکاران علم و مهندسی خوردگی، ایجاد انگیزه در دانشجویان جهت پرداختن به فعالیت‌های پژوهشی و تحقیقاتی و از طرف دیگر اطلاع‌رسانی در باب مسائل مرتبط با خوردگی در سطوح داخلی و خارجی و ایجاد پل ارتباطی بین انجمن خوردگی ایران و اعضای آن، اساتید دانشگاه و پیشکسوتان صنعت منتشر می‌گردد.

• فصلنامه زنگ در ویرایش، رد یا قبول، حک و اصلاح مطالب آزاد است.

مقاله‌های دریافتی به هیچ عنوان عودت داده نمی‌شود.

• مسئولیت صحت مطالب، ارقام و نمودارها بر عهده نویسندگان و مترجمان مقاله‌ها خواهد بود.

• مقاله‌ها و دیدگاه‌های مندرج در فصلنامه زنگ، لزوماً به معنای تایید آن از طرف انجمن خوردگی ایران نمی‌باشد.

• اقتباس و نقل مطالب و استفاده از تصاویر فصلنامه با ذکر ماخذ آزاد است.

تهران، میدان فردوسی، خیابان شهید عباس موسوی (فرست)،

کوچه بهبهان، پلاک ۱۱، واحد ۳

تلفن: ۸۸۳۴۴۲۸۷-۸ و ۸۸۲۷۳۳۴

دورنگار: ۸۸۳۴۷۷۴۹ و ۸۸۲۷۳۳۴

پایگاه اینترنتی: www.ica.ir

پست الکترونیک: zangjournal@ica.ir

قیمت: ۱۵۰/۰۰۰ ریال

سخن آغازین

به نام خدا

با سلام خدمت خوانندگان محترم مجله زنگ و علاقمندان به علم خوردگی مجله شماره ۷۵ به صورت الکترونیکی را ملاحظه می فرمایند. هیچ ایرانی نیست که از بازار کمبود کاغذ در سال گذشته بی خبر نباشد و این خود خیلی از نویسندگان و اهل قلم و علم و تحقیق را برای ادامه روال گذشته با تأمل روبرو ساخته بطوریکه مجبور به بازنگری در روند تحقیق و توسعه و نشر علم شدند.

در لابلای تمامی این کمبودها هستند علاقمندانی که مسیر خود را با سرعتی کمتر کماکان ادامه می دهند. انجمن خوردگی ایران در بخش انتشارات دو کتاب وزین ۸۰۰ - ۷۰۰ صفحه‌ای تحت عناوین "تصفیه آب‌های شهری و صنعتی" و "تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی" از تألیفات آقای مهندس محمدرضا نفری زیر چاپ دارد. ایشان با تمامی مشکلات و محدودیت‌ها همچنان بی صبرانه سیر تکاملی تهیه مطالب علمی و آثار علمی و ترجمه خود را به دور از تمامی مسائل اقتصادی و توجیهی ادامه می دهند. بی شک علاقمندان و عاشقان علم و تحقیق را نمی توان با چنین مشکلاتی از صحنه تولید و نشر علم به دور داشت. امید است با آینده نگری دو چندان دچار مسائل و محدودیت‌های موجود نشر نشده و با نگاه به آینده به کار تولید علم همچون گذشته همت گماشت.

سال ۹۷ کنگره خوردگی برگزار نشد و در دی ماه سال ۹۷ "اولین هفته خوردگی" با مشارکت خوب صنعت‌گران و دانشگاهیان، در دانشگاه شهید بهشتی برگزار شد و برنامه ریزی در جهت برگزاری "نوزدهمین کنگره ملی خوردگی" در هفته اول اسفندماه سال ۹۸ در تهران به عمل آمده است که اطلاعات تکمیلی در تارنمای الکترونیکی انجمن به نشانی www.ica.ir می باشد.

انشالله با تلاش همکاران شایسته اینجانب جناب آقای دکتر گل‌داز، استاد دانشگاه صنعتی اصفهان به عنوان دبیر علمی کنگره و جناب آقای مهندس علی حاتمی منفرد، دبیر اجرایی بتوانیم این مسئولیت خطیر را با همکاری شما عزیزان به پایان ببریم. انشالله.



دکتر ابراهیم حشمت‌دهکردی

رئیس انجمن خوردگی ایران

مقاله

نحوه ارسال مقاله به انجمن خوردگی ایران

علاقه‌مندان می‌توانند مقالات خود را به هر یک از نشریات زیر با صاحب امتیازی انجمن خوردگی ایران ارسال نمایند:

- نشریه علمی و پژوهشی "علوم و مهندسی خوردگی"
- نشریه علمی، ترویجی و آموزشی "زنگ"

- فصلنامه علمی و پژوهشی "علوم و مهندسی خوردگی"

فصلنامه علمی پژوهشی علوم و مهندسی خوردگی با مجوز شماره ۹۰/۳/۱۱/۱۰۰۴ مورخ ۱۳۹۰/۱/۱۰ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری توسط انجمن خوردگی ایران به چاپ می‌رسد. این فصلنامه با هدف انتشار نتایج جدیدترین تحقیقات و پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه علم و مهندسی خوردگی فلزات منتشر می‌شود. فصلنامه علمی پژوهشی علوم و مهندسی خوردگی همواره از دریافت مقاله‌ها اساتید، صاحب‌نظران و دانشجویان استقبال کرده و به ارتقاء سطح دانش و فناوری مهندسی خوردگی در کشور می‌اندیشد. مقاله‌ها ارسالی باید دارای قالب مشخصی باشند. این مقاله‌ها باید طبق دستورنامه موجود در بخش راهنمای نگارش مقاله موجود در پایگاه اینترنتی مجله نوشته شوند.

مدیر مسئول: دکتر هادی عادل‌خانی، سردبیر: دکتر محمدعلی گل‌عذار

پایگاه اینترنتی: CorrosionEngineering@ica.ir، پست الکترونیک: CorrosionEngineering@ica.ir

شماره تماس: ۸ - ۸۷ ۴۲ ۳۴ ۸۸ (داخلی ۲)

- فصلنامه علمی، ترویجی و آموزشی "زنگ"

انجمن خوردگی ایران با هدف انتشار آخرین یافته‌های علمی کاربردی در جهت ارتقای سطح دانش خوردگی، گسترش تحقیقات و برقراری ارتباط هرچه بیشتر به‌منظور آشنایی مسئولان و صاحبان صنایع، اساتید دانشگاه‌ها، کارشناسان و پژوهشگران، نشریه انجمن را به‌صورت فصلنامه و به‌نام "زنگ" منتشر نموده است. به‌طور کلی انتشار نشریه زنگ اهداف مختلفی را بر مبنای رویکرد علمی (شامل ارتقای سطح علمی خوانندگان، برطرف نمودن سوالات و نیازهای تخصصی خوانندگان در مسائل مختلف خوردگی، بروز نگهداشتن اطلاعات خوردگی خوانندگان و تبادل تجربیات خوردگی)، رویکرد اطلاع‌رسانی (شامل اطلاع‌رسانی در سطوح داخلی و خارجی)، رویکرد انگیزشی و ترویجی، رویکرد ارتباطی و رویکرد توسعه‌ای دنبال می‌کند.

لازم به یادآوری است از آنجا که فصلنامه زنگ، یک مجله تخصصی علمی بوده و از سوی یک انجمن علمی به‌دست متخصصین می‌رسد، طبیعی است اهداف علمی آن غالب بر دیگر رویکردها باشد. دست‌اندرکاران فصلنامه زنگ درصدد هستند تا با افزودن بخش‌های مفید دیگر به بخش‌های قبلی، سطح کیفی آنرا ارتقاء بخشند.

مدیر مسئول: دکتر ابراهیم حشمت‌دهکردی، سردبیر: مهندس احمدرضا بحرانی

پایگاه اینترنتی: www.ica.ir، پست الکترونیک: ZangJournal@ica.ir

شماره تماس: ۸ - ۸۷ ۴۲ ۳۴ ۸۸ (داخلی ۲)

ارتباط خواص نیمه رسانایی و مقاومت به خوردگی لایه رویین فولاد دوفازی ۲۲۰۵ در محلول‌های اسیدی، خنثی و بازی در حضور یون کلراید

مینا ابراهیمی^{۱*}، ایمان دانایی^۲، منصور فرزاد^۳، هادی اسکندری^۴

^۱ کارشناسی ارشد، مهندسی بازرسی فنی، دانشگاه صنعت نفت، دانشکده نفت آبادان، آبادان، ایران

^۲ دانشیار، الکتروشمی، دانشگاه صنعت نفت، دانشکده نفت آبادان، آبادان، ایران

^۳ دانشیار، مواد و متالورژی، دانشگاه صنعت نفت، دانشکده نفت آبادان، آبادان، ایران

^۴ استادیار، مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعت نفت، دانشکده نفت آبادان، آبادان، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: m.ebrahimi9271@gmail.com

چکیده

رفتار الکتروشیمیایی فولاد دوفازی ۲۲۰۵ در محلول سدیم کلرید (NaCl) ۳/۵٪ بررسی شد. تاثیر pH بر مقاومت به خوردگی و خواص نیمه رسانایی لایه رویین تشکیل شده بر سطح این فولاد بررسی شد. بدین منظور از آزمون‌های الکتروشیمیایی مختلف از جمله نمودارهای پلاریزاسیون چرخه‌ای، طیف‌نگاری امپدانس الکتروشیمیایی و اندازه‌گیری ظرفیت (آزمون مات‌شاکتی) استفاده شد. همچنین، ویژگی‌های سطح و مکان‌های شروع خوردگی حفره‌ای در فولاد زنگ‌زن دوفازی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی شد. با توجه به نمودارهای مات‌شاکتی، لایه رویین تشکیل شده بر سطح فولاد دوفازی رفتار نیمه‌هادی از نوع p و n را در محدوده پتانسیل از -۰/۴ تا ۱/۱ ولت نشان داد. نتایج نشان داد که pH نقش مهمی در مقاومت لایه رویین و پروسه انتقال بار دارد. در محلول‌های اسیدی با کاهش مقدار pH، از دست دادن جرم افزایش پیدا کرد ولی در محلول‌های بازی، با کاهش pH محلول، لایه رویین با ضخامت بیشتر و رفتار حفاظتی بهتر شکل گرفت. لایه اکسیدی در pH=۱۰ به دلیل وجود بزرگترین محدوده رویین، کمترین جریان رویین و بیشترین مقاومت پلاریزاسیون، پایداری بیشتری را در محیط سدیم کلرید نشان داد. کاهش رویین شدن و افزایش چگالی ناخالصی‌ها سبب افزایش رسانایی لایه رویین می‌شود اما بر رفتار حفاظتی لایه رویین تاثیر معکوس دارد و سبب افزایش خوردگی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: فولاد زنگ‌زن دوفازی، لایه رویین، نمودار پلاریزاسیون چرخه‌ای، امپدانس، مات‌شاکتی؛

۱ - مقدمه

فولاد زنگ نزن ۲۲۰۵ دوفازی (DSS) از دو فاز فریتی و آستنیتی تشکیل شده است [۱]. این فولاد عملکردی مطلوب در برابر خوردگی حفره‌ای دارد. بنابراین فولادهای دوفازی جایگزین مناسبی برای فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی در محیط‌های خورنده می‌باشد و عملکرد این فولادها را به موضوع مهمی در علوم و مهندسی خوردگی بدل کرده است [۲]. هنگامی که فولادهای زنگ‌نزن در یک محیط خورنده قرار می‌گیرند؛ لایه نازک و چسبنده‌ای بر روی سطح آن‌ها تشکیل می‌شود. مقاومت عالی به خوردگی این فولادها نتیجه تشکیل لایه اکسیدی بر سطح است [۳]. روپین شدن به‌طور طبیعی به‌صورت یک افت سریع در چگالی جریان آندی در منحنی‌های پلاریزاسیون آندی است [۴]. مطابق مدل عیوب نقطه‌ای [۵]، ساختار لایه‌روپین به شدت معیوب فرض می‌شود و واکنش‌های مختلفی که بین عیوب نقطه‌ای در فصل مشترک فلز / لایه‌روپین و لایه‌روپین / محلول رخ می‌دهند، تعادلی فرض می‌شود. با توجه به این که تشکیل لایه‌روپین یک فرآیند غیرتعادلی سریع است، ساختار شبکه‌ای لایه تشکیل شده به طور شدیدی اعوجاج یافته خواهد بود. این امر باعث می‌شود که ترکیب شیمیایی لایه‌روپین، غیراستوکیومتری شود و در نتیجه این لایه‌ها دارای خواص نیمه‌هادی باشند. طبق این مدل، دهنده‌ها و گیرنده‌های الکترونی در لایه‌های روپین - شامل جای خالی‌های کاتیونی، جای خالی‌های آنیونی، و فلزهای بین‌نشین - جز عیوب محسوب می‌شوند. بسته به این که چه نوع عیبی در درون لایه‌روپین غالب باشد، این لایه‌ها از خود رفتار نیمه هادی نوع n یا نوع p نشان می‌دهند. مشخص است که خواص الکترونی لایه‌روپین به طور تنگاتنگی با رفتار خوردگی مرتبط می‌باشد. [۶]. رفتار نیمه هادی این لایه‌ها، یکی از عوامل مهمی است که روپین شدن و در نتیجه مقاومت به خوردگی را کنترل می‌کند. این رفتار به چندین متغیر وابسته است که شامل ترکیب شیمیایی، دمای محیط، زمان، pH و ترکیب شیمیایی الکترولیت می‌باشد [۷ و ۸].

با توجه به اینکه مقاومت به خوردگی عالی فولادهای زنگ‌نزن به خواص حفاظتی لایه‌های روپین بستگی دارد، بیشتر تحقیقات بر شناخت این لایه‌ها متمرکز شده است. آقای فتاح الحسینی [۹] رفتار لایه روپین فولاد زنگ‌نزن AISI 321 را در محلول ۰/۵ مولار اسیدسولفوریک به‌وسیله آزمون مات شاتکی و مدل عیوب نقطه‌ای بررسی کرد. مونیراتیرام [۱۰] و همکارانش خواص الکتروشیمیایی و نیمه‌هادی لایه روپین تشکیل

شده بر تیتانیوم در محیط کلریدی با pHهای مختلف را نشان دادند. سوزا [۱۱] و همکارانش رفتار الکتروشیمیایی لایه روپین فولاد فریتی AISI409، جوانه زنی و رشد حفره در این لایه را مطالعه کردند. هدف این تحقیق بررسی ارتباط خواص نیمه رسانایی و مقاومت به خوردگی فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول ۵/۳٪ سدیم کلرید در pHهای مختلف است. بدین‌منظور آزمون‌های الکتروشیمیایی از جمله : نمودارهای پلاریزاسیون چرخه‌ای، طیف‌نگاری الکتروشیمیایی (امپدانس)، اندازه‌گیری ظرفیت (آزمون مات‌شاتکی) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام شد.

۲ - روش تحقیق

در این پژوهش از الکترودهایی از جنس فولاد زنگ‌نزن دوفازی ۲۲۰۵، با ترکیب شیمیایی گزارش شده در جدول ۱، به عنوان الکتروده کار استفاده شد.

برای انجام آزمون‌های الکتروشیمیایی، نمونه‌ها به صورت مکعبی به وسیله دستگاه برش سیم بریده شدند. پس از اتصال سیم مسی روکش‌دار به نمونه‌ها و مانت، عملیات سنباده‌زنی به صورت مکانیکی با استفاده از کاغذ سنباده با شماره‌های ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ و عملیات چربی‌زدایی انجام شد. سپس نمونه‌ها با استون و آب مقطر سه‌گانه شسته و پس از خشک کردن با دمش هوا به سرعت تحت آزمون قرار گرفتند. مساحت ۱ سانتی‌متر مربع از سطح نمونه‌ها در معرض محلول آزمایش قرار گرفت. برای انجام تمامی آزمون‌ها، از محلول سدیم کلرید ۳.۵٪ استفاده شد. برای رسیدن به مقدار pH مورد نظر از غلظت‌های مختلف اسیدهیدروکلریک و مقادیر مختلف از سدیم‌هیدروکسید استفاده شد. سیستم مرسوم سه الکترودی (الکتروده کار، الکتروده کمکی، الکتروده مرجع) برای همه آزمون‌ها استفاده شد. الکتروده استاندارد کالومل اشباع به عنوان الکتروده مرجع و یک میله پلاتینی به عنوان الکتروده کمکی مورد استفاده قرار گرفت و نمونه آماده شده با استفاده از روش‌هایی که در بالا اشاره شد (مطابق استاندارد ASTM G-5) به عنوان الکتروده کار استفاده شد. لازم به‌ذکر است که در این پژوهش، تمامی پتانسیل‌ها نسبت به این الکتروده مرجع گزارش شده است. قبل از همه‌ی آزمایشات ۲۰ دقیقه برای رسیدن به تعادل ترمودینامیکی صبر شد. نمودارهای پلاریزاسیون پتانسیودینامیکی با نرخ روبش ۱ میلی‌ولت بر ثانیه در محدوده‌ی پتانسیلی از -۱ تا ۲ ولت توسط

جدول ۱ - ترکیب شیمیایی فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ [۱۲]

عنصر	C Max	Si Max	Mn Max	P Max	S Max	Cr	Ni	Mo	N
wt. %	۰/۰۳	۰/۱	۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۱۵	۲۲	۵	۳/۲	۰/۱۸

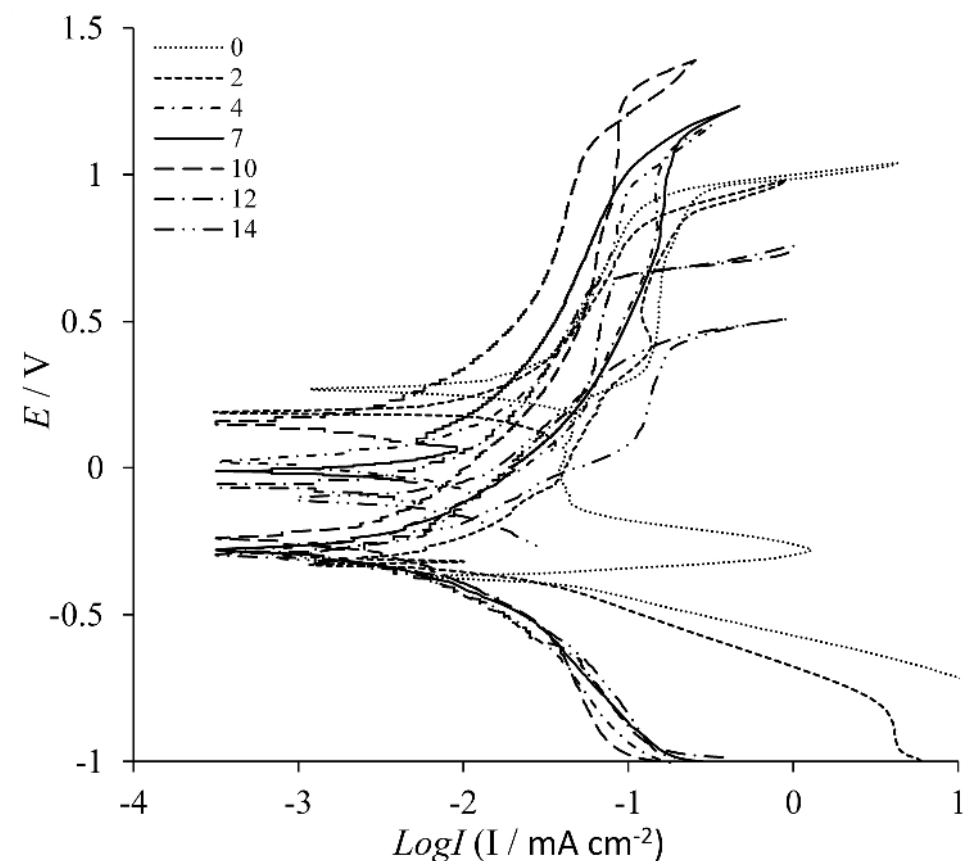
۳- نتایج و بحث

۳-۱- نمودار پلاریزاسیون چرخه‌ای

نمودارهای پلاریزاسیون چرخه‌ای برای فولاد دوفازی ۲۲۰۵ در محلول ۳/۵٪ سدیم کلرید با مقادیر pHهای مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است. محاسبات مربوط به نمودار پلاریزاسیون چرخه‌ای در جدول ۲ گزارش شده است، که شامل پتانسیل خوردگی (E_{corr})، پتانسیل حفره‌زنی (E_{pit})، پتانسیل رویین شدن مجدد (E_{rp})، جریان خوردگی (I_{corr})، مقاومت پلاریزاسیون (R_p)، شیب آندی (β_a) و شیب کاتدی (β_c) و نرخ خوردگی (C.R) می‌باشد. با توجه به شکل در نمودار مربوط به $pH=0$ ، به دلیل واکنش‌های تولید هیدروژن در سطح، جریان برحسب

پتانسیل در ابتدای محدوده‌ی رویین شدن افزایش پیدا می‌کند [۱۳]. همان‌طور که از شکل ۱ و جدول ۲ مشخص است، با افزایش pH از ۰ تا ۱۰، پتانسیل خوردگی به مقادیر مثبت‌تری انتقال یافته است. اندازه محدوده‌ی رویین تا $pH=10$ با افزایش pH افزایش پیدا کرده و بعد از آن کاهش یافته است. علت این امر ازدیاد تولید یون‌های هیدروژن در محلول‌هایی با pH کم است. هیدروژن به سطح حمله می‌کند و سطح فولاد را آسیب می‌زند و موجب از دست رفتن جرم می‌شود؛ بدین ترتیب خوردگی را شتاب می‌دهد [۱۴]. $pH=10$ بزرگترین محدوده‌ی رویین، کمترین جریان رویین و بیشترین مقاومت پلاریزاسیون را دارد،

دستگاه IviumStat.XR potentiostat همراه با نرم افزارش ثبت و تحلیل شدند. اندازه‌گیری‌های مربوط به طیف‌نگاری امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) در پتانسیل مدار باز با استفاده از EG&G Potentiostat Model PARSTAT فرکانسی ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۱۰ میلی‌هرتز و دامنه طول موج ۱۰ میلی‌ولت انجام شد. با استفاده از نرم‌افزار ZSimpWin 3.21 داده‌های امپدانس تحلیل شد. جهت بررسی خواص نیمه‌هادی و تعیین نوع لایه رویین، تشکیل شده روی سطح فولاد دوفازی ۲۲۰۵ آزمون مات‌شاکتی انجام شد. اندازه‌گیری‌های مربوط به نمودارهای مات‌شاکتی با استفاده از دستگاه EG&G Potentiostat Model PARSTAT در فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در محدوده پتانسیلی ۰/۴- تا ۱/۱ ولت انجام شد. برای مورفولوژی سطح، نمونه‌های فولادی در pHهای ۲ و ۱۲ تحت پتانسیل ۱ ولت، در دمای اتاق به مدت ۱۲۰۰ ثانیه به‌طور جداگانه قرار داده شدند. سپس سطح نمونه‌ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل (SEM, CamScan, MV2300, Czech) با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ مورد بررسی قرار گرفت. برای اطمینان از نتایج، هر کدام از آزمون‌ها ۳ بار تکرار شدند.



شکل ۱- نمودار پلاریزاسیون چرخه‌ای فولاد دوفازی ۲۲۰۵ در محیط سدیم کلرید ۳/۵٪ در pHهای مختلف

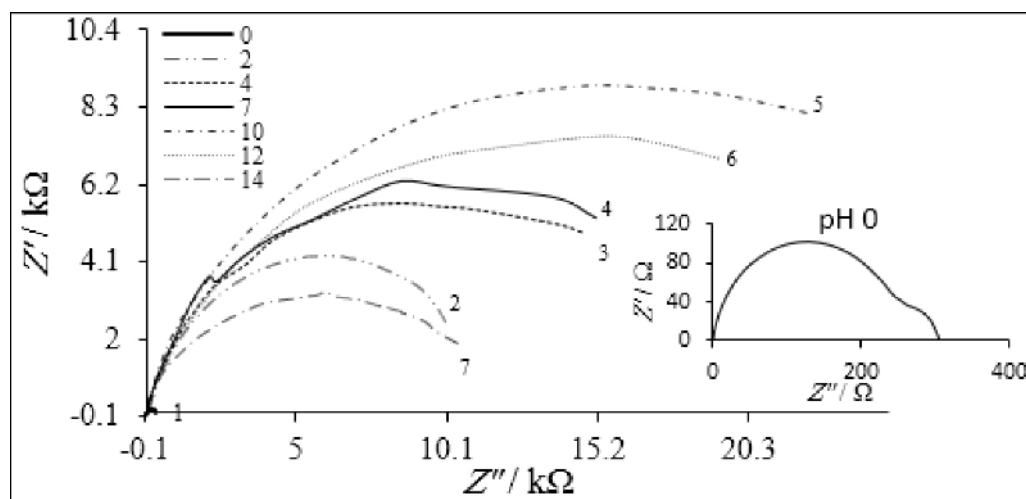
۳-۲ - طیف‌نگاری امپدانس الکتروشیمیایی (EIS)

طیف‌نگاری امپدانس الکتروشیمیایی برای فولاد دوفازی ۲۲۰۵ در محلول سدیم کلرید ۳/۵٪ در pHهای مختلف از ۰ تا ۱۴ بررسی شد و نتایج در قالب نمودارهای نایکویست در شکل ۲ آورده شده است. همان طور که در شکل ۲ مشخص است. مدار معادل نمودارهای نایکویست در شکل ۳ نشان داده شده است و نتایج همساز با نمودار در جدول ۳ گزارش شده است. رفتار الکتریکی غیرایده‌آل به وسیله معرفی المان فاز ثابت (CPE) بیان می‌شود که CPE_{dl} بیانگر ظرفیت لایه دوگانه الکتریکی و CPE_{film} ظرفیت لایه

دلیل آن ممکن است مربوط به تغییرات ترکیب و ساختار و همچنین ضخامت لایه رویین در الکتروود فولادی باشد [۱۵]. به علت مقاومت به خوردگی حفره‌ای عالی فولاد دوفازی، برای هیچ‌کدام از pHها حلقه‌ی برگشتی واضحی مشاهده نمی‌شود و نمی‌توانیم پتانسیل حفاظت یا همان پتانسیل رویین شدن مجدد را محاسبه کنیم، اما حلقه‌ی برگشتی برای نمونه‌ی واقع شده در $pH=10$ واضح‌تر از بقیه است، زیرا الکتروود فولادی در $pH=10$ لایه رویین محکمی دارد و در پتانسیل‌های بالا تعداد کمی از اجزای رویین آسیب می‌بینند و مکان‌های مناسبی برای شکل‌گیری حفره می‌باشند.

جدول ۲ - پارامترهای پلاریزاسیون چرخه‌ای برای فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول ۳/۵٪ سدیم کلرید در pHهای مختلف

pH	۰	۲	۴	۷	۱۰	۱۲	۱۴
E_{corr} / mV	-۳۷۲/۳	-۳۱۶/۸	-۲۸۶/۲	-۲۸۴/۹	-۲۴۲/۹	-۳۱۹/۵	-۲۸۴/۲
E_{pit} / mV	۹۴۰	۸۴۰	۱۰۹۰	۱۱۳۰	۱۲۶۸	۶۴۸	۴۱۰
E_{rp} / mV	-	-	-	-	۱۱۸۸	-	-
$I_{corr} / \mu\text{A.cm}^{-2}$	۱۱/۸۹۰	۳/۸۶۰	۲/۹۰۰	۲/۷۴۳	۱/۸۰۱	۲/۵۰۷	۳/۱۳۱
$R_p / \text{k}\Omega$	۰/۷۲۳۹	۶/۹۲۴	۱۴/۹۲	۱۷/۴۳	۲۶/۳۲	۲۱/۱۴	۱۳/۲۹
β_a	۰/۰۳۲	۰/۰۲۰۳	۰/۰۲۲۲	۰/۰۲۴۸	۰/۰۲۴۷	۰/۰۲۸	۰/۰۱۹۸
β_c	۰/۰۵۲	۰/۰۸۸	۰/۰۱۸۱	۰/۰۱۹۸	۰/۰۱۹۵	۰/۰۲۱۶	۰/۰۱۸۵
$C. R / (\text{mm/year})$	۰/۰۳۸۹	۰/۰۱۲۶	۰/۰۰۹۵	۰/۰۰۸۹	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۸۲	۰/۰۱۰۲



شکل ۲ - نمودار نایکویست برای فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول ۳/۵٪ سدیم کلرید در pHهای مختلف

رویین بر سطح فلز است. R_{film} مقاومت لایه رویین و R_{ct} مقاومت انتقال بار را نشان می‌دهند. در اینجا طیف امپدانس دارای دو نیم‌دایره است که به یکدیگر فشرده شده‌اند. نیم‌دایره‌ای در فرکانس بالا که مقاومت و امپدانس فیلم سطحی را توضیح می‌دهد و نیم‌دایره در فرکانس کمتر که امپدانس لایه دوگانه الکتریکی را بیان می‌کند. مدار معادل متشکل از مقاومت جبران نشده‌ی محلول که به صورت سری با دو ثابت زمانی بسته شده $R_{ct}[CPE_{dl}(R_f CPE_f)]$ [۱۶ و ۱۷] است.

جدول ۳ نشان می‌دهد که مقاومت فیلم از $pH=0$ تا $pH=10$ افزایش می‌یابد. افزایش مقاومت فیلم نشان دهنده ادامه رشد لایه رویین است. تغییر در ظرفیت لایه پسو نشان دهنده تغییر در ضخامت این لایه است. ضخامت لایه رویین با معادله زیر محاسبه می‌شود [۲]:

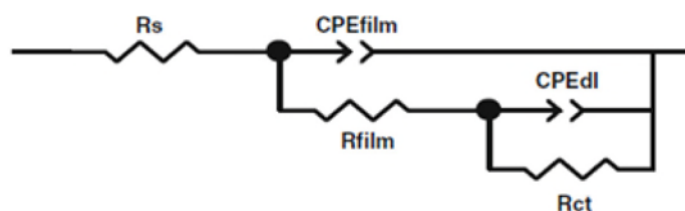
$$d = \frac{\varepsilon \varepsilon_0}{C} \quad (1)$$

که در آن d ضخامت لایه رویین، ε ثابت دی الکتریک لایه رویین، ε_0

۳-۳- ماتشاتکی

یکی از روش‌های تعیین رفتار نیمه‌هادی نوع n و نوع p لایه رویین و همچنین بررسی عیوب موجود در آن، آزمون ماتشاتکی است. ماتشاتکی بر پایه اندازه‌گیری ظرفیت الکتروود بر حسب تابعی از پتانسیل اعمالی طبق معادله زیر بیان می‌شود [۱۹].

$$1/C_{sc}^2 = \frac{2}{\varepsilon \varepsilon_0 q N_q} (E - E_{FB} - kT/e) \quad (2)$$



شکل ۳ - مدار معادل برای آنالیز نتایج امپدانس الکتروشیمیایی [۱۶ و ۱۷]

جدول ۳ - پارامترهای مدار معادل مربوط به خوردگی فولاد دوفازی ۲۲۰۵ در ۳/۵٪ سدیم کلرید در pHهای مختلف

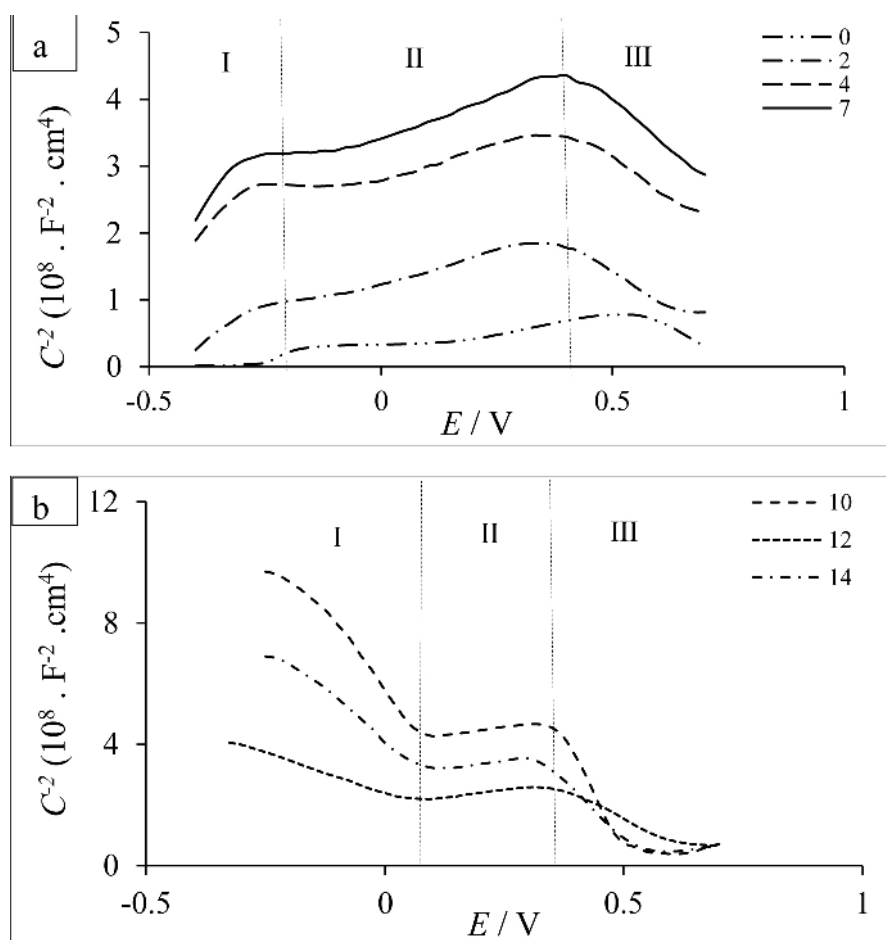
pH	۰	۲	۴	۷	۱۰	۱۲	۱۴
E_{corr} / mV	-۳۷۲/۳	-۳۱۶/۸	-۲۸۶/۲	-۲۸۴/۹	-۲۴۲/۹	-۳۱۹/۵	-۲۸۴/۲
E_{pit} / mV	۹۴۰	۸۴۰	۱۰۹۰	۱۱۳۰	۱۲۶۸	۶۴۸	۴۱۰
E_{rp} / mV	-	-	-	-	۱۱۸۸	-	-
$I_{corr} / \mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$	۱۱/۸۹۰	۳/۸۶۰	۲/۹۰۰	۲/۷۴۳	۱/۸۰۱	۲/۵۰۷	۳/۱۳۱
$R_p / \text{k}\Omega$	۰/۷۲۳۹	۶/۹۲۴	۱۴/۹۲	۱۷/۴۳	۲۶/۳۲	۲۱/۱۴	۱۳/۲۹
β_a	۰/۰۳۲	۰/۰۲۰۳	۰/۰۲۲۲	۰/۰۲۴۸	۰/۰۲۴۷	۰/۰۲۸	۰/۰۱۹۸
β_c	۰/۰۵۲	۰/۰۸۸	۰/۰۱۸۱	۰/۰۱۹۸	۰/۰۱۹۵	۰/۰۲۱۶	۰/۰۱۸۵
$C. R / (\text{mm/year})$	۰/۰۳۸۹	۰/۰۱۲۶	۰/۰۰۹۵	۰/۰۰۸۹	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۸۲	۰/۰۱۰۲

شیب‌های مثبت نشان‌دهنده رفتار نیمه‌هادی از نوع n که شامل لایه خارجی غنی از اکسید آهن است و شیب‌های منفی نشان‌دهنده رفتار نیمه‌هادی از نوع p که به وسیله لایه غنی از هیدروکسید و اکسید کروم کنترل می‌شود [۶]. از رابطه ۲ مشخص است که ظرفیت رابطه‌ی خطی با پتانسیل دارد، یعنی نمودار ماتشاتکی چگالی حاملان بار را به وسیله شیب قسمت خطی نمودار ماتشاتکی و پتانسیل فلت‌بند را به وسیله طول از مبدا آن خط (جایی که $1/C^2 = 0$ است) می‌دهد [۱۹]. چگالی دهنده‌ها (N_D) و گیرنده‌های بار (N_A) در لایه اکسیدی و پتانسیل‌های فلت‌بند، در جدول ۴ آورده شده‌اند.

داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهند که لایه رویین در $pH=10$ کمترین چگالی گیرنده‌های بار (N_A) را دارد؛ یعنی چگالی حاملان بار با افزایش pH از ۰ تا ۱۰ کم شده است و بعد از $pH=10$ چگالی دهنده‌های بار (N_D) کاهش و چگالی گیرنده‌های بار (N_A) افزایش یافته است. کاهش چگالی ناخالصی‌ها، مقاومت در برابر عبور الکترون‌ها و ممانعت از انجام واکنش‌های الکتروشیمیایی و کاهش انحلال لایه رویین را بیان می‌کند [۲۲].

در این رابطه C ظرفیت فصل مشترک لایه اکسیدی و الکتrolیت، E پتانسیل اعمالی، ε ثابت دی‌الکتریک لایه اکسیدی (برای آلیاژهای آهن - کروم $\varepsilon = 15/6$)، z ضریب گذرگاهی خلا (ε_0)، چگالی حاملان بار (N_q) (برای دهنده‌ها یا گیرنده‌های بار، بسته به این که نیمه‌هادی از نوع n باشد یا از نوع p)، e بار الکترون ($1.6 \times 10^{-19} C$)، k ثابت بولتزمن ($1.38 \times 10^{-23} J K^{-1}$) دمای مطلق و E_{fb} پتانسیل فلت‌بند است. شکل ۴ نمودارهای ماتشاتکی برای الکتروود فولادی مورد آزمایش در محلول ۳/۵٪ سدیم کلرید ($NaCl$) در pH های مختلف نشان می‌دهد.

این نمودارها سه ناحیه (ناحیه I, II, III) را برای pH های مختلف نشان می‌دهند. برای pH ها از ۰ تا ۷ ظهور ناحیه II، در اثر یونیزاسیون دهنده‌های عمیق‌تر در این لایه به وجود آمده است [۱۹]. شیب منفی ثانویه برای pH های ۱۰ تا ۱۴ نشان‌دهنده ظهور گیرنده‌های بار عمیق‌تر در فاصله‌ی بین نوار ظرفیت و نوار رسانش است که رفتار خازنی لایه‌های اکسیدی تشکیل شده بر سطح فولاد دوفازی را بیان می‌کند [۲۱].



شکل ۴ - نمودار ماتشاتکی برای فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول ۳/۵٪ سدیم کلرید در pH های مختلف. a: در محلول‌های اسیدی و خنثی. b: در محلول‌های بازی

جدول ۴ - پارامترهای محاسبه شده برای چگالی حاملان بار و پتانسیل فلت‌بند برای فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ در محلول ۳.۵٪ سدیم کلرید در pHهای مختلف

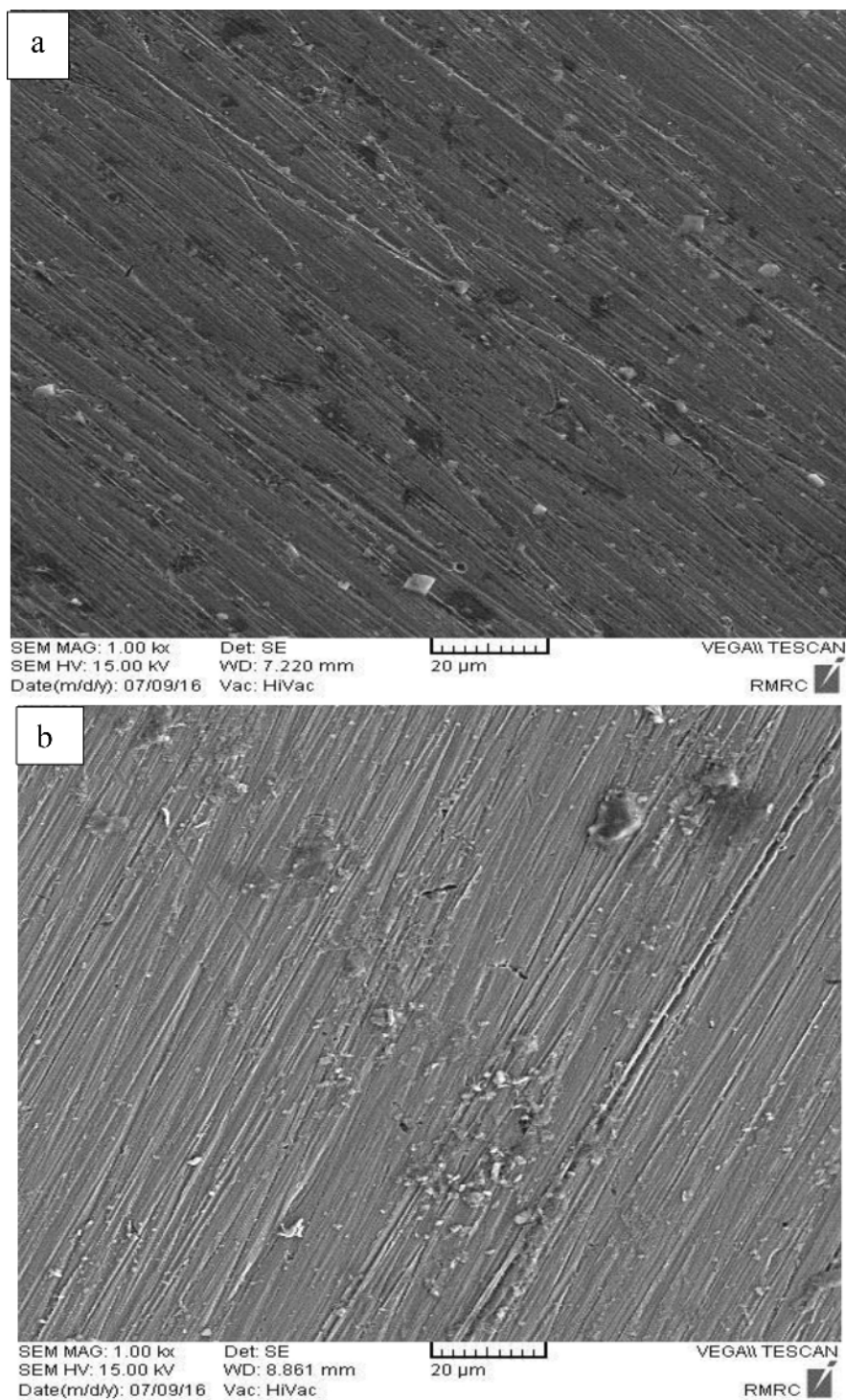
pH	$N_D / 10^{22} \text{ cm}^{-3}$	$N_A / 10^{22} \text{ cm}^{-3}$	E_{fb-n} / V	E_{fb-p} / V
۰	۱۰/۰۶	۲/۵۱۲	-۰/۲۹۳۷۱	۰/۸۱۱۳۵۱
۲	۶/۴۲۸	۲/۱۵۳	-۰/۴۸۲۰۸	۰/۸۶۳۳۳۵
۴	۵/۴۴	۱/۸۶۴	-۰/۷۲۲۰۲	۱/۱۶۹۵۷
۷	۴/۵۹	۱/۵۸۱	-۰/۷۲۶۰۸	۱/۲۲۱۰۴۴
۱۰	۴/۳۰۶	۰/۷۷۲۹	-۱/۹۴۹۰۵	۰/۳۱۲۸۶۳
۱۲	۴	۱/۳۳۹	-۱/۳۰۴	۰/۳۵۸۸۴
۱۴	۳/۴۶۵	۲/۸۶۸	-۰/۷۲۲۵۶	۰/۴۷۰۳۰۵

فلت‌بند که جایگاه نوارهای انرژی را در ارتباط با کاهش پتانسیل یون‌های فعال در الکترولیت مشخص می‌کنند، به pH و پتانسیل وابسته هستند. این می‌تواند ناشی از تفاوت در میل به جذب یون‌های کلریدی باشد [۲۵].

۳-۴ - میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

شکل ۵ سطح فولاد را، پس از صیقل دادن و غوطه وری در محلول با pHهای ۲ و ۱۲ در حضور سدیم کلرید ۳/۵٪، که به مدت ۱۲۰۰ ثانیه تحت پتانسیل ۱ ولت قرار داشتند، نشان می‌دهد. مطابق این شکل، نمونه در محلولی با pH بالا (pH=۱۲) تعداد حفره‌ی بیشتری ولی کم عمق روی سطح دارد، درحالی‌که عکس SEM مربوط به الکتروود فولادی در محلول با pH اسیدی (pH=۲) نشان دهنده‌ی سطح یکنواخت و خوردگی یکنواخت روی سطح می‌باشد. بینچی [۲۶] دریافت سطوحی که لایه رویین از نوع n دارند، نسبت به لایه‌های رویین از نوع p، تعداد حفره بیشتری در سطح دارند. اونتیه‌جه گرفت که فیلم معیوب اکسیژنی (نیمه رسانایی از نوع n) می‌تواند شرایط مساعدی را برای جوانه‌زنی و پیشرفت خوردگی حفره‌ای فراهم کند، اما فیلم اکسیدی معیوب فلزی (نیمه رسانایی از نوع p) کمتر در معرض حمله‌ی حفره‌ای است. نتایج حاصل با نتایج به دست آمده توسط بینچی که نیمه‌هادی از نوع n بیشتر مستعد به خوردگی حفره‌ای است مطابقت دارد.

تاثیر اصلی افزایش pH بر ضخامت لایه رویین است هاپت و استربلو [۲۳] کشف کردند که برای آلیاژهای آهن - کروم در محیط‌های بازی، مقدار اکسید و هیدروکسید Fe(III) افزایش پیدا می‌کند. برعکس، در محلول‌های اسیدی، به واسطه‌ی انحلال آهسته اکسید کروم در مقایسه با اکسید آهن، لایه اکسیدی غنی از کروم، پایدارتر است. مطابق مدل عیوب نقطه‌ای و نظر بعضی نویسندگان [۵]، چگالی دهنده‌های بار، جذب یون‌های کلریدی در لایه رویین و نهایتاً شروع خوردگی حفره‌ای را مشخص می‌کند. در pHهای کم جای‌خالی‌های اکسیژنی بیشتری در فیلم رویین تولید می‌شود و طبق مدل عیوب نقطه‌ای یون‌های کلریدی از الکترولیت به سمت جای‌خالی‌های اکسیژنی در لایه بیرونی رویین حرکت می‌کنند. جای‌خالی‌های اکسیژنی در لایه رویین می‌توانند یون‌های کلریدی را جذب کرده و با تشکیل کلرید فلزی جامد باعث افزایش حجم و تخریب مکانیکی فیلم اکسیدی شوند [۲۴]. در pHهای بالاتر از ۱۰، لایه اکسیدی آهن که یک لایه متخلخل با چسبندگی و خاصیت حفاظتی کمتر است پایدار می‌شود و ضخامتش افزایش می‌یابد در حالی‌که اکسید کروم به راحتی انحلال پیدا می‌کند. همان‌طور که از جدول مشخص است چگالی گیرنده‌های بار بعد از pH=۱۰ زیاد شده است [۲۲]. کاهش ضخامت فیلم رویین افزایش جریان رویین را سبب می‌شود [۲۵]. این نتایج، نتایج حاصل از طیف‌نگاری امپدانس الکتروشیمیایی را تایید می‌کند. پتانسیل‌های



شکل ۵ - سطح الکتروود دوفازی زیر میکروسکوپ الکترونی بعد از اعمال پتانسیل ۱۷ به مدت ۱۲۰۰ S در محلول ۳/۵٪ سدیم کلرید با pH های مختلف. a: pH=۲، pH=۱۲ b

نتیجه گیری

رفتار نیمه‌هادی فولاد زنگ نزن دوفازی ۲۲۰۵ با استفاده از روش‌های الکتروشیمیایی در محلول ۳/۵٪ سدیم کلرید در pH های مختلف بررسی شد. نتایج به دست آمده به صورت زیر است:

۱. مطابق آزمون مات‌شاتی، رفتار نیمه‌هادی از نوع n و از نوع p مشاهده شد، این نشان می‌دهد که لایه رویین فولاد دوفازی ۲۲۰۵ یک ساختار دو لایه متشکل از لایه بیرونی و لایه درونی دارد و مقدار چگالی ناخالصی‌ها در محدوده $10^{23} - 10^{24} \text{ cm}^{-3}$ است، چگالی دهنده‌های بار با افزایش pH کم شد و چگالی گیرنده‌های بار در محلول‌های اسیدی با افزایش pH و در محلول‌های بازی با کاهش pH کاهش یافت. کمترین چگالی گیرنده‌های بار مربوط به pH=۱۰ است.

۲. لایه رویین فولاد مورد بررسی، در $\text{pH}=10$ بزرگترین محدوده‌ی رویین، کمترین چگالی جریان رویین و بیشترین مقاومت پلاریزاسیون را داراست، بنابراین لایه‌ی رویین پایدارتری دارد.
۳. با افزایش pH از ۰ تا ۱۰ و با کاهش pH از ۱۴ تا ۱۰ پتانسیل حفره‌دار شدن به سمت مقادیر مثبت‌تری انتقال پیدا کرد. پس مقادیر pH بر روی مقاومت به خوردگی حفره‌ای موثرند.
۴. با افزایش pH از ۰ تا ۱۰ جریان خوردگی روی سطح فولاد کمتر شد. در pH های بالاتر از ۱۰، جریان خوردگی بر روی سطح فولاد نسبت به $\text{pH}=10$ زیاد شد.
۵. نهایتاً در این تحقیق، افزایش pH در محلول‌های اسیدی تا $\text{pH}=10$ نرخ خوردگی را کاهش و افزایش pH در محلول‌های بازی بعد از $\text{pH}=10$ نرخ خوردگی را زیاد کرد. الکتروود فولادی در $\text{pH}=10$ کمترین نرخ خوردگی را دارد.

مراجع

- [1] B. Li, B, Electrochemical and Corrosion Behavior of 2205 Duplex Stainless Steel in Simulated Concrete Pore Solution, International Journal of Electrochemical Science, Vol. 12, 2017, Pp. 8432–8446.
- [2] H. Luo, C. F. Dong, X.Q. Cheng, K. Xiao, and X.G. Li, Electrochemical behavior of 2205 Duplex stainless steel in NaCl solution with different chromate contents, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 21, No. 7, 2012, Pp. 1283–1291.
- [3] H. Luo, C. Dong, K. Xiao, and X. Li, Passive Film Properties and Electrochemical Behavior of Co-Cr-Mo Stainless Steel in Chloride Solution, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 26, No.5, 2017, Pp. 2237–2243.
- [4] J.-Y. Jiang, D. Wang, H.-Y. Chu, H. Ma, Y. Liu, Y. Gao, J. Shi, and W. Sun, The Passive Film Growth Mechanism of New Corrosion-Resistant Steel Rebar in Simulated Concrete Pore Solution: Nano-eter Structure and Electrochemical Study, Materials (Basel, Switzerland), 2017, Vol. 10, No. 4.
- [5] D.D. Macdonald, The Point Defect Model for the passive state, Journal of Electrochemical Society, Vol. 139, No. 12, 1992, p. 3434.
- [6] N.E. Hakiki, B. Rondot, and S. Boudin, The electronic formed structure of passive films on stainless steels, Corrosion Science., Vol. 37, No. 11, 1995, Pp. 1809–1822.
- [7] L. Jinlong, W. Zhuqing, L. Tongxiang, S. Ken, M. Hideo, Enhancing the corrosion resistance of the 2205 duplex stainless steel bipolar plates in PEMFCs environment by surface enriched molybdenum, Results in Physics, Vol. 7, 2017, Pp. 3459–3464.
- [8] H. Li, Z. Jiang, H. Feng, S. Zhang, P. Han, W. Zhang, G. Li, and G. Fan, Effect of temperature on the corrosion behavior of super austenitic stainless steel S32654 in polluted phosphoric acid, International Journal of Electrochemical Science, Vol. 10, 2015, Pp. 4832–4848.
- [9] A. Fattah-alhosseini, Passivity of AISI 321 stainless steel in 0.5M H₂SO₄ solution studied by Mott-schottky analysis in conjunction with the point defect model, Arabian Journal of Chemistry, Vol. 9, 2016, Pp. S1342–S1348.
- [10] B. Munirathinam, R. Narayanan, and L. Neelakantan, Electrochemical and semiconducting properties of thin passive film formed on titanium in chloride medium at various pH conditions, Thin Solid Films, Vol. 598, 2016, Pp. 260–270.
- [11] J.S.de. Souza, L.A. de. Oliveira, I. J. Sayeg, R. A. Antunes, Electrochemical Study of the AISI 409 Ferritic Stainless Steel: Passive Film Stability and Pitting Nucleation and Growth, Materials Re-search, 2017,

- [12] P.A. Schweitzer, Fundamentals of corrosion: mechanisms, causes, and preventative methods, CRC Press Taylor and Francis group, 2nd Ed., 2010.
- [13] J.J. Kim, and Y.M. Young, Study on the passive film of type 316 stainless steel, International Journal of Electrochemical Science, Vol. 8, No. 10, 2013, Pp. 11847–11859.
- [14] Y. Prawoto, K. Ibrahim, and W.B.W. Nik, Effect of pH and chloride concentration on the corrosion of Duplex stainless steel, Arabian Journal for Science and Engineering, Vol. 34, No. 2C, 2009, Pp. 115–127.
- [15] D.G. Li, J.D. Wang, D.R. Chen, and P. Liang, Influences of pH value, temperature, chloride ions and sulfide ions on the corrosion behaviors of 316L stainless steel in the simulated cathodic environment of proton exchange membrane fuel cell, Journal of Power Sources, Vol. 272, 2014, Pp. 448–456.
- [16] A. Kocijan, D.K. Merl, and M. Jenko, The corrosion behaviour of austenitic and duplex stainless steels in artificial saliva with the addition of fluoride, Corrosion Science, Vol. 53, No. 2, 2011, Pp. 776–783.
- [17] H. Luo, H. Su, C. Dong, K. Xiao, and X. Li, Electrochemical and passivation behavior investigation of ferritic stainless steel in alkaline environment, construction and building materials, Vol. 96, 2015, Pp. 502–507.
- [18] L. Freire, M.J. Carmezim, M.G.S. Ferreira, and M.F. Montemor, The passive behaviour of AISI 316 in alkaline media and the effect of pH: A combined electrochemical and analytical study, Electrochimica Acta, Vol. 55, No. 21, 2010, Pp. 6174–6181.
- [19] H.-H. Ge, X.-M. Xu., L. Zhao, F. Song, J. Shen, and G.-D. Zhou, Semiconducting behavior of passive film formed on stainless steel in borate buffer solution containing sulfide, Journal of Applied Electrochemistry, Vol. 41, No. 5, 2011, Pp. 519–525.
- [20] A.M.P. Simões, M.G.S. Ferreira, B. Rondot, and M.Da. Cunha Belo, Study of passive films formed on AISI 304 stainless steel by impedance measurements and photoelectrochemistry, Journal of The Electrochemical Society, Vol. 137, No.1, 1990.
- [21] H. Luo, C.F. Dong, K. Xiao, and X.G. Li, Characterization of passive film on 2205 duplex stainless steel in sodium thiosulphate solution, Applied Surface Science, Vol. 258, No. 1, 2011, Pp. 631–639.
- [22] L. Jinlong, and L. Hongyun, Comparison of corrosion properties of passive films formed on phase reversion induced nano/ultrafine-grained 321 stainless steel, Applied Surface Science, Vol. 280, 2013, Pp. 124–131.
- [23] M.J. Carmezim, A.M. Simões, M.F. Montemor, and M.Da. Cunha Belo, Capacitance behaviour of passive films on ferritic and austenitic stainless steel, Corrosion Science., Vol. 47, No. 3, 2005, Pp. 581–591.
- [24] J. Amri, T. Souier, B. Malki, and B. Baroux, B, Effect of the final annealing of cold rolled stainless steels sheets on the electronic properties and pit nucleation resistance of passive films, Corrosion Science, Vol. 50, No. 2, 2008, Pp. 431–435.
- [25] N. E. Hakiki, M.F. Montemor, M.G.S. Ferreira, and M. Da Cunha Belo, Semiconducting properties of thermally grown oxide films on AISI 304 stainless steel, Corrosion Science, Vol. 42, No. 4, 2000, Pp. 687–702.
- [26] G. Bianchi, A. Cerquetti, F. Mazza, and S. Torchi, Electronic properties of oxide films and pitting susceptibility of type 304 stainless steel, Corroion. Science. Vol. 12, 1972, Pp. 495–502.

علوم و مهندسی خوردگی

نشریه علمی - پژوهشی

(فصلنامه)

Corrosion Sciences and Engineering

در تمام زمینه های خوردگی به زبان فارسی مقاله علمی - پژوهشی می پذیرد.

پایگاه اینترنتی: corrosionengineering.ica.ir

صاحب امتیاز: انجمن خوردگی ایران

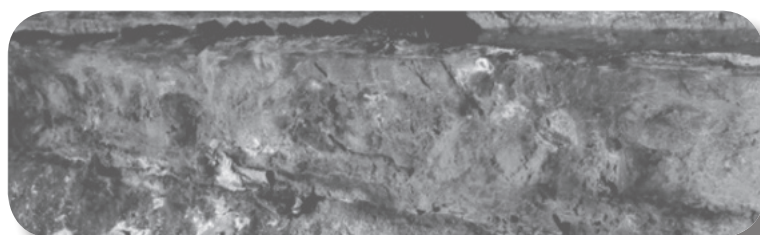
- سر دبیر:** دکتر محمدعلی گلزار، استاد دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان
- مدیرمسئول:** دکتر هادی عادل خانی، دانشیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای
- عضو هیئت تحریریه:** دکتر سعیدرضا اله کرم، استاد دانشکده مهندسی متالورژی و مواد دانشگاه تهران
- عضو هیئت تحریریه:** دکتر کوروش جعفرزاده، دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر
- عضو هیئت تحریریه:** دکتر میرقاسم حسینی، استاد دانشکده شیمی دانشگاه تبریز
- عضو هیئت تحریریه:** دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، دانشیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای ایران
- عضو هیئت تحریریه:** دکتر تقی شهرابی فراهانی، استاد دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس تهران
- عضو هیئت تحریریه:** دکتر منصور فرزام، دانشیار دانشگاه صنعت نفت
- عضو هیئت تحریریه:** دکتر روحا کسرای کرمانشاهی، استاد دانشکده میکروبیولوژی دانشگاه الزهرا (س)
- عضو هیئت تحریریه:** دکتر جابر نشاطی، دانشیار پژوهشگاه صنعت نفت

نشانی: تهران، میدان فردوسی، خیابان انقلاب، خیابان شهید عباس موسوی (فرصت)، کوچه بهبهان، پلاک ۱۱، واحد ۳

کدپستی: ۱۵۸۱۹۷۶۴۱۵، صندوق پستی: ۳۴۱۱-۱۵۸۱۵

تلفن: ۸-۸۸۳۴۴۲۸۷ و ۸۸۸۲۷۳۳۴، (داخلی ۲) نمابر: ۸۸۳۴۷۷۴۹

دنیای خوردگی



واژه‌های خوردگی و حفاظت فلزات

معرفی کتاب

روی خط اینترنت

● واژه‌های خوردگی و حفاظت فلزات



واژه‌های مهندسی خوردگی که در این بخش آورده شده است، از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۵؛ توسط گروه واژه‌گزینی فرهنگستان زبان و ادب فارسی با همکاری انجمن خوردگی ایران، در کارگروه برو ن‌پذیر مهندسی خوردگی بررسی و در شورای واژه‌گزینی تصویب شده‌اند که به ترتیب حروف الفبا در مجله زنگ منتشر می‌گردد.

واژه‌های مصوب خوردگی که به صورت یک جلد کتاب نیز منتشر شده است، شامل ۶۷۸ واژه است که در هر شماره از مجله زنگ برخی از آن‌ها درج می‌شوند.

ب

inhibition

بازدارندگی

کاهش سرعت یک واکنش کاتالیز شده (catalyzed reaction) با استفاده از ماده بازدارنده

interface corrosion inhibition

بازدارندگی خوردگی میانا

فرایند تعویق خوردگی که در آن برهم‌کنش شدیدی بین زیرآیند (substrate) در حال خورده شدن و بازدارنده خوردگی رخ می‌دهد، در این فرایند بازدارنده خوردگی برحسب میزان پتانسیل زیرآیند (substrate) جذب سطح می‌شود و به عنوان یک الکتروکاتالیزور مثبت یا منفی بر روی واکنش خوردگی اثر می‌کند یا خود بازدارنده در فرایند اکسایش - کاهش الکتروشیمیایی مشارکت می‌کند

interphase corrosion inhibition

بازدارندگی خوردگی میان‌فازی

فرایند تشکیل یک لایه سه‌بعدی بین زیرآیند (substrate) در حال خورده شدن و برق‌کاف که در آن لایه بازدارنده معمولاً از ترکیبات حل‌پذیر ضعیف مانند محصولات خوردگی اکسیدی یا واسطه‌ها یا بازدارنده‌ها به وجود می‌آید

inhibitor

بازدارنده

ماده‌ای که یک واکنش شیمیایی را متوقف می‌کند یا به تأخیر می‌اندازد

threshold inhibitor

بازدارنده آستانه‌ای

نوعی بازدارنده که اگر در مقدارهای کمتر از حد استوکیومتری (stoichiometric) هم به کار رود، همچنان به عنوان یک عامل تعلیقی در محیط آب عمل می‌کند

anodic inhibitor

بازدارنده آندی

نوعی بازدارنده خوردگی که در آن ماده یا ترکیبی از مواد شیمیایی با سازوکارهای مختلف فیزیکی یا شیمیایی یا فیزیکی شیمیایی سبب جلوگیری یا کاهش آهنگ واکنش‌های آندی یا اکسایش می‌شود

acid inhibitor

بازدارنده اسیدی

نوعی بازدارنده خوردگی غالباً از جنس مواد آلی حاوی نیتروژن و گوگرد و دارای بار قطبی که جذب سطح فلز می‌شود و از حمله اسید به سطح عریان فلز در هنگام پوسته‌زدایی محافظت می‌کند

oxidation inhibitor

بازدارنده اکسایش

ماده‌ای که با افزوده شدن به ماده‌ای دیگر، مقاومت آن ماده را در برابر حملات زیان‌بار محیط‌های اکسندة افزایش می‌دهد

adsorption inhibitor

بازدارنده بر جذبی

نوعی بازدارنده خوردگی اغلب از جنس ترکیبات آلی که برای متوقف کردن واکنش‌های انحلال و کاهش، جذب سطح فلز می‌شود

adsorption inhibitor

بازدارنده بر جذبی

نوعی بازدارنده خوردگی اغلب از جنس ترکیبات آلی که برای متوقف کردن واکنش‌های انحلال و کاهش، جذب سطح فلز می‌شود
مت. بازدارنده جذب سطحی

flotation-type coating, flotation coating inhibitor, flotation inhibitor

بازدارنده پوششی شناور

نوعی بازدارنده خوردگی برای محافظت سطح داخلی مخازن که لایه‌ای از آن را بر روی کف مخزن خالی قرار می‌دهند و زمانی که مخزن پر می‌شود، این لایه روغنی شناور می‌شود و با پایین و بالا رفتن سطح مایع، لایه‌ای از پوشش بر روی سطح مخزن به وجود می‌آید

عنوان کتاب: نگرشی تحلیلی بر صنعت پتروشیمی

مؤلف: مهندس محمدحسن پیوندی ثانی
انتشارات: انجمن خوردگی ایران

کتاب پیش رو تحت عنوان «نگرشی بر صنعت پتروشیمی» که به همت آقای مهندس محمدحسن پیوندی از مدیران کارای «شرکت ملی صنایع پتروشیمی» به رشته تحریر درآمده، به رغم گستردگی فرآیندهای پتروشیمی؛ نگاه ویژه‌ای بر صنعت پتروشیمی دارد و مطالب مهمی را به طیف وسیع مخاطبان آن، چه در صنعت و چه در بین دانشگاهیان؛ ارائه می‌دهد و گاه نگاه مخاطب را به نکاتی جلب می‌کند که اندیشیدن به آن، می‌تواند نظرها را به صنعت پتروشیمی متوجه نماید تا با تمرکز بیشتر بر این صنعت نوپا؛ زمینه رشد آن را با نگرش جدید متحول نماید. «انجمن خوردگی ایران» در سال‌های شکوفایی پتروشیمی در ایران، ضمن همکاری‌های تنگاتنگی که با کارشناسان و مدیران این صنعت نوپا برقرار نموده؛ آینده روشنی بر گسترش همکاری‌های رو به جلو را پیش‌بینی می‌نماید و لذا مطالعه این کتاب را برای دانشجویان و کارشناسان صنعت مفید ارزیابی نموده است.

شمارگان: ۲۰۰ نسخه، سال نشر: ۱۳۹۸، تعداد صفحه: ۲۹۰، قیمت: ۷۰۰/۰۰۰ ریال



عنوان کتاب: مبانی خوردگی الکتروشیمیایی

مترجمین: دکتر احمد نوزاد و دکتر ایرج مرادی قراتلو
انتشارات: انجمن خوردگی ایران

این کتاب علیرغم وجود کتاب‌های الکتروشیمیایی و منابع خوردگی بسیار، از ویژگی‌های خاصی برخوردار است و اینکه ترجمه آن بسیار روان، ساده و اصولی است. ضمن اینکه تمامی روش‌های جدید مطالعه خوردگی نظیر: روش‌های تشخیص ترکیبات سطحی با استفاده از بازتاب نوری، بیضی‌سنجی، طیف‌سنجی ارتعاش مولکولی، طیف‌سنجی فوتوالکترونی اشعه ایکس (XPS)، طیف‌سنجی الکترون اوژه و روش‌های میکروالکتروشیمیایی، اندازه‌گیری EIS، پیل میکروالکتروود (MEC)، پیل میکروموتیونی، روش‌های الکتروود روبشی (SRET) و روش‌های الکتروود ارتعاشی را به منظور عمق بخشیدن به تحقیقات خوردگی را ارائه نموده است.

مترجمین کتاب آقایان دکتر احمد نوزاد (استاد تمام / شیمی تجزیه / کارشناس پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای) و دکتر ایرج مرادی (دکترای / فیزیک حالت جامد / کارشناس پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای) می‌باشند.

شمارگان: ۵۰۰ نسخه، سال نشر: ۱۳۹۸، تعداد صفحه: ۱۹۰، قیمت: ۳۰۰/۰۰۰ ریال



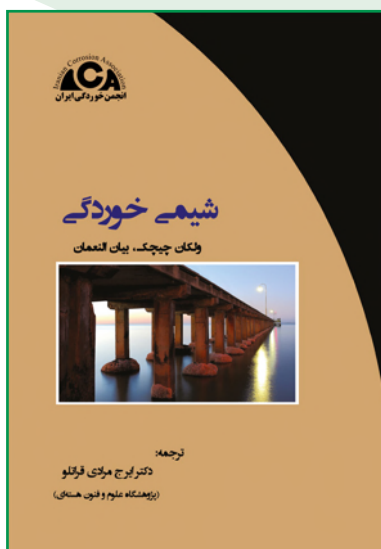
عنوان کتاب: شیمی خوردگی

مترجم: دکتر ایرج مراد
انتشارات: انجمن خوردگی ایران

خوردگی یک زمینه بین‌رشته‌ای وابسته به بسیاری از رشته‌های علمی بوده، و به هیچ رشته اصلی تعلق ندارد. خوردگی در درجه اول به علوم مهندسی اصلی مانند مهندسی شیمی، مهندسی عمران، مهندسی نفت، مهندسی مکانیک، مهندسی متالورژی، مهندسی معدن و غیره و علوم پایه مانند رشته‌های شیمی فیزیک، شیمی معدنی و شیمی تحلیلی و همچنین فیزیک و زیست‌شناسی، به عنوان مثال، الکتروشیمی، شیمی و فیزیک سطح، شیمی محلول، ساختارهای بلوری و آمورف و شیمی و فیزیک حالت جامد، میکروبیولوژی و غیره مربوط است.

در این کتاب سعی شده است فرآیند خوردگی با در نظر گرفتن هر دو جنبه علمی و مهندسی آن به‌طور خلاصه بیان شود. از این رو، این کتاب با داشتن جنبه بین‌رشته‌ای، خواننده را با جزئیات فراوانی درگیر نمی‌کند، بلکه مطالب را به صورتی بیان می‌کند که برای درک این فرآیند کافی باشد.

شمارگان: ۵۰۰ نسخه، سال نشر: ۱۳۹۸، تعداد صفحه: ۲۰۵، قیمت: ۳۰۰/۰۰۰ ریال



روی خط اینترنت

هر ساله همایش و نمایشگاه‌های ملی و بین‌المللی در ایران برگزار می‌گردد

در بخش روی خط اینترنت این شماره از نشریه برخی همایش‌ها، نمایشگاه‌ها و رویدادهای مهم را به اطلاع خوانندگان محترم می‌رسانیم.

انجمن خوردگی ایران به‌عنوان حامی رسانه‌ای و معنوی این گونه همایش‌ها و نمایشگاه‌ها از تمامی اعضاء و خوانندگان محترم خود جهت بازدید و شرکت در این رویدادهای مهم دعوت به عمل می‌آورد.

فراخوان

مجله زنگ جهت غنی کردن بار آموزشی و محتوایی بخش روی خط اینترنت آمادگی دارد تمامی مطالب، اخبار، تحلیل‌ها و دیدگاه‌های کارشناسان، دست‌اندرکاران و علاقه‌مندان به علم و مهندسی خوردگی و مرتبط به آن را در تمامی حوزه‌ها منتشر نماید.

لازم به ذکر است مطلب ارسالی با نام فرستنده درج خواهد شد ضمن اینکه درج منبع اصلی مطلب نیز الزامی می‌باشد.

علاقه‌مندان می‌توانند جهت کسب اطلاعات بیشتر با انجمن خوردگی ایران، تماس حاصل نمایند.

تلفن: ۸ - ۸۷ - ۴۲ ۳۴ ۸۸ داخلی ۲ - انتشارات

www.ica.ir



ufi

TEH2019 **IRGS**
2nd Int'l Iran Gas Show
دومین نمایشگاه بین المللی صنعت گاز ایران

TEH2019 **IRDS**
1st Int'l Iran Downstream Show
اولین نمایشگاه بین المللی صنایع پایین دستی نفت ایران

تهران، مرکز نمایشگاه‌های بین‌المللی شهرآفتاب
۵-۸ شهریورماه ۱۳۹۸
Tehran, Shahr-e-Aftab Int'l Exhibition Complex
27-30 Aug 2019

گروه تانا
TANA GROUP

TanaGroup Tana-Group Tana Intl Tanalnt

نخستین نمایشگاه بین المللی دریایی ایران

نمایشگاه و کنفرانس دریایی و صنایع فرا ساحل آسیا

۳۰ تا ۳۱ شهریورماه ۱۳۹۸، همای تهران

IMC EVENTS WORLD MARITIME DAY 2019
EMPOWERING WOMEN IN THE MARITIME COMMUNITY
توانمندسازی زنان در جامعه دریایی

Asia Sea & Offshore Expo
25-27 August 2019

SeAsia Expo

دیرخانه دائمی نمایشگاه تهران، خیابان شرعی، بعد از حسینه ارشد خیابان، قبا کوه خشک، پلاک ۱۴ واحد ۳
تلفن: ۳۷۸۹۳۰۸۰۹

سازندهمین نمایشگاه بین المللی متالورژی

ایران متافو
The 16th INTERNATIONAL EXHIBITION OF METAF

Minexpo Steel expo Nofer expo Cast expo Project expo Refractory expo Furnace expo

۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۳۹۸ محل دائمی نمایشگاه‌های بین المللی تهران
Tehran International Permanent Fairground 29 Nov - 2 Dec, 2019

ایران متافو
www.iranmetafo.com

تلفن: ۰۲۱-۸۸۲۰۳۰۲۰

STEEL Consortium
Chabahar 2019

3&5 October 2019 - Chabahar freezone international Convention Center

چابهار فولاد کنسرسیوم

۱۱ تا ۱۳ مهرماه ۱۳۹۸
سالن همایش‌های منطقه آزاد چابهار

اولین گردهمایی و نمایشگاه تولیدکنندگان فولاد در چابهار

با محوریت: واردات مواد اولیه و بازارهای جدید صادراتی

www.persiangoldco.com

همراه: ۰۹۱۵۳۳۳۳۶۰۰ | تلفن: ۰۲۱-۹۵۱۱۱۸۱۲ | فکس: ۰۲۱-۳۶۹۳۹۳۶
آدرس: تهران - خیابان ولیعصر - بین رشت و طالقانی - ساختمان سبز - واحد ۷

Iranian Corrosion Association
ICA
انجمن خوردگی ایران



TUV NORD

TUV Academy
RAN-GERMANY

همایش

در صنایع پتروشیمی

حفاظت از خوردگی و بازرسی فنی

۱۶ الی ۱۷ مهرماه ۱۳۹۸

ماهشهر، منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی، سایت یک، تالار آفرینش

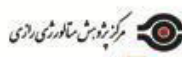
اهداف برگزاری همایش

- ◀ حفاظت کاتدیک
- ◀ خوردگی میکروبی و بیومواد
- ◀ جنبه های طراحی و انتخاب مواد
- ◀ خوردگی و حفاظت در دمای بالا
- ◀ روش های جلوگیری از خوردگی
- ◀ اصول بازرسی فنی در پتروشیمی
- ◀ رنگ ها و پوشش های ضد خوردگی
- ◀ خوردگی در صنایع نفت گاز و پتروشیمی
- ◀ تکنولوژی نانو و مواد پیشرفته ضد خوردگی
- ◀ معرفی و آشنایی با فناوری های نوین در تجهیزات بازرسی فنی

حامی برنز



حامی نقره



حامی طلا



حامی پلاتین



سکاد امپرایز همایش:

تهران، خیابان دکتر شریعتی، خیابان ملک، نبش کوچه شکوری، پلاک یک، طبقه سوم، واحد نه
تلفن: ۷-۷۷۶۵۴۰۹۶ - ۷۷۶۴۶۶۳۶ - ۰۹۱۲۰۱۴۹۸۳۳ فاکس: ۷۷۵۲۳۵۰۴



بیشتر بدانیم

بیشتر بدانیم



● حفاظت کاتدی

حفاظت کاتدی در ایستگاه‌های کمپرسور گاز

● پوشش

اعمال پوشش نانوساختار نیتريد تیتانیوم بر روی سطح آلومینیوم
به روش کند و پاش مغناطیسی

● پرونده ویژه

بررسی اثر ترکیب شیمیایی و جریان بر روی خواص پوشش‌های
Ni-W تهیه شده به روش آبکاری پالسی

حفاظت کاتدی

حفاظت کاتدی در ایستگاه‌های کمپرسور گاز

شهرام شجاعیه

منطقه دو عملیات انتقال گاز

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: shojaeieh@yahoo.com

چکیده

شناسایی عوامل تاثیر گذار بر کارایی یک سامانه حفاظت کاتدی نیاز به درک صحیحی از علم الکتروشیمی و جمع‌آوری داده‌ها با توجه به شناخت از ناحیه‌ای که سامانه در آنجا باید نصب و راه‌اندازی شود، دارد. خطوط لوله در حوزه ایستگاه حفاظت کاتدی خود اغلب در طول مسیر از نواحی با خاک یکنواخت عبور می‌کنند. گاهی هم نوع خاک و فشردگی و املاح موجود در خاک در طول مسیر خط لوله تغییراتی دارد که بر سامانه حفاظت کاتدی تاثیر می‌گذارد. با این حال، به کمک آزمایش‌های لازم از جمله اندازه‌گیری مقاومت مخصوص الکتریکی خاک، میزان املاح کلریدی و سولفات و چند آزمایش ساده دیگر می‌توان پیش‌بینی‌های لازم را در مورد شدت خوردگی لوله‌های فولادی نمود و حتی نوع پوشش را نیز بر این اساس مشخص کرد و سپس مبادرت به طراحی سامانه حفاظت کاتدی کرد. در رابطه با لوله‌های زیرزمینی که در محوطه ایستگاه‌های کمپرسور گاز وجود دارد شناخت دقیق محل قرارگیری لوله‌ها و میزان پیچیدگی آن و شکل هندسی ایجاد شده اهمیت زیادی دارد. اساس طراحی در این نوع مجتمع‌ها با خطوط لوله متفاوت می‌باشد که موضوع بحث این مقاله است.

واژه‌های کلیدی: حفاظت کاتدی، ایستگاه‌های کمپرسور گاز، خوردگی لوله‌های فولادی زیرزمینی؛

۱- مقدمه

متخصصین و مهندسين خوردگی که تجربه‌های علمی و عملی فراوانی در صنایع مختلف دارند بارها شاهد نابسامانی سامانه‌های حفاظت خوردگی از جمله حفاظت کاتدی ناقص یا معیوب بوده‌اند. بارها تماس‌هایی از شرکت‌های مربوطه داشته‌اند که گزارشی از عدم کارایی سامانه حفاظت کاتدی داده شده است. بعضی وقت‌ها با یک بررسی ساده، مشخص می‌شود حتی در اولین قدم طراحی نیز، اشتباه فاحشی صورت گرفته است. در یکی از ایستگاه‌های تقویت فشار گاز از ابتدا طراحی بر مبنای استفاده از آند فداشونده انجام شده بود و جالب این که در طول مدت بیش از ۱۰ سال پتانسیل‌های اندازه‌گیری شده که در حقیقت مربوط به مونیتورینگ سامانه حفاظت کاتدی و نشان دهنده وجود یا عدم وجود خوردگی است، پایین‌تر از حد حفاظت بود و هیچ اقدامی نیز برای اصلاح آن انجام نشده بود. با یک بررسی ساده اندازه‌گیری مقاومت مخصوص الکتریکی خاک مشخص شد مقاومت خاک بالاتر از حدی است که سامانه آند فداشونده جوابگو باشد و باید طراحی بر مبنای استفاده از روش جریان اعمالی انجام می‌شد. وقتی به تاریخچه عملیات اجرایی در این شرکت‌ها بنگریم متوجه می‌شویم خیلی از این نوع کارها توسط افرادی که تخصصی در این زمینه نداشته‌اند انجام شده است. درحقیقت، سازمان مربوطه در واحد کنترل خوردگی شرکت خود، در انتخاب افراد دارای صلاحیت لازم کوتاهی نموده است. شخصی که مسئول این امور است باید دید مهندسی خوردگی داشته باشد و لازمه آن داشتن مدرک تحصیلی مرتبط، گذراندن دوره‌های تخصصی در این زمینه و تجربه عملی می‌باشد. وقتی با این افراد صحبت می‌کنیم می‌گویند حفاظت کاتدی امر پیچیده‌ای است و حساب دو دو تا چهار تا نیست. اگر ما مدار سامانه حفاظت کاتدی را یک مدار ساده الکتریکی فرض کنیم دچار این خطا خواهیم شد، بلکه سامانه حفاظت کاتدی یک مدار الکتروشیمیایی می‌باشد که از قوانین ترمودینامیکی و سینتیکی پیروی می‌نماید. بنابراین اگر دید الکتروشیمی قوی نداشته باشیم چه بسا دست به اقدامات خطرناکی زده شود که نه تنها حفاظت کاتدی را برای سازه‌های زیرزمینی فراهم نخواهد آورد بلکه سبب خوردگی بیشتر این سازه‌ها و یا سازه‌های مجاور خواهد شد.

از این موارد زیاد مشاهده شده است که به دلیل عدم جمع‌آوری کافی اطلاعات اولیه، طراحی‌ها نتوانسته است پتانسیل حفاظتی لازم و

یکنواخت را برای سازه‌های زیرزمینی از جمله خطوط لوله فولادی تامین نماید. بیشترین توان و وقت باید در جمع‌آوری داده‌ها و همچنین شبیه‌سازی سامانه حفاظت کاتدی صرف شود و این درست مثل کار یک پزشک است که باید معاینه دقیق و صحیحی از بیمار برای تشخیص نوع بیماری انجام دهد و بقیه کار یعنی تجویز دارو خیلی راحت خواهد بود.

حفاظت کاتدی خطوط لوله‌ای که به طول چندین کیلومتر است نسبت به لوله‌های زیرزمینی که در مجموعه‌هایی مثل مجتمع‌های پالایشگاهی، پتروشیمی، ایستگاه‌های تقویت فشار گاز و ... وجود دارند کار نسبتاً ساده‌ای است. اکثر مشکلات، مربوط به این مجتمع‌ها می‌باشد که لوله‌های زیرزمینی این تاسیسات پیچیده و منشعب بوده و به دلیل شرایط محیطی، خوردگی‌های موضعی ناشی از تشکیل پیل‌های گالوانیک مشاهده می‌شود. حال اگر این نقاط بحرانی و کور در آزمون‌های اولیه در نظر گرفته نشود، حفاظت کاتدی به روش ایجاد بسترهای اصلی (Basic) قادر به حفاظت این نقاط و تامین پتانسیل مورد نیاز برای غلبه بر این پیل‌های موضعی نخواهد بود. در بخشی از این مقاله به بررسی روش‌های صحیح حفاظت خوردگی لوله‌های زیرزمینی در این نوع محیط‌ها پرداخته می‌شود.

تعریف محیط‌های الکترولیتی از لحاظ خوردگی

جدول ۱ مقیاسی از خوردگی محیط با توجه به مقاومت مخصوص الکتریکی را نشان می‌دهد [۱].

خاک‌ها شامل ذرات جامد و حرراتی هستند که توسط آب و هوا پر شده است. سهم زمین‌های شن و ماسه‌ای برای ذخیره آب در خود، بسیار محدود می‌باشد در حالی که ظرفیت ذخیره‌سازی و حفظ و نگهداری آب برای خاک‌های رس عالی است.

خاک‌های با میزان رطوبت بالا، هدایت الکتریکی بالا، اسیدیته بالا و بالا بودن میزان نمک‌های حل شده، خورنده‌تر خواهند بود.

خطوط لوله زیرزمینی گاز در کشور ما که شامل خطوط پرفشار و کم فشار می‌باشد از پالایشگاه تا خانه‌های مردم کشیده شده است. این خطوط شامل خطوط پرفشار اصلی و فرعی، سامانه لوله کشی پیچیده و پراکنده با سایزهای مختلف در ایستگاه‌های تقویت فشار و خطوط لوله

جدول ۱ - تقسیم بندی محیط‌ها از لحاظ میزان خوردگی و رابطه آن با مقاومت مخصوص الکتریکی

CLASSIFICATION	ELECTROLYTE RESISTIVITY (ohm-cm)	ANTICIPATED CORROSIVITY
Low Resistance	0 to 2,000	Severe
Medium	2,000 to 10,000	Moderate
High	10,000 to 30,000	Mild
Very High	Above 30,000	Increasingly Less

به این صورت که هرچه عمق قرار گرفتن لوله و غلاف در چاه بیشتر باشد، آن ناحیه دمای بالاتری دارد [۶]، (شکل ۲).

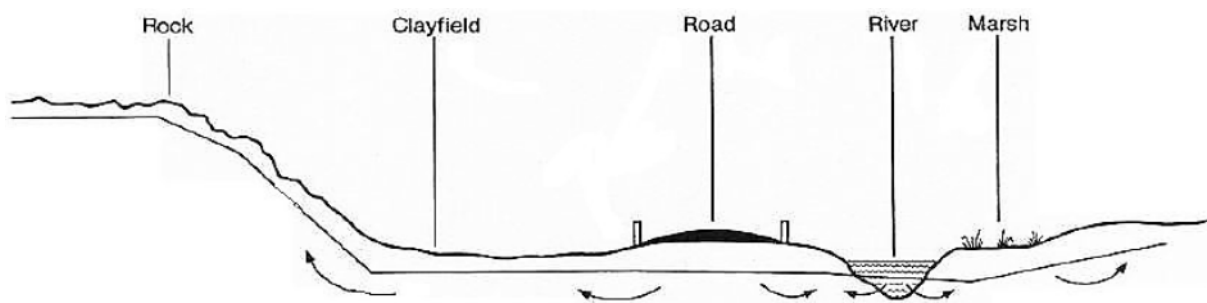
حفاظت کاتدی در حقیقت همان پدیده پلاریزاسیون است. حفاظت کاتدی شامل کاهش اختلاف پتانسیل بین محل‌های کاتدی و آندی روی سطح یک فلز و رساندن آن به سمت صفر می‌باشد. پلاریزاسیون مکان‌های کاتدی به سمت پتانسیل مدار باز مکان‌های آندی معیار صحیحی برای حذف خوردگی است. از آن جایی که حفاظت کاتدی همان پلاریزاسیون می‌باشد، پتانسیل پلاریزه شده یک سازه باید برای تعیین سطح حفاظت اندازه‌گیری شود. پتانسیل پلاریزه شده را می‌توان به عنوان پتانسیل فصل مشترک فلز و الکترولیت تعریف کرد که این مجموع پتانسیل خوردگی و پلاریزاسیون کاتدی است، (شکل ۳).

کم فشار شهری می‌باشد. نکات مهمی در مورد این سامانه‌ها وجود دارد که در ادامه بررسی می‌شود، (شکل ۱).

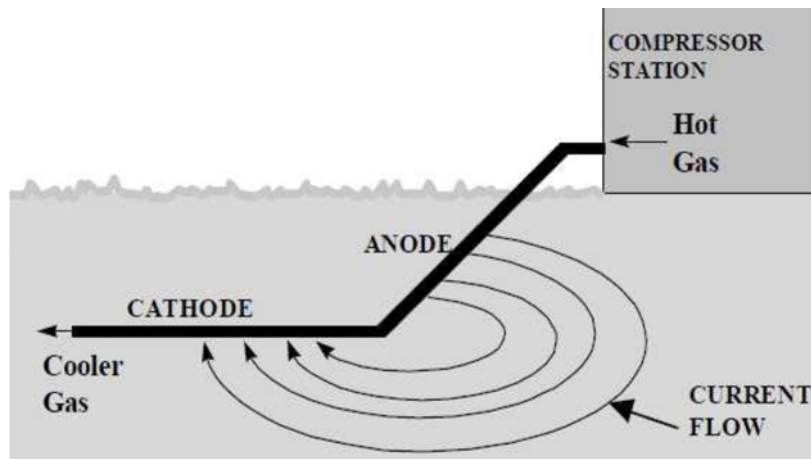
بررسی عوامل موثر بر خوردگی لوله‌های زیرزمینی ایستگاه‌های کمپرسور گاز

اختلاف دما

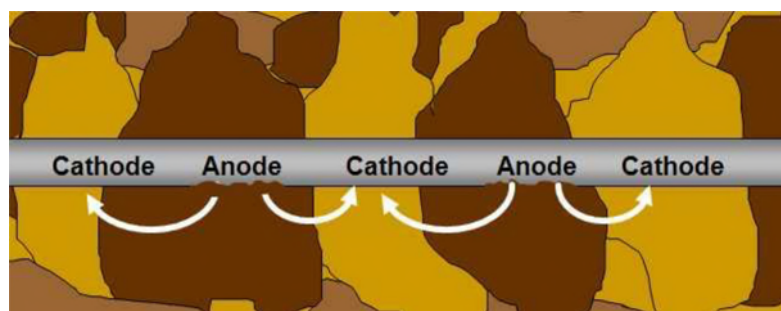
سرعت واکنش‌های الکتروشیمیایی بازای هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش دما دو برابر می‌شود. سرعت‌های خوردگی نیز دو برابر می‌شود. گرادیان‌های دما در سرتاسر فلز ایجاد سل‌های خوردگی می‌نماید. مثال آن خطوط لوله انتقال گاز است که از ایستگاه‌های کمپرسور گاز خارج می‌شود. مثال دیگر مربوط به غلاف‌های چاه‌های نفت و گاز می‌باشد



شکل ۱ - تغییرات نوع خاک و محیط عبور خط لوله که باعث ایجاد خوردگی می‌شود.



شکل ۲ - اختلاف دما در طول یک سازه فلزی (خط لوله)



شکل ۳ - نمایش شماتیک مکانیزم خوردگی یک لوله فولادی در خاک‌های متفاوت

الکترولیت

برای محیط های آبی، میزان نمک های معدنی حائز اهمیت است. بیشتر مواد معدنی مقاومت مخصوص الکتریکی کمی دارند و در نتیجه، خوردگی بالاتری ایجاد می نمایند، (جدول ۲).

جدول ۲ - مقایسه مقاومت مخصوص الکتریکی چند نوع محیط آبی مختلف (تاثیر نمک های حل شده)

Electrolyte	Resistivity (ohm-cm)
Seawater (Gulf)	16
Raw water	200-2000
Drinking water	2000-5000

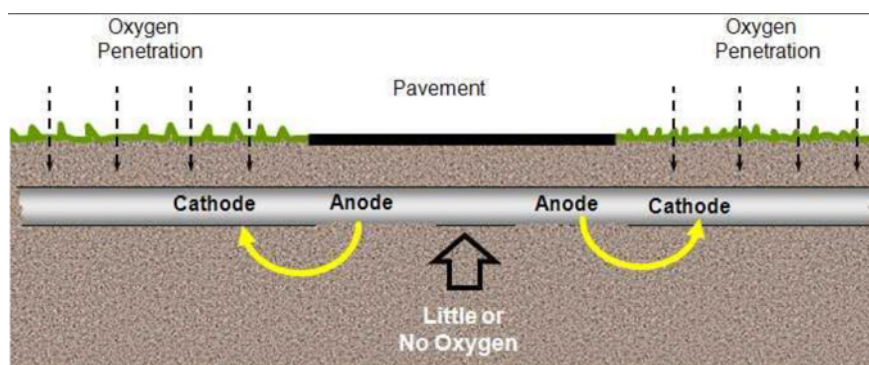
فاکتورهایی که روی سرعت خوردگی تاثیر می گذارند یا به بیان دیگر، عوامل ایجاد خوردگی در خطوط لوله زیرزمینی عبارتند از: خوردگی در اثر تشکیل سل های اختلاف دماش اکسیژن و خوردگی ماکروسل (Macrocell Corrosion).

در مرحله احداث اولیه ایستگاه های تقویت فشار گاز در بعضی مناطق که دارای

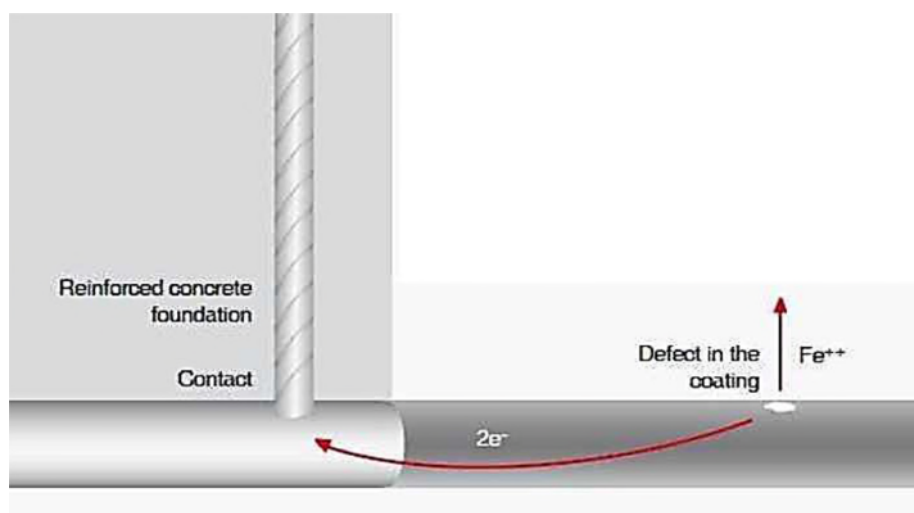
زمین نامناسب می باشد معمولاً تغییراتی در خاک آن داده می شود که هم از لحاظ ترکیب شیمیایی ممکن است متفاوت باشد و هم از لحاظ فشردگی، که این مسئله سبب ایجاد سل های خوردگی در محل عبور لوله ها خواهد شد. همچنین وجود فونداسیون های بتنی متعدد در اطراف و بین سامانه لوله کشی ایستگاه می تواند مانع رسیدن جریان حفاظت کاتدی کافی به این نقاط شود که لازم است در طراحی سامانه حفاظت کاتدی در نظر گرفته شود، (شکل ۴). خوردگی ماکروسل شبیه خوردگی سل هوایی توسط پتانسیل های آزاد متفاوت در مکان های مختلف ایجاد می شود. برخلاف سل های هوایی، اختلاف پتانسیل ها در ماکروسل ها به دلیل مختلف بودن زمین ها نیست اما به دلیل متفاوت بودن مواد فلزی است.

هر کجا سازه های بتنی مسلح متصل به خطوط لوله فلزی باشند، خوردگی در اثر تشکیل ماکروسل می تواند ایجاد شود. فولاد در بتن یک پتانسیلی دارد که چند صد میلی ولت مثبت تر از پتانسیل خطوط لوله زیرزمینی است.

به دلیل اختلاف سطح بزرگ سازه بتنی مسلح و نواقص کوچک در پوشش خطوط لوله خسارات خوردگی شدیدی در طی چند سال ایجاد می شود، بنابراین سرعت های خوردگی تا ۱ میلی متر در سال هم امکان پذیر است [۲]، (شکل ۵).



شکل ۴ - نمایش الگوی تشکیل سل اختلاف دماش اکسیژن در لوله های زیرزمینی.



شکل ۵ - ماکروسل تشکیل شده بین خط لوله و فونداسیون بتنی مسلح [۲].

- ۶ - تغییر محل سازه بیگانه به محلی دور از سازه اصلی،
- ۷ - کاهش جریان سامانه حفاظت کاتدی،
- ۸ - جابجا کردن محل ground bed ها می تواند باعث کاهش و یا حذف تداخل شود،
- ۹ - استفاده از موانع الکتریکی،
- ۱۰ - تغییر نقشه خطوط لوله.

در ایستگاه‌های کمپرسور گاز و مجتمع‌هایی از این قبیل، اعمال راه حل‌های ۱ و ۳ می‌تواند مشکل سامانه حفاظت کاتدی را برطرف سازد.

عدم توزیع مناسب پتانسیل حفاظت کاتدی

عدم توزیع مناسب پتانسیل حفاظت کاتدی می‌تواند ناشی از تشکیل پیل‌های خوردگی (قرار گرفتن سامانه earth و فنداسیون بتنی در مدار سامانه حفاظت کاتدی خطوط لوله) و یا ناشی از تداخل جریان باشد. در حالت تداخل معمولاً نواحی pick up یا محل‌هایی که جریان تداخلی وارد سامانه می‌شود دچار مشکل over protection و disbonding شدن پوشش و نواحی تخلیه جریان دچار خوردگی می‌شوند. جاری شدن جریان حفاظت کاتدی در مسیرهای نامطلوب منجر به بروز خوردگی در سازه‌های مجاور می‌شود. این موضوع تحت عنوان تداخل یا Interference نامگذاری شده است بر اساس استاندارد IPS-C-TP-820 اگر پتانسیل خط لوله در محل ورود جریان تداخلی، منفی‌تر از $-2/5$ ولت شود، پوشش لوله disbond می‌شود. غالباً هنگام طراحی سامانه حفاظت کاتدی، جریان‌های سرگردان و تداخلی در نظر گرفته نمی‌شود و در نتیجه پس از طراحی، مشکل خوردگی در این قسمت‌ها همچنان باقی می‌ماند. برای جلوگیری و حذف جریان‌های سرگردان، شناسایی نوع تداخل ایجاد شده، بسیار مهم می‌باشد.

قرارگیری سازه‌های بیگانه در مدار سامانه حفاظت کاتدی

مطابق شکل ۶ کلیه لوله‌هایی که از زمین بیرون می‌آیند و وارد تاسیسات یک مجتمع می‌شوند باید پس از بیرون آمدن از خاک، فلنج ایزوله بر روی آنها نصب شود. اگر فلنج‌های ایزوله آسیب ببینند در آن صورت فنداسیون بتنی و سامانه Earth در ارتباط الکتریکی با لوله‌های مدفون در خاک قرار خواهد گرفت. همچنین ممکن است کلیه فلنج‌های ایزوله سالم باشد ولی بدلیل بی احتیاطی پیمانکار، میله یا تکه فلزی مشابه بر روی فلنج ایزوله و اطراف آن قرار گیرد و بدین ترتیب دو سر آن با یکدیگر ارتباط الکتریکی برقرار کند، (شکل ۶).

پتانسیل آزاد یا طبیعی فولاد در خاک‌های هوادار (مانند ماسه)، اختلاف چندان زیادی با خاک‌های بی هوازی (مانند خاک رس) ندارد. اما هر جا که در محل تماس پوشش خط لوله با انواع خاک‌های مختلف نقص پوشش وجود داشته باشد، یک گرادیان ولتاژ ایجاد می‌نماید. این گرادیان ولتاژ سبب ایجاد یک جریان خوردگی در زمین می‌شود. در محل نواقص پوشش که بین پوشش و فلز جدایش وجود دارد و نواحی بی هوازی است، خوردگی می‌تواند در یک سرعت تا بیش از $0/1$ میلی‌متر در سال ظاهر شود.

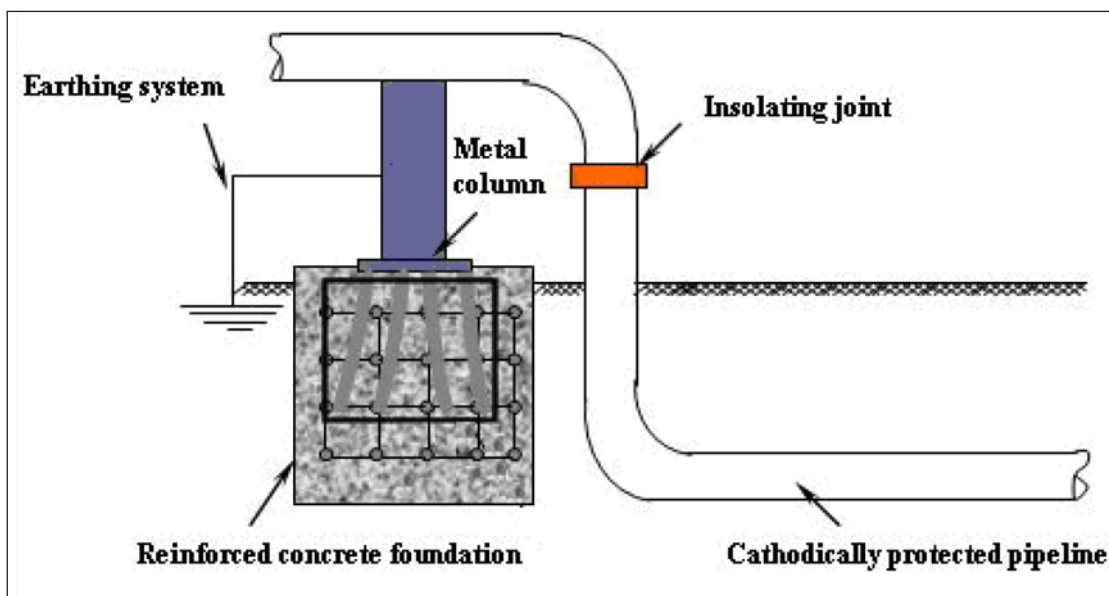
تداخل جریان

تجربه زیادی در زمینه تداخل جریان DC و عدم توزیع یکنواخت پتانسیل حفاظت کاتدی در مجتمع‌هایی با سامانه لوله‌کشی پراکنده و پیچیده مانند پالایشگاه‌ها، پتروشیمی‌ها، ایستگاه‌های کمپرسور گاز و ... در دست می‌باشد که در بعضی موارد این نوع تداخل و توزیع نامناسب پتانسیل چند سال بعد از احداث و راه‌اندازی آن مجتمع ایجاد شده است و برخی نیز از ابتدا به دلیل طراحی نادرست سامانه حفاظت کاتدی و نادیده گرفتن جریان‌های تداخلی اطراف و وابسته به سامانه فعلی به وجود آمده است. جریان سرگردان DC می‌تواند تا ۱۰۰ برابر بدتر از جریان سرگردان AC باشد. برای تشخیص وجود جریان سرگردان باید آزمون‌های لازم انجام شود. در آزمون جریان سرگردان AC مقدار جریان اندازه‌گیری شده باید کمتر از ۱ میلی آمپر باشد در غیر این صورت در مدار سامانه، جریان سرگردان AC داریم. در آزمون جریان سرگردان DC، مقدار جریان سرگردان اندازه‌گیری شده باید کمتر از $0/01$ میلی آمپر باشد [۳].

کاهش یا حذف جریان‌های تداخلی

بر اساس استاندارد IPS-C-TP-820 و NACE 0169 راه حل‌های رفع تداخل جریان و عدم توزیع پتانسیل مناسب در سامانه‌های حفاظت کاتدی به شرح زیر می‌باشد:

- ۱ - استفاده از آندهای فداشونده یا اعمال جریان و یا تلفیقی از آن دو در محل‌هایی مثل نقطه تقاطع،
- ۲ - اتصال الکتریکی سازه بیگانه با سازه اصلی از طریق مقاومت کنترل شده و اتصال خطوط لوله متقاطع با یکدیگر،
- ۳ - عایق‌سازی سازه بیگانه و یا بکارگیری پوشش در محل ورود جریان تداخلی مثلاً استفاده از سامانه Galvanic Isolator در مسیر سامانه Earth و یا جداسازی اتصال الکتریکی سامانه اطفاء حریق از سازه‌های بیگانه مجاور، همچنین تقویت پوشش لوله در نقاط تقاطع،
- ۴ - قرار دادن Insulation Joint های متعدد در سازه بیگانه،
- ۵ - توزیع نواحی کاتدی به منظور کاهش متوسط شیفت پتانسیل در نواحی با پوشش ضعیف،



شکل ۶ - کلیه لوله‌های مدفون در خاک، پس از بیرون آمدن از خاک و قبل از ورود به تاسیسات ایستگاه باید در مسیر خود فلنج ایزوله داشته باشند.

کاتدی توسط سامانه earth جذب می‌شود. با قرار دادن دستگاه Gal-vanic Isolator در مسیر سامانه earth، جداسازی گالوانیکی به خوبی انجام می‌شود. در شکل ۷ نمونه‌ای از این دستگاه‌ها نشان داده شده است.



شکل ۷ - نمونه‌ای از دستگاه Galvanic Isolator (GI). طرز کار این دستگاه مشابه Polarization Cell می‌باشد.

راهکار مقابله با تداخل جریان الکتریکی در محل فلنج‌های عایقی اصلی ورودی و خروجی در یک ایستگاه کمپرسور گاز در شکل ۸ نشان داده شده است. در این حالت، دو طرف فلنج عایقی توسط مقاومت الکتریکی کنترل شده (Resistor Metal Bonding) به یکدیگر متصل می‌شود. به این ترتیب جریان الکتریکی پس از رسیدن به فلنج عایقی، بجای تخلیه و جذب در محل مزبور، از طریق اتصال الکتریکی ایجاد شده هدایت می‌شود و بدین ترتیب، حالت under protect و over protect در محل مزبور رخ نخواهد داد.

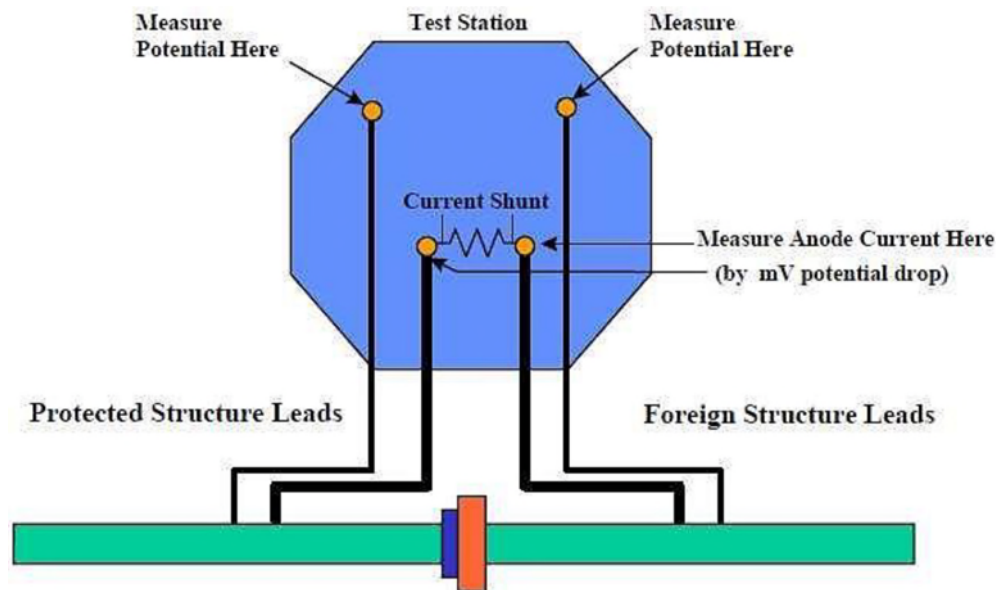
عایق‌سازی سازه بیگانه

به دلیل شبکه بودن سامانه ارت ایستگاه‌ها و همچنین ایجاد اتصال الکتریکی لوله‌های زیرزمینی در بعضی نقاط با لوله‌های روزمینی، سامانه ارت و فونداسیون بتنی در ابتدا یا طول دوره بهره برداری، توزیع پتانسیل حفاظت کاتدی نامناسب خواهد بود. اصولی‌ترین راه حل برای برطرف کردن مشکل عدم توزیع مناسب پتانسیل حفاظت کاتدی، جداسازی سامانه Earth و فونداسیون بتنی از مدار حفاظت کاتدی خطوط لوله می‌باشد.

به کار گیری دستگاه Galvanic Isolator یا Polarization cell

دستگاه Galvanic Isolator یا Polarization cell (PC) اجازه عبور جریان AC را از خود می‌دهد ولی مانع از جریان DC می‌شود. از این دستگاه جهت جداسازی گالوانیکی دو فلز مرتبط با هم استفاده می‌شود. نمونه‌ای از کاربرد این دستگاه، جداسازی گالوانیکی سامانه earth از سایر قسمت‌ها می‌باشد. در این حالت امکان تخلیه جریان‌های AC به زمین وجود دارد ولی از عبور جریان DC با ولتاژ پائین جلوگیری می‌کند.

این دستگاه اجازه عبور جریان‌های DC با ولتاژ بالا را می‌دهد. به عنوان مثال برخی از این دستگاه‌ها ولتاژهای DC کمتر از ۳ ولت را از خود عبور نمی‌دهند (اختلاف پتانسیل‌های ناشی از اعمال حفاظت کاتدی کمتر از ۳ ولت می‌باشد) ولی اجازه عبور ولتاژهای بالاتر را می‌دهند. اصولاً مقاومت سامانه earth را حدود یک اهم و یا کمتر در نظر می‌گیرند. در جایی که فلنج‌های ایزوله خراب باشند، درصد قابل توجهی از جریان سامانه حفاظت



شکل ۸ - در این شکل یکارگیری Resistor Metal Bonding در دو سر فلنج عایقی برای مقابله با خوردگی ناشی از تداخل جریان در دو سامانه حفاظت کاتدی متفاوت دیده می‌شود. به کمک دو کابل اضافی که به دو طرف فلنج متصل است، مقاومت RMB به گونه‌ای تنظیم می‌شود که پتانسیل حفاظت کاتدی در دو طرف فلنج عایقی در حد مجاز خود قرار داشته باشد [۴].

خوردگی ناشی از تداخل جریان بین دو سامانه حفاظت کاتدی متفاوت در محل فلنج عایقی می‌باشد.

تشکیل پیل‌های خوردگی

پتانسیل آزاد خوردگی فولاد در بتن $V_{\text{Cu/CuSO}_4} = -0.2\text{V}$ و پتانسیل آزاد خوردگی فولاد در خاک $V_{\text{Cu/CuSO}_4} = -0.6\text{V}$ است. این اختلاف پتانسیل موجب ایجاد جریان الکتریکی بین Coating holiday های خط لوله و بتن مسلح می‌شود. از آنجایی که سطح نقایص موجود در پوشش لوله کم می‌باشد در نتیجه دانسیته جریان متمرکز و بالایی در محل‌های holiday پوشش بوجود می‌آید. این موضوع منجر به خوردگی موضعی شدیدی خواهد شد.

در جایی که سامانه earth و فنداسیون بتنی در مدار حفاظت کاتدی خطوط لوله قرار دارند، مهمترین عامل بروز خطا، Mixed Potential Error می‌باشد.

اگر سازه دیگری در ارتباط الکتریکی با خط لوله باشد، پتانسیل اندازه گیری شده دارای خطا می‌باشد. مقدار خطای مذکور زمانی قابل ملاحظه خواهد بود که خط لوله دارای پوشش بوده و سازه بیگانه بدون پوشش و یا دارای پوشش ضعیف باشد. بنابراین با بالا رفتن کیفیت پوشش خط لوله، خطای اندازه‌گیری شده بیشتر خواهد بود زیرا در این حالت فاصله نزدیک‌ترین holiday موجود بر پوشش سازه اصلی تا الکتروود مرجع بیشتر از فاصله سازه بیگانه تا الکتروود مزبور خواهد بود. زمانی که پتانسیل آزاد سازه بیگانه مثبت تر از سازه اصلی باشد (مثلا اگر سازه بیگانه، earth مسی باشد و در ارتباط با فولاد قرار گیرد) خطای وارد

مقاومت الکتریکی خطوط لوله زیر زمینی در یک ایستگاه کمپرسور گاز بسیار پائین است (در حد هزارم اهم) بنابراین قرار گرفتن مقاومت 0.01Ω الی 0.1Ω اهم به عنوان (Resistor Metal Bonding (RMB در محل فلنج‌های عایقی اصلی، موجب اتصال کامل سامانه حفاظت کاتدی داخل ایستگاه با بیرون آن نخواهد بود. به عبارت دیگر مقاومت RMB چند صد برابر مقاومت لوله‌های زیر زمینی ایستگاه بوده و فقط اجازه می‌دهد جریان تداخلی در دو سر فلنج عایقی بجای تخلیه و جذب در زمین، از طرق RMB مدار خود را کامل کرده و خوردگی ناشی از تداخل جریان در این محل رخ دهد. مقاومت RMB به گونه‌ای تنظیم می‌شود که پتانسیل حفاظت کاتدی در دو طرف فلنج عایقی در حد مجاز خود قرار داشته باشد.

البته وجود Zinc Earthing Cell (ZEC) در این فلنج‌ها باعث کاهش اثرات تداخل جریان الکتریکی می‌شود. در این حالت، یکی از آندهای موجود در ZEC نقش تخلیه و دیگری نقش جاذب جریان‌های تداخلی را دارند و بدین ترتیب خوردگی ناشی از جریان‌های تداخلی از خط لوله به ZEC منتقل می‌شود. در سامانه‌های پیچیده که سازه‌های بیگانه متعددی در مدار سامانه حفاظت کاتدی قرار دارند و در نتیجه جریان بالایی از بسترهای آندی تخلیه می‌شود، ZEC به تنهایی قادر به برطرف کردن خوردگی ناشی از تداخل جریان در محل فلنج‌های عایقی اصلی نبوده و نیاز به RMB نیز دارد. در دو سر برخی فلنج‌های عایقی، Spark gap نصب شده است. مقاومت Spark gap به مراتب بالاتر از RMB بوده و وظیفه آن عبور Fault current ناشی از بروز اتصالی برق، رعد و برق و ... می‌باشد ولی وظیفه RMB برطرف کردن

کوپن‌های حفاظت کاتدی

کوپن‌های حفاظت کاتدی شامل تکه فلزی کوچک و با جنس یکسان از سازه تحت حفاظت می‌باشد. کوپن در فاصله نزدیک و در مجاورت سازه تحت حفاظت کاتدی قرار داده می‌شود و از طریق کابل مسی روکش دار به سازه تحت حفاظت متصل می‌شود. بوسیله کوپن می‌توان، دانسیته جریان لازم برای حفاظت کاتدی و نیز پتانسیل لحظه Off و On را بدون خطای افت ولتاژ اندازه‌گیری کرد. در Test Station هایی که در آنها کوپن نصب می‌شود امکان قطع لحظه‌ای جریان کوپن و اندازه‌گیری پتانسیل لحظه خاموش وجود دارد (شکل ۹).

از آنجایی که کوپن در فاصله بسیار نزدیک از خط لوله و در محیطی قرار دارد که در آن خط لوله واقع شده است، بنابراین در کلیه حالات (حتی در حالت وجود جریان‌های تداخلی و یا وجود پیل‌های گالوانیکی) می‌توان سطح حفاظت کاتدی را با دقت مناسب اندازه‌گیری کرد.

حفاظت کاتدی در ایستگاه‌های کمپرسور گاز

روش حفاظت کاتدی در ایستگاه‌های کمپرسور گاز تا حد زیادی متفاوت از خطوط لوله می‌باشد. مسئله مهم در محاسبات و طراحی این نوع سامانه‌ها، به دست آوردن پتانسیل حفاظتی کافی و یکنواخت در تمام نقاط می‌باشد. بعضی از طراحان سامانه حفاظت کاتدی اعتقاد دارند که لزومی ندارد در مرحله محاسبات، مقاومت مدار حفاظت کاتدی حتماً کمتر از ۲ اهم به دست آید و مسئله‌ای که باید بیشتر به آن توجه شود عدم تشکیل پیل‌های موضعی و غیر یکنواختی پتانسیل نقاط مختلف می‌باشد، بنابراین شبیه‌سازی سامانه حفاظت کاتدی در مرحله طراحی باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد. استفاده از یک یا چند بستر اصلی برای پلاریزه کردن لوله‌های زیرزمینی داخل ایستگاه و سپس مشخص کردن نقاط با پتانسیل پایین‌تر از حد حفاظت (نقاط کور) اساس طراحی حفاظت کاتدی در این گونه مجتمع‌ها می‌باشد که در ادامه بررسی می‌شود.

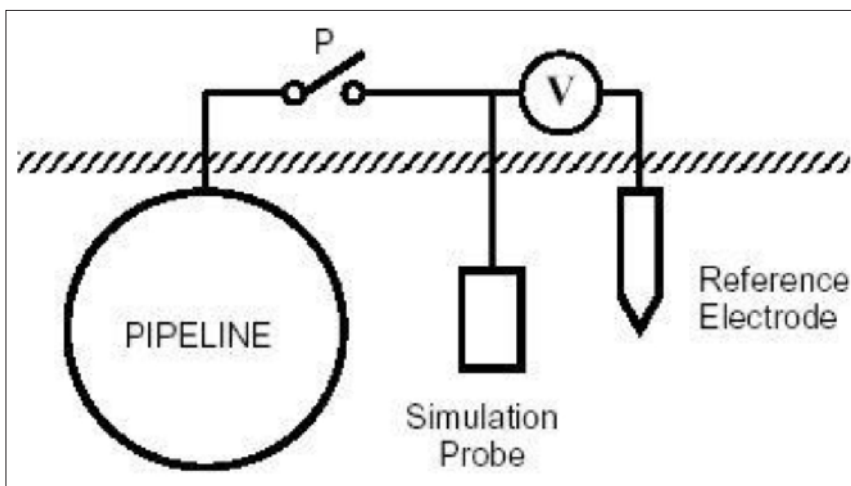
شده مثبت خواهد بود (مثلاً اگر پتانسیل اندازه‌گیری شده -0.85 ولت باشد، پتانسیل واقعی ممکن است -0.95 ولت باشد).

به عبارت دیگر، زمانی که ناحیه کوچک آندی در برابر ناحیه بزرگ کاتدی واقع می‌شود مقدار خطای اندازه‌گیری زیادتر خواهد شد. در مجتمع‌هایی که خط لوله در ارتباط با Earth مسی ایستگاه قرار دارد، با توجه به اینکه لوله‌ها دارای پوشش گرم می‌باشند و سطح Earth نیز بدون پوشش است بنابر این سطح آندی کوچک (سطح holiday های موجود در پوشش و در محل اندازه‌گیری پتانسیل) در مقابل سطح کاتدی بزرگ (سطح لخت Earth مسی قرار می‌گیرد و پتانسیل اندازه‌گیری شده دارای خطای مثبت خواهد بود. همچنین اگر پتانسیل آزاد سازه بیگانه منفی تر از سازه اصلی (مثلاً سازه بیگانه آلومینیوم، روی یا منیزیم) باشد، خطای مزبور منفی خواهد بود.

بر اساس European Standard prEN 13509 می‌توان با استفاده از کوپن خطای مزبور را به حداقل رساند.

در سامانه‌هایی که دچار تداخل جریان هستند و یا اینکه پیل‌های گالوانیکی در آنها وجود دارد، پتانسیل لحظه خاموش دلالت بر سطح حفاظت کاتدی واقعی سامانه ندارد. در این حالت در هیچ لحظه‌ای جریان بطور کامل قطع نخواهد شد، زیرا با قطع جریان سامانه حفاظت کاتدی، جریان ناشی از تداخل جریان از سامانه‌های مجاور و یا پیل‌های گالوانیکی موجود در سامانه هنوز به قوت خود باقی است و عاملی در بروز خطا در اندازه‌گیری پتانسیل لحظه خاموش خواهد بود. همچنین بکارگیری روش پتانسیل لحظه خاموش در حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده بسیار مشکل و یا به عبارتی غیر ممکن خواهد بود.

در اثر آسیب دیدن فلنج‌های ایزوله، پیل‌های گالوانیکی در اثر ارتباط الکتریکی خط لوله با فنداسیون بتنی و سامانه Earth ایجاد شده است. بنابراین در چنین حالتی نمی‌توان از پتانسیل لحظه خاموش برای اندازه‌گیری سطح حفاظت واقعی استفاده کرد.



شکل ۹ - در Test Station مربوط به کوپن، امکان قطع لحظه‌ای جریان و اندازه‌گیری پتانسیل Off وجود دارد.

در عمل برای برطرف کردن نواقص پتانسیلی از تلفیق روش Basic Protection و Hot Spot Protection استفاده می‌شود. به عبارت دیگر حفاظت کل یک مجتمع توسط چند بستر آندی انجام می‌شود و نواحی under protect توسط روش hot spot اصلاح می‌شوند. از آنجایی که جریان لازم برای برطرف کردن هر کدام از پیل‌های موضعی با یکدیگر متفاوت است، بنابراین خروجی جریان هر کدام از آندهای hot spot با یکدیگر متفاوت بوده و توسط Single tapping که به آن Current Control Box نیز گفته می‌شود، تنظیم می‌شود. مقاومت قابل تنظیم در سر راه هر کدام از آندهای hot spot قرار داده می‌شود.



شکل ۱۰ - آند چدنی به منظور حذف پیل‌های موضعی، بین خط لوله و فنداسیون نصب می‌شود.



شکل ۱۱ - آند کابلی به منظور حذف پیل‌های موضعی، بین خط لوله و فنداسیون نصب می‌شود.

برای برطرف کردن نقیصه Under Protection بودن برخی نواحی در این مجتمع‌ها سه راه حل زیر وجود دارد.

۱ - ابتدا توسط بسترهای آندی اصلی (سطحی یا عمیق) آنقدر جریان به درون خاک تخلیه شود تا کل ایستگاه تحت پلاریزاسیون حفاظت کاتدی قرار گیرد. به این روش اصطلاحاً Basic protection گفته می‌شود.

۲ - سپس با تغییر پتانسیل موضعی خاک در نواحی بحرانی (نواحی Under Protection)، این نواحی تحت پلاریزاسیون حفاظت کاتدی قرار گیرد. به این روش اصطلاحاً Hot spot protection گفته می‌شود.

۳ - در نهایت، سامانه شامل تلفیقی از روش Hot spot protection و روش Basic protection خواهد بود [۵].

در روش استفاده از بسترهای آندی عمیق باید از بالا بردن جریان خروجی آنها تا حد ممکن اجتناب نمود (ناخواسته کل خطوط لوله و اجزاء متصل به آن (فنداسیون و سامانه earth) تحت حفاظت قرار می‌گیرد). زیرا منجر به بروز نواحی over protect در سطح منطقه خواهد شد (مقدار این جریان به چند صد آمپر می‌رسد که بخش ناچیزی از آن صرف حفاظت لوله‌ها می‌شود. فنداسیون بتنی نیاز به $20-50 \text{ mA/m}^2$ و لوله‌ها نیاز به حدود $1/10 \text{ mA/m}^2$ جهت پلاریزاسیون حفاظت کاتدی دارند). بهتر است از چند بستر برای پخش بهتر جریان استفاده شود در غیر این صورت، شارژ جریان بسیار بالا از یک بستر را خواهیم داشت. علاوه بر این، تخلیه مقدار زیاد جریان الکتریکی توسط چاه‌های آندی عمیق، منجر به بروز تداخل جریان سامانه حفاظت کاتدی مجتمع با سازه‌های بیگانه مجاور خود می‌شود.

حفاظت کاتدی موضعی روش موثری جهت حفاظت از خوردگی یا جلوگیری از تشکیل پیل‌های الکتریکی در خطوط لوله و سایر تجهیزات ایستگاه‌های تقویت فشار گاز می‌باشد. زمانی که روش Basic protection بتواند کل لوله‌های ایستگاه را تحت حفاظت قرار دهد، پتانسیل خاک را می‌توان بطور انتخابی در موضعی که دارای مشکل Under protect هستند افزایش داد. بدین ترتیب سل‌های تشکیل شده بین نقایص پوشش و فونداسیون ایستگاه و یا سایر تجهیزات، از بین می‌رود. در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نمونه‌ای از آند چدنی و آند کابلی (Cable type anode) را که بین خط لوله و فونداسیون یک مجتمع بکار می‌رود نشان می‌دهد.

آندهای مذکور باعث فراهم آمدن پلاریزاسیون کافی در محل نواقص، بدون افزایش پلاریزاسیون در سایر نواحی می‌شوند.

۲- مواد و روش تحقیق

در این مقاله، روش تحقیق براساس مشاهدات عینی و بررسی‌های تجربی چند سامانه حفاظت کاتدی می‌باشد. تعدادی از پروژه‌های حفاظت کاتدی انجام شده در ایستگاه‌های کمپرسور گاز و سایت‌های مشابه آن مانند پالایشگاه‌ها و مجتمع‌هایی که دارای سامانه لوله‌کشی زیرزمینی پیچیده و متراکم می‌باشند به صورت تخصصی مورد آزمایش و تحقیق قرار گرفتند. در اینجا یکی از آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۱- ناحیه لانچر - رسیور ایستگاه کمپرسور گاز اصفهان ۳

مشکل مربوط به چند سال قبل می‌باشد که هم اکنون تا حدودی رفع شده است. با توجه به عدم کارایی سامانه حفاظت کاتدی در این ناحیه، بررسی‌های لازم برای رفع مشکل پتانسیل ناکافی لوله‌های زیرزمینی انجام شد. سامانه حفاظت کاتدی در این ناحیه از بدو تاسیس ایستگاه، براساس روش آند فدا شونده با استفاده از آندهای منیزیمی بود که نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های دوره‌ای پتانسیل نقاط مختلف لوله‌های زیرزمینی در ناحیه لانچر - رسیور که به صورت ماهیانه انجام می‌شود، نشان دهنده این مطلب می‌باشد. به منظور اطمینان بیشتر، آزمون اندازه‌گیری پتانسیل در همان نقاط انجام شد که در مقایسه با مقادیر

اندازه‌گیری شده در چند سال گذشته تفاوت چندانی نداشت. این آزمون در دو حالت در مدار قرار داشتن و هم قطع اتصال آندهای منیزیمی از مدار انجام شد، (جدول ۳).

برای تشخیص دلیل بروز این مشکل و سپس رفع آن نیاز به انجام آزمون‌های اندازه‌گیری مقاومت مخصوص الکتریکی خاک، وضعیت اتصال آندها، جریان دهی آندها، بازبینی طراحی اولیه و مشاهده عینی و بازرسی آندهای دفن شده می‌باشد.

در اولین قدم، اندازه‌گیری مقاومت مخصوص الکتریکی خاک در این ناحیه انجام شد. طبق جدول ۴ اندازه‌گیری‌ها در ۵ عمق متفاوت و هرکدام در ۵ ناحیه مختلف در محوطه لانچر - رسیور انجام شد.

نتایج خاک‌برداری به منظور مشاهده عینی وضعیت آندها نشان داد که اولاً در عمق بسیار کمی از سطح زمین دفن شده اند و ثانیاً به صورت افقی داخل خاک قرار گرفته‌اند. با توجه به این که عمق دفن لوله‌ها حدود ۲ تا ۳ متری از سطح زمین می‌باشد این آندها باید در عمق حداقل ۳ متری از سطح زمین دفن می‌شدند. واضح است که ضعف بسیار شدیدی در اجرا و نصب سامانه وجود دارد و مشخص است که نظارت صحیحی وجود نداشته است.

جدول ۳ - نتایج اندازه‌گیری پتانسیل نقاط مختلف ناحیه لانچر - رسیور

ردیف	محل اندازه‌گیری پتانسیل	پتانسیل (ولت) - آند در مدار	پتانسیل (ولت) - آند خارج از مدار
۱	قبل از لای ورودی از ایستگاه دوراهان - ۵۶ اینچ	-۰,۹۸	-۰,۹۸
۲	قبل از رسیور ۵۶ اینچ	۰,۳۵	۰,۲۵
۳	لوله ۶ اینچ سمت رسیور	-۰,۴۹	-۰,۳۷
۴	۵۶ اینچ ورودی	-۰,۳۶	-۰,۲۸
۵	۲۰ اینچ انشعابی از رسیور	-۰,۳۷	-۰,۲۷
۶	۵۶ اینچ خروجی	-۰,۳۶	-۰,۲۹
۷	۵۶ اینچ بای پاس	-۰,۵۳	-۰,۳۷
۸	۲۰ اینچ انشعابی از لانچر	-۰,۳۵	-۰,۲۷
۹	بعد از لانچر - ۵۶ اینچ	-۰,۳۴	-۰,۲۵
۱۰	قبل از لای خروجی به طرف ایستگاه دهق - ۵۶ اینچ	-۱,۷	-۱,۷
۱۱	چک ولو خروجی روی سکوی بتنی	-۰,۱۴	-۰,۱۴

جدول ۴ - نتایج اندازه‌گیری مقاومت مخصوص خاک در اسفند ماه (ناحیه لانچر - رسیور)

ردیف	عمق زمین (متر)	متوسط مقاومت خاک (اهم - سانتی متر)
۱	۱,۵	۹۵۰۰
۲	۲	۱۰۰۰۰
۳	۳	۷۷۰۰
۴	۴	۷۹۰۰
۵	۵	۶۵۰۰

۲-۲ - طراحی سامانه حفاظت کاتدیک مناسب

برای نیل به این منظور باید قدم‌های زیر را برداشت:

۱ - برچیدن تمام بسترهای آندی منیزیمی سابق، زیرا باعث جذب جریان و توزیع نامناسب پتانسیل حفاظتی در لوله‌های مورد حفاظت خواهد شد و همانند غلاف الکتریکی عمل خواهد کرد.

۲ - محاسبه مقدار جریان مورد نیاز برای حفاظت تمام سطوح لوله‌ها با توجه به متوسط مقاومت خاک منطقه، نوع پوشش لوله‌ها و درصد خرابی پوشش.

۳ - بدست آوردن مقاومت واقعی پوشش توسط آزمون کارگاهی و نصب بستر موقت (آزمون پتانسیل on و off) و آزمون پوشش توسط روش PCM (Pipeline Current Mapper)

۴ - تعیین میزان پتانسیل استاندارد لازم برای حفاظت لوله‌ها با توجه به شرایط مختلف خاک از جمله وجود باکتری‌ها و اسیدیته خاک. حداقل پتانسیل در نظر گرفته شده ۰/۹۵- ولت و حداکثر ۱/۲- ولت در نقاط آزمون و نقطه تزریق تعیین می‌شود.

۵ - بررسی و آزمون به منظور اینکه بدانیم سامانه Earth وارد مدار نشده باشد. (به دلیل پتانسیل بسیار پایین اندازه‌گیری شده لوله‌ها در محدوده مورد نظر احتمال دارد سامانه Earth نیز همانند آندهای منیزیمی وارد مدار شده باشد).

۶ - انتخاب نوع روش حفاظتی با توجه به امکانات موجود، کارایی بهتر و صرفه اقتصادی.

۲-۳ - از دو نوع بستر برای طراحی می‌توان استفاده نمود

۱ - بستر پراکنده (غیرمتمرکز) سطحی عمودی

Vertical Distributed Groundbed

۲ - ترکیب روش Basic Protection و

Local or Hot Spot Protection

در اینجا پیمانکار مربوطه طراحی را بر اساس روش شماره ۲ انجام داد. حداقل تعداد آند لازم برای تامین کل جریان مورد نیاز جهت حفاظت خطوط لوله مدفون برابر ۷ عدد آند فرو سیلیکون ۶۰" x ۲" محاسبه شد. در این طرح، آندها در دو بستر افقی دور و در دو طرف ایستگاه و در داخل ایستگاه قرار گرفتند. در هر یک از بسترهای فوق ۴ عدد آند فروسیلیکون به صورت افقی قرار داد. پس از نصب

نتیجه‌گیری

و راه‌اندازی سامانه حفاظت کاتدی، نقاط بحرانی (Hot Spots) بر روی نقشه ازبیلت نهایی مشخص شد. این نقاط، نقاطی بودند که دارای حداقل و حداکثر پتانسیل قرائت شده بوده و کنترل آنها مهمتر از کنترل پتانسیل سایر نقاط می‌باشد. برای کاهش مقاومت کل مدار و همچنین یکنواخت نمودن پتانسیل در نقاط بحرانی از دو عدد آند منفرد که به صورت عمودی نصب شدند استفاده شد. عمق دفن آندها ۳/۵ متر و فاصله از لوله‌ها ۵ متر در نظر گرفته شد. با وجود این طراحی که اصولی می‌باشد باز هم سطح پتانسیل در بعضی نقاط یکنواخت نشد که دلیل آن ضعف در شبیه‌سازی واقعی اولیه قبل از طراحی بود و باید نقاط بحرانی بیشتری بر روی نقشه تعیین می‌شد که نیاز به استفاده از تعداد آندهای منفرد بیشتری بود. اتمام این پروژه در حقیقت شروع پروژه دیگری شد به نام "اصلاح سامانه حفاظت کاتدی و رفع تداخل جریان" که خود می‌تواند سبب ایجاد پیل‌های گالوانیک و افزایش سرعت خوردگی در لوله‌های زیرزمینی شود. نادیده گرفتن چنین اصولی در طراحی و عدم نظارت و اشراف کارفرما بر این پروژه‌ها، می‌تواند باعث بروز خوردگی‌های موضعی شدید در لوله‌های زیرزمینی شود.

۳ - نتایج و بحث

با توجه به نتایج اندازه‌گیری مقاومت خاک در ناحیه مورد نظر (Launcher & Receiver) در عمق‌های ۱/۵ تا ۵ متری که در جدول ۴ آمده است، می‌توان گفت اصل طراحی انجام گرفته براساس استفاده از روش آند فداشونده نادرست می‌باشد. همانطور که می‌دانیم دو نوع آند منیزیم وجود دارد یکی از نوع Standard که برای خاک‌های با مقاومت زیر ۵۰۰۰ اهم سانتی‌متر قابل استفاده است و دیگری از نوع High Potential که برای خاک‌های با مقاومت تا ۶۰۰۰ اهم سانتی متر مناسب می‌باشد. بنابراین طراح باید روش جریان تزریقی (Impressed Current) را انتخاب می‌نمود.

پتانسیل‌های خوانده شده در حالت وصل آندهای منیزیم نسبت به حالت قطع اتصال آنها از مدار (جدول ۳) نشان داد که با توجه به مقاومت بالای خاک آن ناحیه، کمتر از ۳۰۰ میلی‌ولت توانست افزایش پتانسیل ایجاد نماید. این نشان دهنده عدم کارایی سامانه حفاظت کاتدی موجود می‌باشد.

انتخاب روش صحیح حفاظت کاتدی به تنهایی کافی نیست و برای حصول به نتایج قابل قبول، لازم است زمان بیشتری صرف شبیه‌سازی سامانه و اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر و با تعداد نقاط آزمون بیشتری شود. به دلیل اهمیت زیاد کنترل خوردگی در ایستگاه‌های کمپرسور گاز و جلوگیری از افزایش ریسک خطر، در انتخاب پیمانکار مجری سامانه‌های حفاظت کاتدی باید توجه ویژه‌ای شود و نیاز به ضمانت‌نامه‌های خیلی مطمئن و با مبالغ بالاتری می‌باشد.

Characteristics of Magnesium Anodes

Specific Gravity.....	1.94
Pounds per Cubic Foot.....	121
Theoretical Amp Hours per Pound.....	1000
Theoretical Pounds per Amp per Year.....	8.7
Current Efficiency - Percent.....	50 ⁽²⁾
Actual Amp Hours per Pound.....	500 ⁽²⁾
Actual Pounds per Amp per Year.....	17.4 ⁽²⁾
Solution Potential - Volts to CSE	
Standard H-1 Alloy.....	-1.50 to -1.55 ⁽³⁾
High Potential Alloy.....	-1.75 to -1.77 ⁽⁴⁾
Driving Potential to Pipeline	
Polarized to -0.90 Volt to CuSO ₄	
Standard Alloy - Volts.....	0.55 ⁽⁵⁾
High Potential Alloy - Volts.....	0.80 ⁽⁵⁾

تشکر و قدردانی

از تمامی اساتید بزرگ و متخصصین در زمینه خوردگی و حفاظت مواد و مسئولین برگزاری همایش‌های تخصصی به ویژه انجمن خوردگی ایران که قدم‌های راستی در رشد علم و مهندسی خوردگی بر می‌دارند کمال تشکر را دارم.

مراجع

- [1] CP level 2 cathodic protection technician course manual, NACE training and certification , 2010.
- [2] Cathodic corrosion protection of earthburied pipelines , www.vc-austria.com.
- [3] Appalachian underground corrosion short course, west Virginia university, 2017.
- [4] UFC 3-570-06, 2003.
- [5] Local cathodic protection for compressor stations and industrial plants, Dr. Johanness Geiser, 2001.

پوشش

اعمال پوشش نانوساختار نیتريد تیتانیوم بر روی سطح آلومینیوم به روش کند و پاش مغناطیسی

علی شانقی^{۱*}، امین گیلان دوست^۲، هادی مرادی^۳

^{۱،۲،۳} دانشگاه ملایر، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی مواد.

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: alishanaghi@gmail.com

چکیده

آلومینیوم ۷۰۷۵ به دلیل دارا بودن استحکام خستگی خوب و قابلیت ماشین کاری متوسط دارای کاربرد وسیعی در صنایع مختلف دارد، اما پایین بودن مقاومت به خوردگی آن منجر به کاهش راندمان آن گردیده است. یکی از روش‌های بهبود مقاومت به خوردگی آن، اعمال پوشش‌های مناسب همانند پوشش‌های سرامیکی بر روی سطح آلومینیوم ۷۷۵ است. در این تحقیق پوشش نیتريد تاتانیوم با دارا بودن خواص مکانیکی مناسب علاوه بر بهبود رفتار سایشی پوشش، می‌تواند منجر به بهبود مقاومت به خوردگی آلومینیوم ۷۰۷۵ به دلیل دارا بودن رفتار ذاتا عایق گردد. بنابراین در این پایان‌نامه، پوشش نانوساختار TiN با استفاده از فرایند کندو پاشش خلاء بالا در دمای پایین بر روی سطح آلومینیوم ۷۰۷۵ اعمال شد. سپس رفتار فازی، ساختاری، مورفولوژی، نانو مکانیکی و سایش آن به ترتیب با استفاده از GIXRD، FESEM، AFM و روش پین بر روی دیسک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده ایجاد پوشش نانوساختار کاملاً همگن و یکنواخت با جهت کریستالی مرجع (۱۱۱)، ضخامت حدود ۱۴۰۰ نانومتر، اندازه کریستالیت ۲۹ نانومتر، سختی ۳۶/۳۶ GPa، مدول الاستیک ۵۷۶/۹۴ GPa و ضریب اصطکاک ۰/۵۴ است.

واژه‌های کلیدی: پوشش نانوساختار، نیتريد تیتانیوم، روش کندو پاشش مغناطیسی، آلیاژ آلومینیوم، رفتار سایشی؛

۱ - مقدمه

چکیده آلیاژ آلومینیوم ۷۰۷۵ از مهمترین آلیاژهای آلومینیوم با استحکام بالا به شمار می‌رود که به صورت گسترده‌ای برای ساخت اجزاء مختلف در صنایع هوافضا، دفاعی و نظامی به کار می‌رود، که در آن روی به عنوان عنصر اصلی آلیاژی به حساب می‌آید [۱ و ۲]. روش‌های مختلفی برای کاهش خوردگی ارائه شده است، روش‌های متفاوتی برای بهبود خواص فلزات وجود دارند که برخی از آنها عبارتند از: به کارگیری سامانه‌های حفاظت کاتدی یا آندی، انتخاب مواد مناسب برای کاربردهای مختلف، استفاده از بازدارنده‌ها در محیط‌های گردشی و بسته، و اعمال پوشش است [۳-۵]. در میان پوشش‌ها، پوشش‌های سرامیکی، مخصوصاً پوشش نیتردی تیتانیوم به دلیل دارا بودن رفتار سایشی مناسب، به میزان قابل توجهی مخصوصاً در مهندسی پزشکی، صنایع نفت، نظامی و ... مورد استفاده قرار گرفته است.

در میان روش‌های پوشش‌دهی، روش کند و پاش مغناطیسی خلاء بالا یکی از روش‌های بسیار مناسب جهت اعمال پوشش‌های بسیار حساس به اکسیژن در دماهای پایین است. در این روش، اعمال فیلم‌های نازک در خلاء توسط متراکم کردن مواد تبخیر شده بر روی سطح نمونه است [۶-۷].

بنابراین در این مقاله هدف اعمال پوشش نانوساختار نیتريد تیتانیوم بر روی سطح آلومینیوم ۷۰۷۵ به روش کند و پاش مغناطیسی خلاء بالا در دمای پایین و سپس بررسی خواص فازی، مورفولوژی، نانو مکانیکی و سایشی آن است.

۲ - مواد و روش تحقیق

نمونه‌های آلومینیوم ۷۰۷۵ به شکل دایره با شعاع ۱ سانتی‌متر تهیه شده و هر زیرلایه توسط ورقه‌های سنباده ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۰۰، ۲۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ مش سنباده‌زنی و با استفاده از پودر آلومینا با قطر $0.3 - 0.1 \mu\text{m}$ پولیش شدند. سپس لایه سطحی اکسید آلومینیوم توسط نگهداری آن به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیدروکسید سدیم ۱ مولار حذف گردید، در ادامه نمونه‌ها به صورت اولتراسونیک در استون، الکل و آب مقطر چربی‌گیری شده و سپس لایه‌نشانی پوشش TiN توسط کندو پاش مغناطیسی خلاء بالا انجام شد. بعد از قرارگیری نمونه‌ها در محفظه پوشش‌دهی و ایجاد خلاء، آلودگی‌های سطحی و پوشش آلومینا نازک موجود بر روی سطح نمونه‌ها توسط یون‌های پراثری گاز آرگون بمباران شدند. از تیتانیوم با خلوص ۹۹/۹۹ درصد به عنوان ماده هدف پوشش و برای

اعمال پوشش TiN، گاز نیتروژن به محفظه‌ی پوشش وارد شد. در ادامه رفتار فازی و کریستالی پوشش لایه نازک بوسیله آزمون GIXRD توسط دستگاه Philips مدل Xpert MPD با تشعشع اشعه ایکس Cu K α با طول‌موج برابر با $1.54056/\text{\AA}$ در ولتاژ ۴۰ kV، جریان ۴۰ mA و با زاویه روبشی 0.2° از ۲۰ تا ۸۰ درجه با گام 0.01° درجه صورت گرفت. مورفولوژی، ساختار پوشش، آنالیز عنصری و نقشه عنصری پوشش بوسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) مدل MIRA3TESCAN- XMU تعیین گردید. همچنین زبری سطح پوشش از میکروسکوپ نیروی اتمی در حالت غیر تماسی (به جهت جلوگیری از تخریب نمونه) استفاده شده است. این آزمون با دستگاه میکروسکوپ نیروی اتمی AFM, Nanoscope V MultiMode System, Veeco انجام شد. ضخامت پوشش به کمک روش سطح مقطع (Cross section) تعیین شد.

خواص نانو مکانیکی همچون مدول یانگ (E) و سختی توسط نانوسختی سنجی ساخت شرکت (A Hysitron Inc. Tribo Scope) تعیین شده است. نانو فرورونده یک الماس کروی (با شعاع برابر با $1 \mu\text{m}$) توسط D.R. U.D. Hangen, SURFACE, Huckelhoven می‌باشد. همچنین برای بررسی رفتار سایشی و تعیین ضریب اصطکاک از آزمون پین بر دیسک استفاده شد. پین استفاده شده در این آزمون از نوع کاربید تنگستن با شعاع ۵ میلی‌متر است. این آزمون در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) و رطوبت محیط ۵۶٪ با بار ثابت ۲ نیوتن و سرعت خطی 300 mm/min به طول 180 m (تعداد چرخه ۵۰۰) انجام شد.

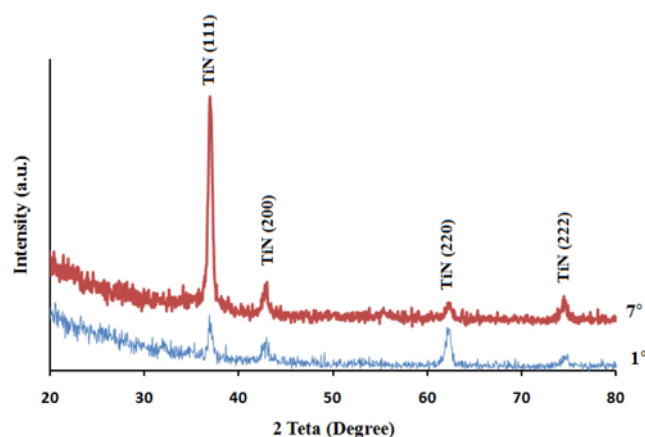
۳ - نتایج و بحث

خواص فازی پوشش TiN در زوایای ۱ و ۷ درجه بوسیله روش GIXRD تعیین شده و در شکل ۱ نشان داده شده است. موقعیت پیک‌ها بوسیله کارت‌های استاندارد فاز TiN (PFD#۳۸-۱۴۲۰) و زیرلایه آلومینیوم ۷۰۷۵ (PFD#۰۱-۱۱۷۶) تعیین شده است. نتایج بیانگر پیک تفرقی (۱۱۱) در زاویه تفرق $922/36^\circ$ برای لایه TiN با ساختار کریستالی fcc است [۱]. اندازه کریستالیت TiN بدست آمده توسط روش دمای شرر، تقریباً ۲۹ نانومتر است. مقدار به‌دست‌آمده به وضوح کمتر از مقادیر گزارش شده برای ماده بالک است، بدین معنی که شبکه جای خالی نیتروژنی بسیاری دارد [۸]. شکل ۲ تصاویر FESEM مورفولوژی سطح پوشش نانوساختار TiN در بزرگنمایی‌های مختلف، ۲۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ هزار برابر نشان داده

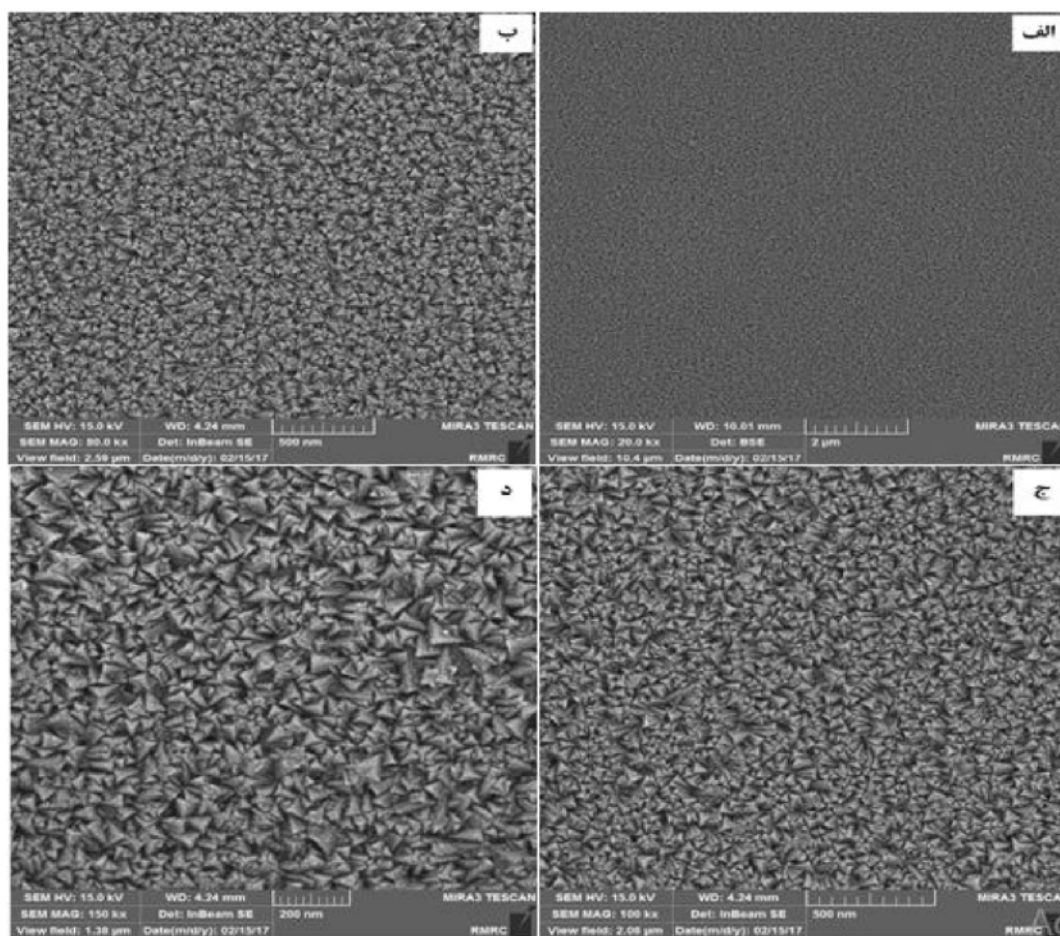
حدود ۲۹ نانومتر تعیین شده، که تجمع این کریستالیت‌ها، منجر به پوشش نانوساختار با اندازه دانه در محدوده ۲۰ تا ۶۰ نانومتر گردیده است.

جهت تایید نتایج حاصل از تصاویر FESEM و تعیین مورفولوژی و یکنواختی پوشش تصاویر AFM پوشش‌های TiN (شکل ۳)،

شده است. که بیانگر سطح کاملاً همگن و یکنواخت پوشش TiN ایجاد شده به روش کند و پاش خلاء بالا و همچنین عاری از نواقص سطحی همانند حفره و ترک است [۸]. اندازه دانه‌های مشاهده شده مطابق تصویر ۲- د، در بزرگنمایی ۱۵۰ هزار برابر در محدوده ۲۰ تا ۶۰ نانومتر است، اگرچه اندازه کریستالیت‌ها مطابق روش دبای شرر



شکل ۱- الگوهای GIXRD در زوایای ۱ و ۷ درجه برای پوشش TiN.

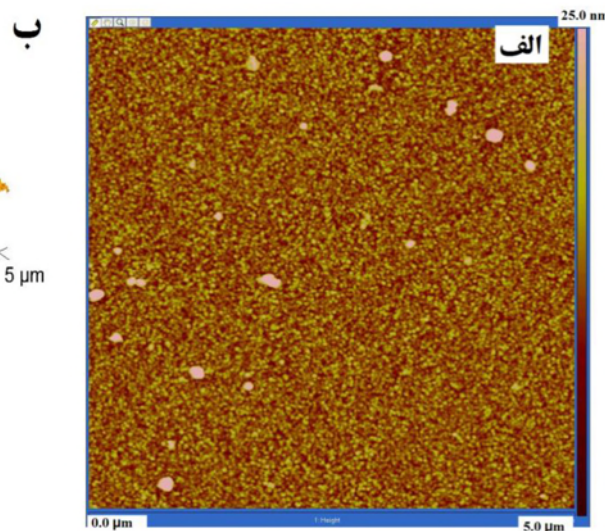
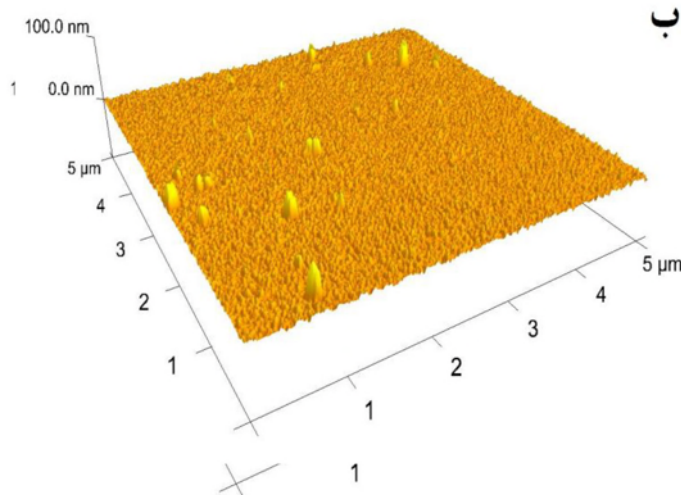


شکل ۲- تصاویر FESEM پوشش نیتريد تیتانیوم در بزرگنمایی‌های مختلف، الف) ۲۰ هزار برابر، ب) ۸۰ هزار برابر، ج) ۱۰۰ هزار برابر و د) ۱۵۰ هزار برابر.

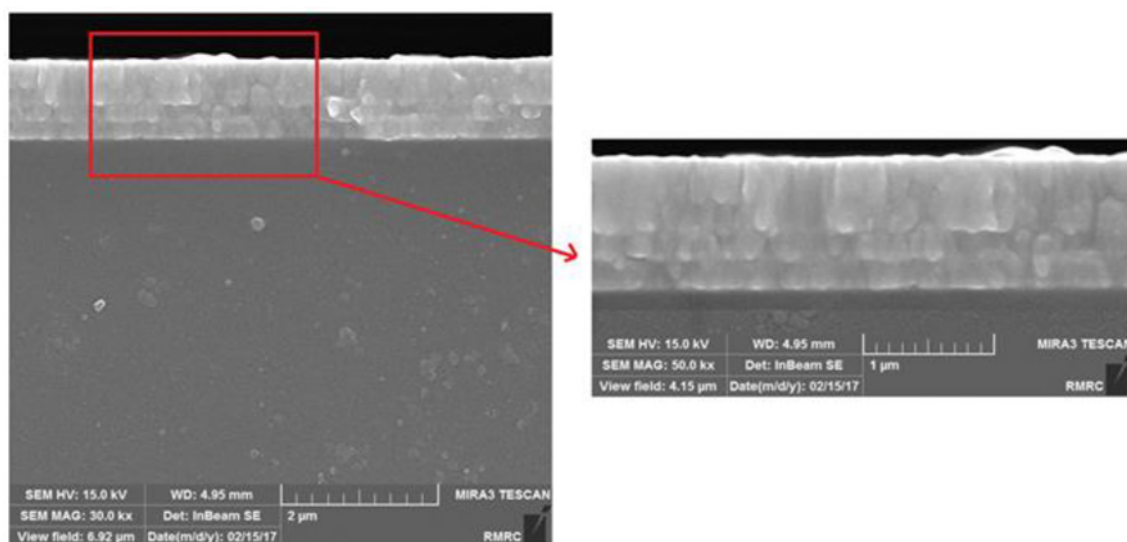
برسی قرار گرفته و در شکل ۴ نشان داده شده، که حدود ۱۴۰۰ نانومتر است. در شکل ۴ سطح مقطع پوشش بیانگر ساختار ستونی پوشش نانوساختار TiN است، نکته قابل توجه مشاهده سه لایه پوشش نیتريد تیتانیوم است، که در واقع جهت جلوگیری از تنش‌های پسماند کششی و عدم چسبندگی پوشش فوق سخت TiN با زیرلایه آلومینیوم ۷۰۷۵، لایه‌ها بصورت پیوسته و با سرعت تقریبی ۱۹ نانومتر بر دقیقه در ۳ بازه زمانی ۱۵، ۱۵ و ۴۵ دقیقه بر روی سطح آلومینیوم ۷۰۷۵ اعمال شده است.

منحنی‌های بار - جابه‌جایی نمونه‌های پوشش نانوساختار TiN و نمونه بدون پوشش آلومینیوم ۷۰۷۵ در شکل ۵ نشان داده شده است.

برای حالت‌های دو بعدی و سه بعدی نشان داده شده است که در تصویر ۳ - ب، به خوبی ساختار ستونی TiN با افزایش رشد برخی از دانه‌ها به خوبی قابل مشاهده است، که مرزهای دانه عمود بر سطح زیرلایه رشد می‌کنند [۹-۱۰]. فاکتور زبری Ra برای پوشش مشاهده شده در منطقه حاوی دانه‌های ستونی حدود ۲/۰۴ نانومتر و در منطقه کاملاً همگن و یکنواخت حدود ۱/۹۱ نانومتر است. بطور کلی تصاویر AFM بیانگر همگنی و یکنواختی بالای پوشش TiN اعمال شده بر روی سطح آلومینیوم ۷۰۷۵ است، که بر روی رفتار خوردگی و سایشی پوشش بسیار موثر خواهد بود. ضخامت پوشش نانو ساختار TiN بوسیله روش سطح مقطع مورد



شکل ۳ - تصاویر AFM پوشش نانوساختار TiN (الف) مورفولوژی سطحی دو بعدی و (ب) مورفولوژی سطحی سه بعدی.



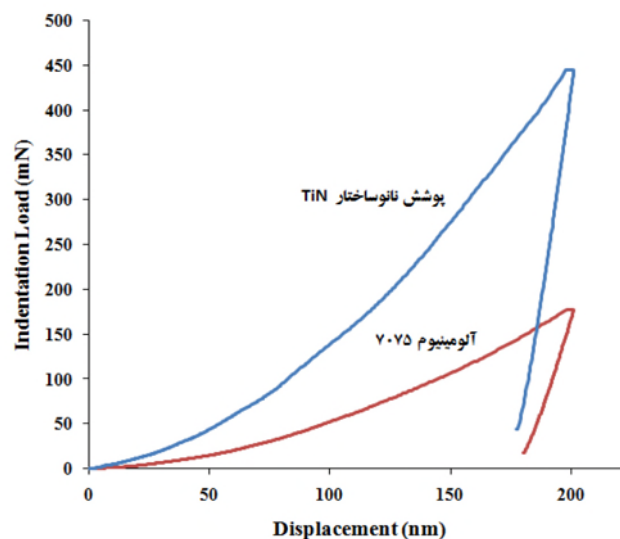
شکل ۴ - تصاویر مقطع عرضی پوشش نانوساختار نیتريد تیتانیوم در بزرگنمایی ۳۰ و ۵۰ هزار برابر.

نسبتاً نرم است. پلاستیسته به عنوان نسبت جابه‌جایی باقیمانده به جابه‌جایی کل تعیین می‌شود [۱۴-۱۳]. پلاستیسته برای پوشش نانوساختار TiN حدود ۸۶/۴ درصد است، که می‌تواند ناشی از ساختار ستونی و حضور مرزدانه‌های عمود بر فصل مشترک پوشش - زیرلایه باشد، که در این حالت اعمال نیرو توسط فرورونده منجر به حرکت نابجایی‌ها به راحتی در محدوده افقی و مخصوصاً عمودی گردد. زیر هنگامیکه ساختار ستونی نباشد و یا اینکه لایه‌های میانی همانند تیتانیوم در بین پوشش قرار گیرند، در این صورت میزان همدوسی پوشش اصلی و پوشش میانی در فصل مشترک کم خواهد بود، که این امر می‌تواند خود به عنوان مانعی در برابر حرکت نابجایی عمل نماید. اما در هنگامیکه تنها یک پوشش بر روی سطح اعمال شده باشد، همدوسی در مرزدانه‌ها نسبت به پوشش‌های مختلف چند لایه، بیشتر است و این امر منجر به تسهیل حرکت نابجایی‌ها می‌گردد، اما بایستی در نظر داشت که تجمع نابجاییها در پشت موانع مرزدانه‌ای در صورت کم بودن استحکام نهایی پوشش منجر به ایجاد ترک خواهد شد [۱۰].

در شکل ۶ منحنی‌های ضریب اصطکاک بر حسب جابه‌جایی برای

۲ خاصیت مکانیکی که به‌طور مکرر با استفاده از روش دندانگذاری اندازه‌گیری می‌شوند، سختی، H، و مدول الاستیک، E، است. در هنگام انجام فرایند دندانگذاری دو حالت تغییر شکل الاستیک و پلاستیک در محل فرو رفتن دندان رخ می‌دهد، و با حذف نیروی اعمالی فقط قسمت الاستیک جابه‌جایی بازایی می‌شود، که استفاده از حل الاستیکی در مدلسازی فرآیند تماسی را تسهیل می‌کند [۱۱]. همان‌طور که در شکل نشان داده شده است نمونه‌های پوشش TiN و Al به ترتیب در معرض بار ۴۶۰ و ۱۵۸ میلی نیوتنی قرار گرفته‌اند. به منظور حذف تاثیر زیر لایه بر خواص پوشش نانوساختار TiN، عمق فرورونده در محدوده ۱۰ تا ۱۵ درصد ضخامت پوشش کنترل شده است. سختی نانودندانگذاری به عنوان بار دندانگذار تقسیم بر سطح در معرض قرار گرفته‌ی تماسی تعریف می‌شود و به معنی فشاری است که ماده می‌تواند تحت بار حمایت کند [۱۲-۱۱].

مطابق نتایج جدول ۱، سختی و مدول الاستیک پوشش نانوساختار TiN و آلومینیوم ۷۰۷۵ بدون پوشش به ترتیب حدود ۳۶/۳۶ GPa، ۵۷۶/۹۴ GPa و ۲/۳۱ GPa و ۲۳۷/۵۴ GPa است. که به خوبی بیانگر حضور پوشش نانو ساختار فوق سخت TiN بر روی سطح آلومینیوم



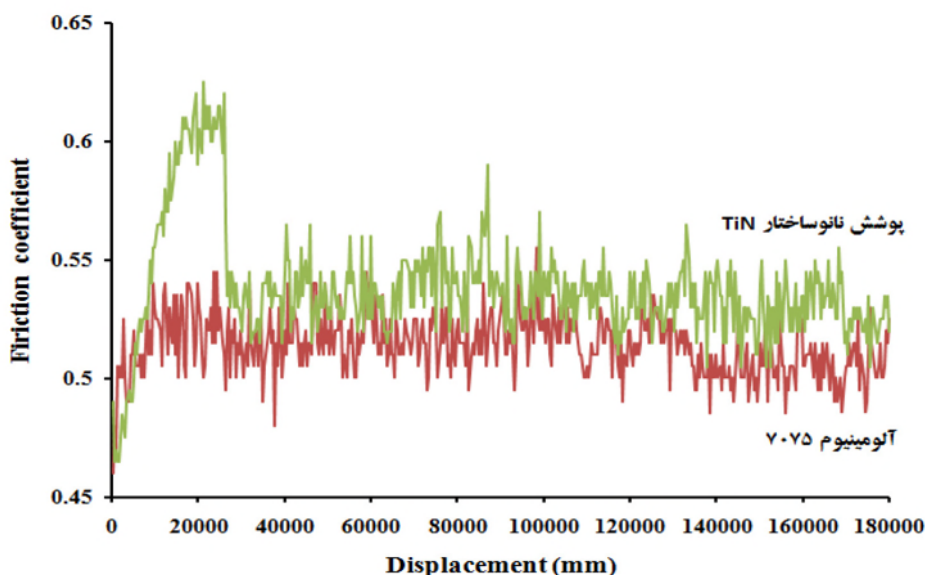
شکل ۵ - منحنی‌های بار - جابه‌جایی پوشش نانو ساختار TiN و نمونه بدون پوشش آلومینیوم ۷۰۷۵.

جدول ۱ - پارامترهای به دست آمده از منحنی‌های بار - جابه‌جایی برای نمونه‌های پوشش‌دار و بدون پوشش

نمونه	H (GPa)	E (GPa)	S
آلومینیوم ۷۰۷۵	۲,۳۱	۲۳۷,۵۴	۸,۶۸
پوشش نانوساختار TiN	۳۶,۳۶	۵۷۶,۹۴	۱۹,۳۹

ضریب اصطکاک پوشش گردیده است، در نهایت با شکسته شدن پوشش، ضریب اصطکاک تا ضریب اصطکاک آلومینیوم ۷۰۷۵ بدون پوشش، حدود ۰/۵۴ کاهش یافته است. البته شکل ۶ بیانگر بالاتر بودن ضریب اصطکاک پوشش، حدود ۰/۵۴، در مرحله دوم نسبت به آلومینیوم ۷۰۷۵ بدون پوشش، حدود ۰/۵۱ است، که می‌تواند ناشی از ذرات ساینده بوجود آمده ناشی از تخریب و شکست پوشش در مرحله اول باشد [۱۰].

پوشش نانوساختار TiN و آلومینیوم ۷۰۷۵ بدون پوشش در بار ۲ N و تعداد سیکل ۵۰۰ (فاصله لغزشی ۱۸۰ متر) با پین WC (کاربید تنگستن) نشان داده شده است. رفتار سایشی پوشش TiN دارای دو مرحله است، مرحله اول که شامل رفتار افزایشی ضریب اصطکاک از ۰/۴۶ تا ۰/۶۲ با افزایش جابجایی است، می‌تواند ناشی از شکسته شدن قله‌های مشاهده شده در تصاویر AFM باشد که به تدریج شکسته شده و خود بعنوان عامل ساینده منجر به افزایش



شکل ۶ - ضریب اصطکاک پوشش‌های چندلایه Ti/TiN و تک‌لایه TiN و زیرلایه آلومینیوم.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، پوشش نانوساختار TiN با استفاده از فرایند کندو پاشش خلاء بالا در دمای پایین بر روی سطح آلومینیوم ۷۰۷۵ اعمال شد. نتایج نشان دهنده ایجاد پوشش نانوساختار کاملاً همگن و یکنواخت با جهت کریستالی مرجع (۱۱۱)، ضخامت حدود ۱۴۰۰ نانومتر، اندازه کریستالیت ۲۹ نانومتر، اندازه دانه در محدوده ۲۰ تا ۶۰ نانومتر و Ra به مقدار ۱/۹۱ نانومتر است. سختی و مدول الاستیک پوشش نانوساختار TiN به ترتیب حدود ۳۶/۳۶ GPa و ۵۷۶/۹۴ GPa است. که به خوبی بیانگر حضور پوشش نانو ساختار فوق سخت TiN بر روی سطح آلومینیوم نسبتاً نرم است. همچنین رفتار سایشی پوشش TiN دارای دو مرحله است، مرحله اول که شامل رفتار افزایشی ضریب اصطکاک از ۰/۴۶ تا ۰/۶۲ با افزایش جابجایی است، می‌تواند ناشی از شکسته شدن قله‌های مشاهده شده در تصاویر AFM باشد که به تدریج شکسته شده و خود بعنوان عامل ساینده منجر به افزایش ضریب اصطکاک پوشش گردیده است، در نهایت با شکسته شدن پوشش، ضریب اصطکاک تا ضریب اصطکاک آلومینیوم ۷۰۷۵ بدون پوشش، حدود ۰/۵۴ کاهش یافته است.

مراجع

- [1] J. R. Davis and J. R. Davis, Aluminum and aluminum alloys, ASM international, 1993.
- [2] J. L. M. Association, Aluminum handbook, Japan Light Metal Association, Tokyo, p. 98, 2000.
- [3] Y. Wang, L. Zhu, R. Cao, W. Li, H. Liu, Electrodeposition of tin coatings having enhanced corrosion resistance and anti-discoloration performance from tin (IV) sols, Surface and Coatings Technology, Vol. 331, 2017, Pp. 90-96.

- [4] N. Promphet, P. Rattanawaleedirojn, N. Rodthongkum, Electroless NiP-TiO₂ sol-RGO: A smart coating for enhanced corrosion resistance and conductivity of steel, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 325, 2017, Pp. 604-610.
- [5] H. Hayatdavoudi, M. Rahsepar, A mechanistic study of the enhanced cathodic protection performance of graphene-reinforced zinc rich nanocomposite coating for corrosion protection of carbon steel substrate, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 727, 2017, Pp.1148-1156.
- [6] M. Jaroš, J. Musil, R. Čerštvý, S. Haviar, Effect of energy on structure, microstructure and mechanical properties of hard Ti(Al,V) Nx films prepared by magnetron sputtering, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 332, 2017, Pp.190-197.
- [7] P. Misra, V. Ganeshan, N. Agrawal, Low temperature deposition of highly transparent and conducting Al-doped ZnO films by RF magnetron sputtering, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 72, 2017, Pp.60-68.
- [8] B. Subramanian, R. Ananthakumar, M. Jayachandran, Structural and tribological properties of DC reactive magnetron sputtered titanium/titanium nitride (Ti/TiN) multilayered coatings, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 205, No.11, 2011, Pp. 3485-3492.
- [9] S. Ghasemi, A. Shanaghi, P.K. Chu, Corrosion behavior of reactive sputtered Ti/TiN nanostructured coating and effects of intermediate titanium layer on self-healing properties, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 326 A, 2017, Pp. 156-164.
- [10] S. Ghasemi, A. Shanaghi, P.K. Chu, Nano mechanical and wear properties of multi-layer Ti/TiN coatings deposited on Al 7075 by high-vacuum magnetron sputtering, *Thin Solid Films*, Vol. 638, 2017, Pp. 96-104.
- [11] X. Li, B. Bhushan, A review of nanoindentation continuous stiffness measurement technique and its applications, *Materials Characterization*, Vol. 48, No.1, 2002, Pp. 11-36.
- [12] T.S. Li, H. Li, F. Pan, Microstructure and nanoindentation hardness of Ti/TiN multilayered films, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 137, No.2-3, 2001, Pp. 225-229.
- [13] Y.V. Milman, B. Galanov, S. Chugunova, Plasticity characteristic obtained through hardness measurement, *Acta metallurgica et materialia*, Vol. 41, No.9, 1993, Pp. 2523-2532.
- [14] S. Zhang, D. Sun, Y. Fu, H. Du, Toughness measurement of thin films: a critical review, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 198, No.1, 2005, Pp. 74-84.

پرونده ویژه

بررسی اثر ترکیب شیمیایی و جریان بر روی خواص پوشش‌های Ni-W تهیه شده به روش آبکاری پالسی

سمیه احمدیه^۱، علی رسولی^۲، میرقاسم حسینی^۳

^۱ دانشجوی دکتری دانشکده فنی مهندسی مکانیک، گروه مهندسی مواد دانشگاه تبریز.

^۲ استادیار دانشکده فنی مهندسی مکانیک، گروه مهندسی مواد دانشگاه تبریز.

^۳ استاد شیمی فیزیک، دانشکده شیمی دانشگاه تبریز.

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: mirghasem@yahoo.com

چکیده

پوشش‌های نیکل - تنگستن با داشتن سختی بالا، مقاومت به سایش خوب و مقاومت به خوردگی عالی، در سال‌های اخیر بسیار مورد توجه محققین قرار گرفته‌اند. این پوشش‌ها به صورت نانو ساختار یا آمورف می‌تواند جایگزین مناسب پوشش‌های نیکل باشند. در این تحقیق پوشش‌های آلیاژی نیکل - تنگستن به روش رسوب دهی الکتریکی پالسی و در حمام‌هایی با مقادیر مختلف تنگستات و با اعمال چگالی جریان‌های متوسط $70-100 \text{ mA/cm}^2$ روی زیر پایه مسی ایجاد شد. سپس مورفولوژی سطح و ترکیب پوشش‌ها با استفاده میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و پراش انرژی اشعه ایکس (EDS) و اندازه دانه با روش پراش اشعه ایکس (XRD) مطالعه شد. سختی با روش میکرو سختی ویکرز (HV) و مقاومت به خوردگی پوشش‌های حاصل با استفاده از تکنیک‌های طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) و پلاریزاسیون تافل (Tafel) در محلول $3.5 \text{ wt\% NaCl}$ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در شرایط چگالی جریان 70 mA/cm^2 و سیکل کاری 20% و در حمام با غلظت 60 g/l تنگستات سدیم، بالاترین سختی و مقاومت به خوردگی و 719 HV و $7/39 \text{ K}\Omega\cdot\text{cm}^2$ حاصل می‌شود. علاوه بر آن با کاهش چگالی جریان پوشش دهی از 70 mA/cm^2 تا 10 mA/cm^2 ، مقدار میکرو سختی به 570 کاهش یافته و مقاومت به خوردگی پوشش تا مقدار $2/78 \text{ K}\Omega\cdot\text{cm}^2$ کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: آبکاری پالسی، پوشش نیکل - تنگستن، خوردگی؛

۱ - مقدمه

پوشش‌های آلایزی نیکل - تنگستن، به دلیل خواص منحصر به فرد شیمیایی و فیزیکی مانند مقاومت به خوردگی، سایش و سختی بالا بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند [۳-۱]. به طوری که امروزه به جای پوشش‌های کروم سخت به دلیل اثرات نامطلوب زیست محیطی و تصفیه پسماندهای محلول‌های آبکاری کروم، هزینه بالا و بازدهی کم آبکاری و همچنین لزوم تهویه به منظور کاهش یافتن اتمسفر حاوی گازهای خطرناک از پوشش‌های آلایزی نیکل استفاده می‌شود [۴-۶]. روش‌های مختلفی برای اعمال پوشش‌ها وجود دارد که از این میان، روش رسوب‌دهی الکتریکی به علت سادگی و ارزانی، دمای پایین فرآیند و امکان کنترل ضخامت و ترکیب شیمیایی پوشش به وسیله تغییر پارامترهای فرآیند رسوب‌دهی که از روش‌های مهم برای اعمال پوشش‌های آلایزی و کامپوزیتی است [۷-۹]. در سال‌های اخیر مقالات متعددی در زمینه استفاده از جریان پالسی در فرآیندهای آبکاری کامپوزیتی و آبکاری آلایزی ارائه شده که حاکی از آن است که ساختار و خواص رسوب نهایی در پوشش‌دهی با جریان پالسی نسبت به استفاده از جریان مستقیم بهبود یافته است [۱۰-۱۳]. نصیرپوری و همکاران [۱۱] بیان کردند در آبکاری پوشش‌های نیکلی از حمام واتس، استفاده از جریان پالسی باعث نفوذ بهتر و بیشتر یون‌های نیکل به سمت کاتد شده و با بهبود انتقال جرم و افزایش نرخ رسوب دهی باعث ایجاد جوانه‌های بیشتر در رسوب و در نهایت کاهش رشد دانه‌های نهایی نیکل می‌شود. همچنین چاندرا سکارو پوشاپوانام [۱۴] نیز اعلام کردند با استفاده از جریان پالسی پوشش‌هایی با چگالی بالا و تخلخل ایجاد می‌شود و همزمان با ریز شدن دانه‌ها خواص پوشش بهبود قابل توجهی می‌کند. جریان پالس شامل سه پارامتر مستقل مدت زمان اعمال پالس (T_{on})، زمان خاموشی پالس (T_{off})، چگالی جریان پیک (I_p) و سه پارامتر غیر مستقل سیکل کاری (γ)، فرکانس (f) و چگالی جریان متوسط (I_{av}) است که به ترتیب با روابط (۱) و (۲) و (۳) محاسبه می‌شوند [۱۱]:

$$\gamma = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \quad (1)$$

$$f\left(\frac{1}{s}\right) = \frac{1}{T_{on} + T_{off}} \quad (2)$$

$$I_{av}\left(\frac{mA}{cm^2}\right) = I_p \times \gamma \quad (3)$$

رسوب‌دهی الکتریکی پوشش‌های نیکل - تنگستن از حمام سیترا نی صورت می‌گیرد. این پوشش طی فرآیندی به نام رسوب‌دهی سببی ایجاد می‌شود، زیرا تنگستن به تنهایی نمی‌تواند از محلول‌های آبی راسب شود و برای رسوب شدن آن به صورت آلیاژ، به فلزات گروه آهن همچون آهن، نیکل و کبالت نیاز است. بدین ترتیب با ایجاد کمپلکسی از نیکل و تنگستن، پوشش آلایزی نیکل - تنگستن ایجاد می‌شود [۱۵]. غلظت

تنگستات سدیم در حمام تعیین کننده درصد اتمی تنگستن در پوشش نهایی بوده و بنابراین بررسی آن از اهمیت ویژه ای برخوردار است. از طرفی چگالی جریان یکی از مهم‌ترین متغیرها در رسوب دهی الکتریکی است به صورتی که بر سرعت و بازده آبکاری، مورفولوژی و ضخامت پوشش اثر می‌گذارد. در گزارشی لمان و همکاران [۱۶] بیان کردند که در نانو کامپوزیت‌های $Ni-W/ZrO_2$ با افزایش چگالی جریان، درصد نانو ذرات ZrO_2 در سطح پوشش کاهش یافته و درصد فاز فلزی زمینه که آلایزی از نیکل و تنگستن است، افزایش می‌یابد. علت این موضوع در حرکت سریع‌تر یون‌ها نسبت به ذرات سنگین ZrO_2 در حمام با اعمال جریان و یا اختلاف پتانسیل بیشتر، بیان شده است. همچنین با افزایش جریان در محدوده $50-110 \text{ mA/cm}^2$ ، نرخ آبکاری افزایش می‌یابد. الیاس و همکاران [۱۷] با بررسی خواص شیمیایی پوشش‌های آلایزی $Ni-W$ دریافتند که با افزایش جریان به علت افزایش درصد وزنی تنگستن در پوشش، مقاومت به خوردگی پوشش‌ها افزایش می‌یابد که علت آن ریز شدن دانه‌ها در حضور تنگستن و فشرده تر شدن پوشش بیان کردند. از طرفی تحقیقات انجام شده توسط لیمانتو و همکاران [۱۸] حاکی از آن است که با افزایش چگالی جریان، به دلیل اینکه سرعت مهاجرت یون‌های نیکل بیشتر از کمپلکس تنگستن است، مقدار تنگستن در پوشش کاهش می‌یابد. گیوالی و همکاران [۱۹] با بررسی خواص نانو کامپوزیت‌های $Ni-W-Si_3N_4$ گزارش کردند که با افزایش غلظت تنگستات در حمام به علت افزایش مقدار احیای گاز هیدروژن در حین آبکاری، تخلخل‌هایی به صورت پراکنده در پوشش‌های $Ni-W$ ایجاد می‌شود که خواص سایشی پوشش‌ها را کاهش می‌دهد. با بررسی‌های انجام شده اثر چگالی جریان و مقدار غلظت تنگستات در حمام بر خواص پوشش‌های آلایزی نیکل - تنگستن از به خصوص خوردگی آنها تأثیر بسزایی داشته و نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد. بنابراین در این تحقیق بعد از ایجاد پوشش $Ni-W$ به روش رسوب‌دهی الکتریکی پالسی و اثر چگالی جریان و غلظت تنگستات در حمام، بر مورفولوژی، مقدار تنگستن رسوب داده شده و سختی پوشش‌های بدست آمده و همچنین مقاومت به خوردگی این پوشش‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

۲ - مواد و روش تحقیق

برای انجام آبکاری، ورق‌های مسی به ابعاد $10 \times 10 \times 1$ میلی‌متر و نیکل خالص به صورت ورق با خلوص ۹۹/۵ درصد به ابعاد $60 \times 40 \times 1$ میلی‌متر به ترتیب به عنوان کاتد و آند استفاده شدند. قبل از آبکاری نمونه‌ها، مراحل آماده سازی شامل شستشو، صیقل کاری، چربی‌گیری، اسیدشویی و آبکشی بر روی تمام نمونه انجام شد. در ابتدا نمونه‌ها با ورق‌های سمباده ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ سنباده زده و با پودر آلومینا با اندازه تقریبی ۰/۵ میکرومتر پولیش شدند. سپس به منظور حذف چربی‌ها و سایر آلودگی‌های سطحی، عملیات چربی‌گیری توسط محلول قلیایی و به مدت ۴ دقیقه بر روی نمونه‌ها انجام شد. برای از بین بردن اکسیدهای

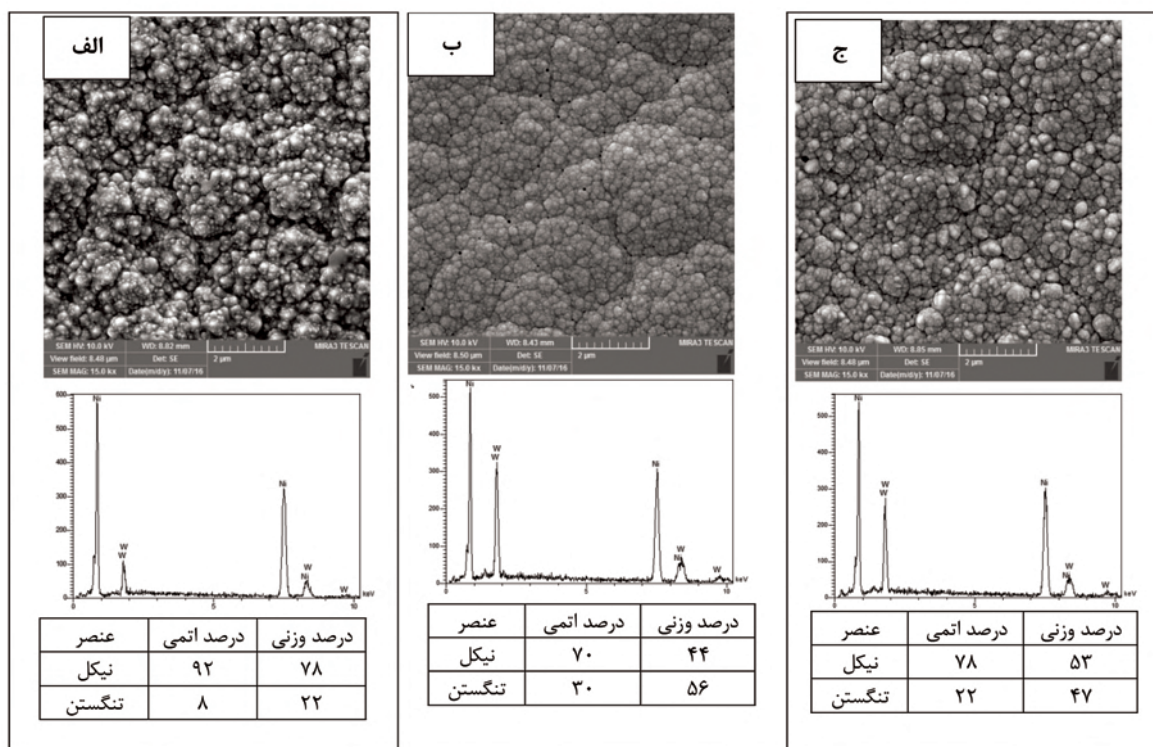
ثابت 70 mA/cm^2 ، روی نمونه‌های A، B و C و همچنین برای بررسی اثر چگالی جریان در غلظت ثابت تنگستات 60 g/l روی نمونه‌های D، E و F، مطابق جدول ۱ پوشش کاری انجام شد. پس از انجام آبکاری، نمونه‌ها سریعاً توسط آب مقطر کاملاً شستشو داده شده و توسط جریان هوای گرم خشک شدند. مورفولوژی سطح پوشش‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل MIRA-TESCAN ساخت کشور لهستان و آنالیز پوشش‌ها با روش طیف پراش انرژی پرتوی ایکس (EDS) بررسی شد. برای محاسبه اندازه دانه و فازهای بدست آمده از روش پراش اشعه ایکس (XRD) و دستگاه D8-Advance ساخت کشور آلمان استفاده شد. جهت بررسی سختی آزمون میکرو سختی توسط میکرو سختی سنج مدل Novotest T8-MCV ساخت کشور اکراین و تحت بار اعمالی 25 گرم و مدت زمان 15 ثانیه انجام شد.

موجود بر روی ورق‌های فولادی و همچنین فعال‌سازی سطح برای افزایش چسبندگی، عملیات اسیدشویی روی نمونه‌ها با استفاده از اسید سولفوریک 10 درصد و به مدت یک دقیقه انجام شد. بعد از هر مرحله چربی‌گیری و اسیدشویی عملیات آبکشی توسط آب مقطر و با پاشش آب روی تمامی سطح ورق انجام شد. بعد از مراحل فوق نمونه‌ها بلافاصله به حمام آبکاری منتقل شده و عملیات پوشش‌دهی روی نمونه‌ها انجام شد.

برای ایجاد پوشش Ni-W، غلظت سولفات نیکل، کلرید آمونیوم و سیترات سدیم حمام ثابت نگه داشته شده و دمای حمام 70°C و pH محلول 9 تنظیم شد (جدول ۱). جهت همگن سازی ترکیب شیمیایی حمام طی آبکاری از همزن مغناطیسی با سرعت همزن 400 rpm استفاده شد. برای ارزیابی اثر غلظت تنگستات سدیم در چگالی جریان

جدول ۱- ترکیب شیمیایی حمام و پارامترهای آبکاری در پوشش‌دهی الکتریکی نیکل - تنگستن

نمونه	$\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \text{ (g/l)}$	دانسیته جریان متوسط (mA/Cm^2)	غلظت مواد شیمیایی در حمام و شرایط آبکاری
A	20	70	$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 26 g/l $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$: 147 g/l NH_4Cl : 26 g/l pH : 9 ، 70°C دما 45 min : مدت زمان آبکاری 10% : نسیکل کاری
B	60		
C	80		
D	60	10	
E		30	
F		50	



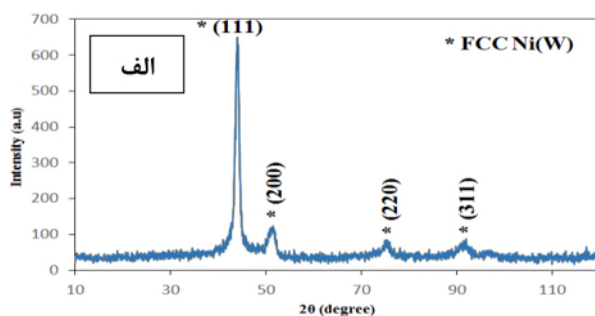
شکل ۱ - تصویر FESEM و آنالیز EDS پوشش‌های Ni-W با غلظت مختلف تنگستات در حمام الف) 20 g/l ب) 60 g/l ج) 80 g/l

۲۰ g/l و ۶۰ g/l تنگستات، به ترتیب دارای ۸ و ۳۰ درصد اتمی تنگستن هستند. تنگستن با ایجاد محلول جامد جانشینی در ساختمان نیکلی و همچنین ریز کردن اندازه دانه‌ها، باعث افزایش سختی می‌شود. اما افزایش غلظت تنگستات به ۸۰ g/l با افزایش غلظت یون‌های موجود در حمام و کم کردن تحرک یون‌های سنگین تنگستن، باعث رسوب کمتر تنگستن در پوشش شده (۲۲ درصد اتمی) می‌شود.

به منظور مطالعه فازی و بررسی اندازه دانه‌های پوشش‌های Ni-W به تهیه شده در غلظت‌های مختلف تنگستات در حمام، پراش اشعه ایکس (XRD) برای نمونه‌های B و C در شکل ۲ آورده شده است. همان‌طور که در الگوی پراش نمونه‌ها (شکل ۲) مشاهده می‌شود، در پوشش‌های مذکور در صفحات (۱۱۱)، (۲۰۰) و (۲۲۰) پیک ظاهر شده است. همچنین صفحه کریستالوگرافی (۱۱۱) در هر دو نمونه دارای بیشترین شدت است که نشان دهنده جهت ترجیحی صفحه (۱۱۱) در این پوشش‌ها می‌باشد. در نظر گرفتن طیف مربوط به پراش پرتو ایکس نیکل خالص از نرم افزار X'Pert HighScor نمونه B شامل یک فاز محلول جامد تنگستن در نیکل با ساختار مکعبی با وجوه مرکز دار (FCC) هستند. زیرا تنگستن با داشتن ساختمان BCC و شعاع اتمی $1.408 \text{ \AA}$ نسبت به نیکل با داشتن ساختمان FCC و شعاع اتمی $1.246 \text{ \AA}$ حدوداً ۱۳٪ بزرگ‌تر است [۷]. در نتیجه اتم‌های تنگستن بایستی در ساختمان نیکل به صورت جانشینی قرار گیرند. با توجه به بزرگ‌تر بودن شعاع اتم تنگستن نسبت به نیکل، این مسئله منجر به انتقال پیک‌های نیکل خالص به سمت چپ یا به عبارتی به سمت زوایای کوچک‌تر می‌شود [۷].

علاوه بر آن مطالعات [۳] نشان می‌دهد که با افزایش مقدار تنگستن در پوشش، پیک‌ها پهن‌تر شده و از شدت آنها کاسته می‌شود که در واقع نشان دهنده ریز دانه شدن ساختار پوشش با اضافه شدن تنگستن به زمینه نیکلی است. برای بررسی این موضوع اندازه دانه‌های پوشش به وسیله رابطه شرر محاسبه شد [۴-۶]:

$$t = 0.9 \times \lambda / B \times \cos \theta_B \quad (4)$$

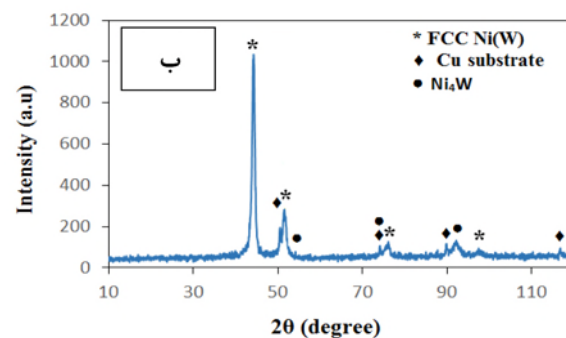


بر روی پوشش‌ها انجام شد. تست‌های خوردگی الکتروشیمیایی شامل طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) و پلاریزاسیون تافل در محلول ۳/۵ wt% NaCl توسط یک دستگاه پتانسیواستات/گالوانواستات (مدل EG&G PARSTAT 2263) ساخت کشور آمریکا، مجهز به نرم افزار Powersuite انجام شد. در این آزمایشات از یک ورقه پلاتینی به عنوان الکترود کمکی استفاده شد و تمامی پتانسیل‌ها نسبت به الکترود مرجع کالومل (SCE) اندازه‌گیری شد. پیش از اندازه‌گیری امپدانس و پلاریزاسیون تافل، به منظور رسیدن به پتانسیل حالت پایا و تعادل، نمونه‌ها در محلول ۳/۵ wt% NaCl و به مدت یک ساعت غوطه‌ور شدند. منحنی‌های پلاریزاسیون تافلی در محدوده پتانسیل $\pm 250 \text{ mV}$ نسبت به OCP و با سرعت اسکن ۱ mV/s و اندازه‌گیری‌های امپدانس نیز در محدوده فرکانس ۱۰ mHz - ۱۰۰ KHz انجام شد.

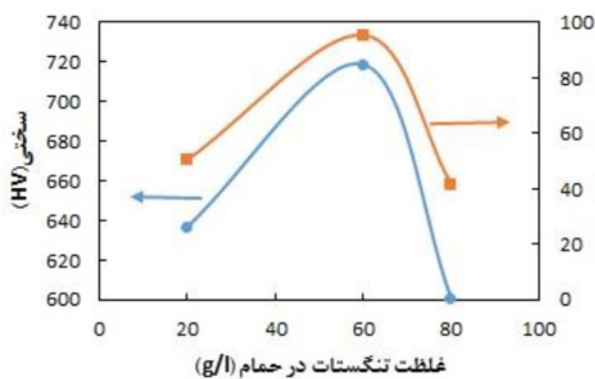
۳- نتایج و بحث

۳-۱- پوشش‌های Ni-W با مقادیر مختلف تنگستات

به منظور بررسی اثر غلظت تنگستات در حمام بر خواص پوشش مورفولوژی سطحی پوشش‌ها و همچنین آنالیز عنصری آن‌ها با استفاده از تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) و پراش انرژی اشعه ایکس (EDS) مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۱ تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی پوشش‌های رسوب داده شده با غلظت‌های مختلف تنگستات ۲۰ g/l (نمونه A)، ۶۰ g/l (نمونه B) و ۸۰ g/l (نمونه C) در حمام آبکاری نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار تنگستات اولیه در حمام، مقدار تنگستن رسوب یافته در پوشش افزایش یافته و در نتیجه باعث تغییر ساختار میکروسکوپی پوشش‌ها می‌شود. ساختار پوشش A به صورت مخروط‌های بسیار کوچک می‌باشد. با افزایش میزان تنگستات سطح نمونه از حالت مخروطی و برآمده به حالت گل کلمی و صاف (نمونه B) تغییر پیدا می‌کند در نمونه C نیز پوشش حالت گل کلمی داشته ولی نسبت به نمونه B، بافت گل کلمی آن شیارهای بارزتری دارد بر اساس نتایج حاصله از EDS (شکل ۱) پوشش حاصل از حمام



شکل ۲- پراش اشعه ایکس مربوط به پوشش‌های حاصل از حمام حاوی الف) ۶۰ g/l ب) ۸۰ g/l تنگستات سدیم



شکل ۳- سختی و سرعت آبکاری پوشش‌های با غلظت مختلف تنگستنات در حمام اولیه

۳-۲- رفتار خوردگی پوشش‌های Ni-W با مقادیر مختلف تنگستنات

برای بررسی اثر ترکیب حمام بر میزان خوردگی پوشش‌ها، آزمون خوردگی به روش امپدانس و پلاریزاسیون دینامیکی و در محلول ۳/۵ درصد وزنی NaCl انجام شد. منحنی‌های امپدانس به همراه بهترین مدار معادل پیشنهادی که با اطلاعات تجربی انطباق دارد در شکل ۴ آورده شده است. در مدار معادل پیشنهادی در شکل ۳، R_s مقاومت محلول بین الکتروود کار و الکتروود مرجع، R_{ct} و CPE به ترتیب مقاومت انتقال بار و عنصر فاز ثابت مربوط به سطح مشترک فلز با پوشش است. مقدار امپدانس عنصر فاز ثابت (Z)، با دو پارامتر P و T و مقدار آن با استفاده از رابطه ۵ محاسبه می‌شود [۲۰]:

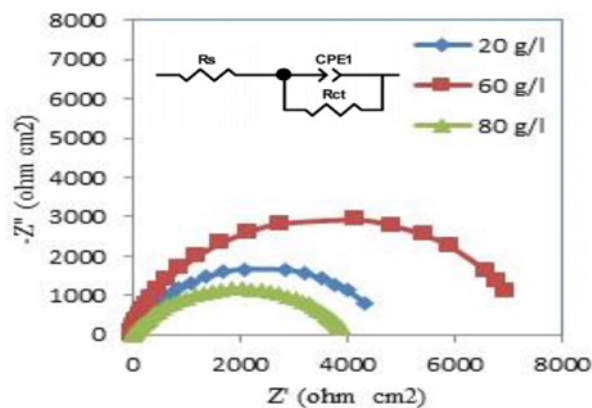
$$Z = \frac{1}{T(j\omega)^p} \quad (5)$$

که در رابطه ۵، ω فرکانس زاویه‌ای، T ظرفیت خازنی و $(CPE-P)P$ ضریب غیر یکنواختی سطح است. به‌طور کلی هرچه P به یک نزدیک‌تر باشد میزان زبری سطح کمتر بوده و CPE به عنوان یک خازن ایده آل عمل می‌کند. هرچه مقدار R_{ct} بزرگ‌تر باشد، نمونه مورد بررسی در نمودار نایکوئیست شعاع بزرگ‌تری داشته و در نتیجه مقاومت به خوردگی بالاتری خواهد داشت. در جدول ۲ مقادیر عناصر مدار معادل که از فیت کردن نمودارها بدست آمده را نشان می‌دهد. همان‌طوری که از شکل ۴ مشاهده می‌شود که نمونه B با داشتن بیشترین شعاع و نمونه C با کمترین شعاع نیم دایره‌ای به ترتیب بالاترین و کمترین مقاومت به خوردگی را دارند. داده‌های جدول ۲ نیز حاکی از آن است که نمونه B با داشتن R_{ct} برابر با $7/391 \text{ K}\Omega \cdot \text{cm}^2$

در این رابطه t اندازه کریستال، λ طول موج اشعه ایکس (nm)، θ_B زاویه براگ مربوط به پیک بیشینه (درجه) و B عرض پیک در نصف شدت بیشینه (رادیان) است. طول موج اشعه ایکس برابر با $0/154 \text{ nm}$ است. مقادیر θ_B و B نیز از نرم‌افزار X'Pert HighS-cor به‌دست آمد. از طرفی به خاطر جهت گیری ترجیحی پوشش‌های نیکل - تنگستن تنها از صفحات (۱۱۱) برای تعیین اندازه دانه استفاده شد. در واقع با افزایش درصد تنگستن پوشش، نرخ جوانه‌زنی افزایش پیدا می‌کند که این باعث کاهش اندازه دانه در پوشش Ni-W می‌شود [۳]. محاسبات اندازه دانه (بر اساس رابطه ۴) نشان می‌دهد که نمونه B که حاوی ۳۰ درصد اتمی تنگستن است دارای اندازه دانه حدوداً 16 nm بوده و ساختار فازی پوشش، به صورت محلول جامد و تک فاز تنگستن در نیکل Ni(W) است. نمونه C ساختاری متشکل از دو فاز دارد که یکی از آنها محلول جامد تنگستن در نیکلاست و دیگری فاز بین فلزی Ni_4W است. به دلیل نرخ آبکاری کمتر و در نتیجه ضخامت کمتر پوشش حاصل شده، پیک‌هایی از فلز زیر پایه (مس) نیز دیده می‌شود. اندازه دانه پوشش فوق حدوداً 21 nm است که به دلیل رسوب کمتر تنگستن نسبت به پوشش قبلی دانه درشت‌تر می‌باشد. در ادامه، اثر غلظت‌های مختلف تنگستنات در حمام اولیه بر سختی و بازده کاتدی پوشش‌ها مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصله در شکل ۳ آورده شده است. بر اساس شکل ۳ در غلظت 60 g/l (نمونه B)، بازده کاتدی بیشترین مقدار را دارد. در این غلظت سرعت هسته‌زایی بیشینه بوده و کریستال‌ها فرصت کمتری برای رشد دارند و در نتیجه همان‌طور که از نتایج پراش اشعه ایکس (شکل ۲) حاصل شده است، پوشش فوق (نمونه B) بسیار ریزدانه است. از آنجا که یون‌های تنگستن به تنهایی قادر به نفوذ نیستند، حضور یون‌های نیکل برای کمک به ترسیب تنگستن الزامی است. مطالعات نشان می‌دهد که یون‌های تنگستن از کمپلکس‌های دو فلزی $[\text{Ni}(\text{HCitr})(\text{HWO}_4)]$ ترسیب می‌شود، در حالی که یون‌های نیکل علاوه بر این کمپلکس‌ها از کمپلکس $[\text{Ni}(\text{HCitr})]^+$ نیز احیا می‌شود در نتیجه درصد نیکل ترسیب شده در پوشش نسبت به تنگستن موجود بیشتر می‌باشد [۲]. بر اساس شکل ۳ مشاهده می‌شود که نمونه B که دارای بالاترین درصد تنگستن است بیشترین سختی را داشته (719 HV) و نمونه C با داشتن کمترین درصد تنگستن، سختی پایینی (601 HV) نشان می‌دهد. این نتایج اثر مثبت تنگستن را در افزایش سختی پوشش تایید می‌کند.

جدول ۲- مقادیر عناصر مدار معادل بعد از فیت کردن داده‌های امپدانس پوشش‌های Ni-W

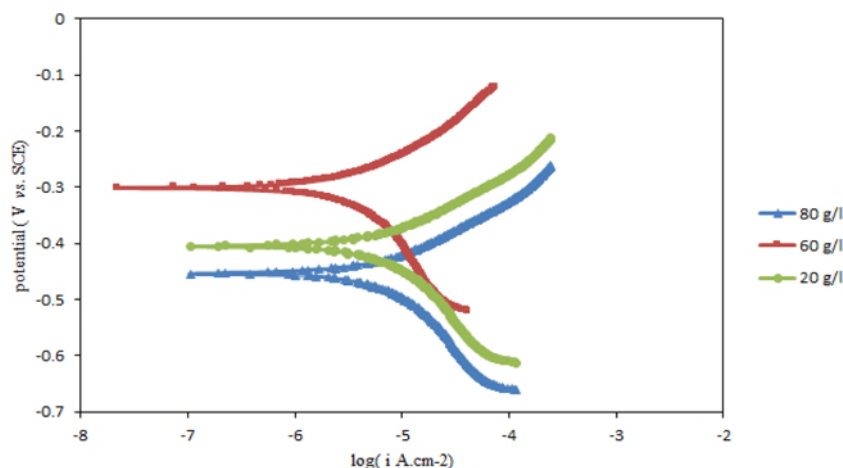
نمونه	$R_s (\Omega \text{ cm}^2)$	$CPE-P (\mu\text{Fcm}^{-2})$	$R_{ct} (\text{K}\Omega \text{ cm}^2)$
A	۴/۷۱۲	۰/۷۸۵	۴/۷۸۱
B	۶/۳۰۱	۰/۸۵۵	۷/۳۹۱
C	۴/۲۴۱	۰/۶۴۴	۳/۲۱۵



شکل ۴ - منحنی‌های نایکویست آزمایش طیف نگاری امپدانس الکتروشیمیایی برای پوشش‌های حاصل از حمام‌های با غلظت مختلف تنگستن در محلول ۳/۵ درصد وزنی NaCl

برای بررسی دقیق‌تر خوردگی پوشش‌ها و نیز تایید نتایج امپدانس، منحنی‌های پلاریزاسیون Tafel پوشش‌های Ni-W در شکل ۵ و مقادیر پتانسیل خوردگی (E_{corr}) و دانسیته جریان خوردگی (i_{corr}) پوشش‌ها از منحنی‌های پلاریزاسیون تعیین و در جدول ۳ گزارش شد. همان‌طور که در شکل ۵ آورده شد، منحنی Tafel در نمونه B به سمت مقادیر مثبت‌تر پتانسیل و جریان‌های کمتر کشیده شده است به طوری که دانسیته جریان خوردگی این نمونه $5/115 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ است. در حالی که نمونه C به سمت مقادیر منفی‌تر پتانسیل و دانسیته جریان خوردگی بیشتر تغییر کرده و نتایج دانسیته جریان خوردگی برابر با $8/502 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ را نشان می‌دهند. از آنجایی که هر چه جریان

و P بالاتر (۰/۸۵۵) بهترین مقاومت به خوردگی را داشته و از یکنواختی سطح بیشتری برخوردار می‌باشند. به نظر می‌رسد دلیل اول این مسئله این است که با رسوب بیشتر تنگستن در نمونه B (۳۰ درصد اتمی تنگستن) نسبت به سایر پوشش‌ها پوششی یکنواخت و متراکم ایجاد می‌شود (تصاویر SEM شکل ۱) به طوری که با ایجاد ساختاری متراکم، خلل و فرج پوشش کاهش یافته و الکترولیت نمی‌تواند از پوشش عبور نماید و خوردگی فلز زیر پایه را تسریع نماید. ثانیاً مطالعات انجام شده روی خوردگی پوشش‌های Ni-W نشان دادند با افزایش درصد تنگستن و با ایجاد ترکیبات NiWO_4 به صورت فیلم نازکی در سطح پوشش و در نتیجه ایجاد لایه پسیو و محافظتی، سرعت انحلال آندی و در نتیجه سرعت خوردگی کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد [۲۴-۲۶]. به نظر می‌رسد نمونه B با داشتن بالاترین مقدار تنگستن (۳۰ درصد اتمی بر اساس نتایج حاصل از EDS)، مقاومت به خوردگی بالایی را در آزمون امپدانس نشان می‌دهد. نمونه C با داشتن کمترین مقدار R_{ct} ($3/215 \text{ K}\Omega \cdot \text{cm}^2$) و صافی سطح کمتر ($0/644$) مقاومت به خوردگی کمتری نسبت به نمونه A و B نشان می‌دهد. نمونه C به دلیل کمتر بودن نرخ آبکاری، تراکم کمتری نسبت به نمونه B دارد که در تصویر ج شکل ۱ قابل مشاهده است. همچنین وجود فاز ثانویه Ni_4W با ایجاد پیل گالوانیک باعث کاهش مقاومت به خوردگی می‌شوند زیرا این پیل‌ها از اثر ممانعت کننده محصولات غنی از تنگستن جلوگیری می‌کنند [۲۴] و در نتیجه کمترین مقاومت به خوردگی در نمونه C مشاهده می‌شود.

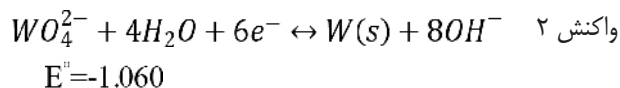
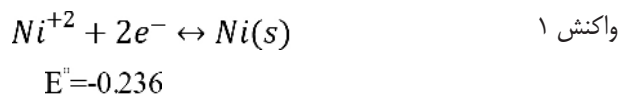


شکل ۵ - منحنی‌های پلاریزاسیون پوشش‌های حاصل از حمام‌های با غلظت مختلف تنگستن

جدول ۳ - مقادیر E_{corr} و i_{corr} به دست آمده از منحنی‌های پلاریزاسیون پوشش‌های Ni-W

نام	$E(\text{mV vs SCE})$	$I_{\text{corr}} (\mu\text{A}/\text{cm}^2)$
A	-۴۹۵/۸۰۸	۵/۹۳۲
B	-۳۰۰/۹۰۸	۵/۱۱۵
C	-۴۵۵/۳۳۰	۸/۵۰۲

افزایش جریان، سختی پوشش و بازده کاتدی افزایش می‌یابد. علت این است که با افزایش چگالی جریان، پتانسیل کاتد منفی‌تر شده و رسوب فلز فعال تسریع می‌شود [۲۵].



با مقایسه پتانسیل احیای نیکل (واکنش ۱) و احیای تنگستن (واکنش ۲) مشخص می‌شود که پتانسیل احیای تنگستن منفی‌تر از نیکل است. در نتیجه افزایش چگالی جریان باعث می‌شود تنگستن بیشتری روی سطح کاتد رسوب کند. رسوب مقادیر بیشتر تنگستن باعث می‌شود با ایجاد محلول جامد و همچنین با ایجاد دانه‌های ریزتر، سختی پوشش نهایی بیشتر شود [۱۷، ۲۶].

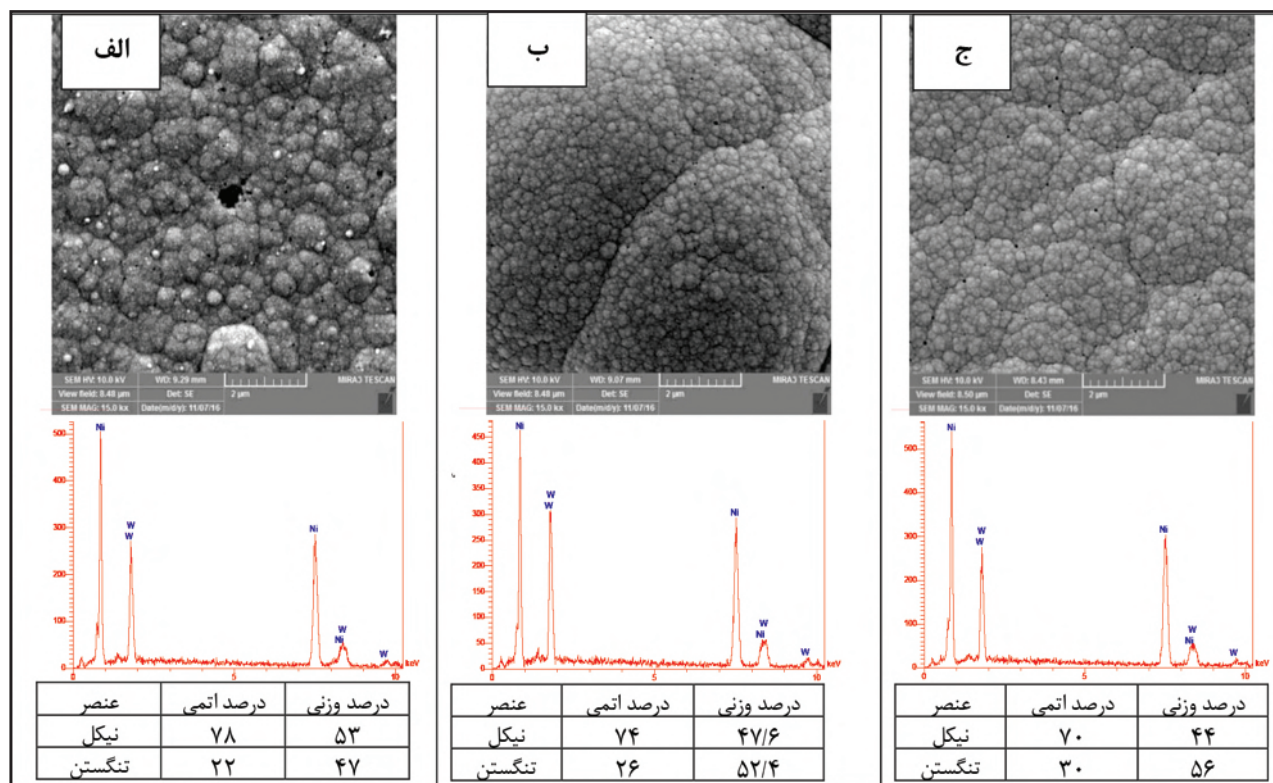
۳-۴- رفتار خوردگی پوشش‌های Ni-W با تغییر جریان

برای بررسی اثر چگالی جریان بر میزان خوردگی پوشش‌ها، آزمون خوردگی به روش امپدانس در محلول ۳/۵ درصد وزنی NaCl انجام شد. منحنی‌های امپدانس به همراه بهترین مدار معادل پیشنهادی که با اطلاعات تجربی انطباق دارد به ترتیب در شکل ۸ و جدول ۴ آورده شده است.

خوردگی کمتر باشد پوشش مورد بررسی رفتار خوردگی بهتری دارد، در نتیجه از شکل ۴ به راحتی استنباط می‌شود که نمونه B و نمونه C به ترتیب بیشترین و کمترین مقاومت به خوردگی را دارند. قابل ذکر است که روند حاصل شده در اندازه‌گیری‌های پلاریزاسیون تافلی، نتایج مطالعات EIS را نیز تایید می‌کند.

۳-۳- بررسی تأثیر جریان بر پوشش‌های Ni-W

به منظور بررسی اثر جریان بر مورفولوژی پوشش‌ها، تصاویر میکروسکوپ الکترونی پوشش‌های رسوب داده شده در سه چگالی جریان $10-30-70 \text{ mA/cm}^2$ و در سیکل کاری ۱۰٪ در شکل ۶ آورده شده است. همان‌طور که از شکل ۶ مشاهده می‌شود، هر سه نمونه‌های E، D و B دارای مورفولوژی گرانوله‌ای (گره‌دار) می‌باشند به طوری که برآمدگی‌های کوچکی در سرتاسر سطح توزیع شده است. بر اساس نتایج حاصل از EDS ترکیب اصلی پوشش‌ها Ni همراه با مقادیر مختلفی تنگستن است. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش چگالی جریان، درصد اتمی تنگستن در پوشش افزایش و میزان تخلخل پوشش کاهش یافته و ساختار ظاهری پوشش از حالت گل کلمی درشت به گل کلمی ریز و یکنواخت‌تر تبدیل می‌شود. به منظور بررسی اثر چگالی جریان بر سختی پوشش‌ها، نتایج ریز سختی پوشش نمونه‌های D، E، F و B که در $10-30-50-70 \text{ mA/cm}^2$ مختلف جریان رسوب داده شده‌اند در شکل ۷ گزارش شد. مشاهده می‌شود که با



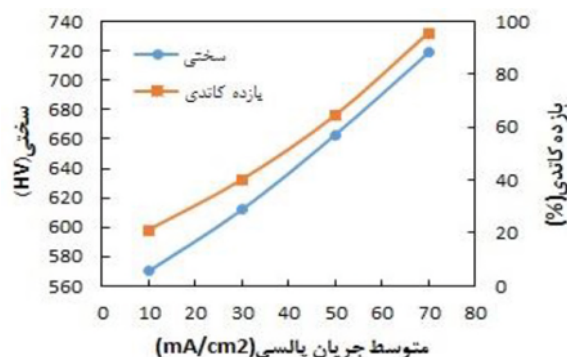
شکل ۶- تصویر FESEM و آنالیز EDS پوشش‌های Ni-W تهیه شده با جریان‌های الف) 10 mA/cm^2 ب) 30 mA/cm^2 ج) 70 mA/cm^2

است (که رابطه معکوس با I_p دارد)، η پتانسیل اضافی تبلور و γ سرعت جوانه‌زنی است. طبق رابطه ۶ می‌توان استنباط کرد که با افزایش دانسیته جریان، مقدار پتانسیل اضافی تبلور (η) افزایش یافته در نتیجه سرعت جوانه‌زنی بیشتر شده که این امر باعث ریز شدن دانه‌ها و متراکم‌تر شدن پوشش نهایی می‌شود. در حمام‌های آبکاری، رسوب یون رقیق (تنگستن) توسط دیفیوژن و رسوب یون غلیظ (نیکل) توسط انتقال بار کنترل می‌شود [۲۸]. با گذشت زمان از شروع آبکاری، غلظت یون‌های رقیق در نزدیکی سطح کاتد نسبت به غلظت یون‌های درون حمام کاهش می‌یابد در حالی که غلظت یون‌های غلیظ (نیکل)، تقریباً ثابت می‌ماند. بنابراین در ادامه فرایند رسوب دهی بایستی یون‌های رقیق (تنگستن) از داخل محلول به مجاورت سطح کاتد نفوذ کنند. اعمال جریان‌های بیشتر با افزایش ولتاژ منفی سطح کاتد به نفوذ این یون‌ها کمک کرده و در نتیجه درصد اتمی تنگستن در سطح پوشش با افزایش جریان، افزایش می‌یابد که نتایج EDS در این مقاله نیز موید این موضوع است (با افزایش چگالی جریان آبکاری از 10 mA/cm^2 تا 70 mA/cm^2 بر طبق نمودارهای EDS (شکل ۶) مقدار رسوب تنگستن در پوشش از ۲۲ درصد اتمی تا ۳۰ درصد اتمی افزایش می‌یابد. مطالعات [۲۴-۲۱] و [۶] نشان می‌دهند که با افزایش تنگستن در پوشش و ایجاد لایه ممانعت کننده در سطح پوشش (با ترکیب NiWO_4)، میزان خوردگی پوشش کاهش یافته و در نتیجه مقاومت به خوردگی پوشش افزایش می‌یابد.

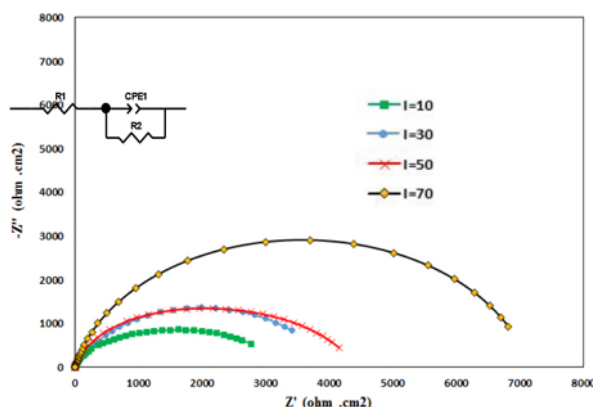
با بررسی و مقایسه منحنی‌های نایکویست نشان داده شده در شکل ۸ مشاهده می‌شود که در سیکل کاری ثابت، افزایش چگالی جریان اعمالی، علاوه بر اینکه باعث رسوب بیشتر تنگستن شده که با ایجاد لایه اکسیدی ممانعت کننده مقاومت به خوردگی پوشش را افزایش می‌دهد، باعث تولید پوشش‌های متراکم‌تر با تخلخل کمتر شده (شکل ۶) و در نتیجه باعث بهبود رفتار خوردگی پوشش می‌شود. تخلخل‌های موجود در ساختار، با افزایش سطح تماس پوشش با محیط خورنده باعث کاهش مقاومت به خوردگی می‌شود. قابل ذکر است که در داخل تخلخل اکسیژن نسبت به سطح تخلخل کمتر است در نتیجه داخل تخلخل آند می‌شود. با تشکیل آند موضعی در سطح، پوشش از محل تخلخل به شدت خورده می‌شود. مدار معادل ارائه شده برای پوشش تهیه شده با جریان $10 \mu\text{A/cm}^2$ دارای دو ثابت زمانی است که نشان دهنده وجود میکرو ترک‌ها و حفره‌ها در پوشش است. با افزایش دانسیته جریان خوردگی (i_{corr}) کاهش می‌یابد. علت کاهش جریان خوردگی را می‌توان ریزتر شدن دانه‌ها در اثر افزایش پیک دانسیته جریان طبق رابطه ۶ بیان کرد [۲۷].

$$\gamma = K_1 \exp\left(-\frac{K_2}{\eta}\right) \quad (۶)$$

K_1 یک ثابت نسبی است، K_2 مقدار انرژی مورد نیاز برای جوانه‌زنی



شکل ۷ - سختی و سرعت آبکاری پوشش‌های با غلظت یکسان تنگستن در حمام و با تغییر جریان



شکل ۸ - منحنی‌های نایکویست آزمایش طیف نگاری امپدانس الکتروشیمیایی برای پوشش‌های Ni-W با تغییر جریان

جدول ۴ - مقادیر عناصر مدار معادل بعد از فیت کردن داده‌های امپدانس پوشش‌های Ni-W

نمونه	$R_s(\Omega.cm^2)$	$CPE_{dl}(\mu F.cm^2)$	$R_{ct}(K\Omega.cm^2)$
D(I=10)	۴/۴۷	۰/۷۵۱	۲/۷۸
E(I=30)	۵/۵۶	۰/۷۵۹	۳/۸۹
F(I=50)	۶/۱۱	۰/۸۳۸	۴/۱۱
B(I=70)	۶/۳۱	۰/۸۵۶	۷/۳۹

نتیجه‌گیری

پس از بررسی اثر غلظت تنگستات در حمام و چگالی جریان در آبکاری پالسی در فرایند پوشش دهی نیکل - تنگستن نتایج زیر حاصل شد:

- ۱ - خواص این پوشش‌ها عمدتاً متأثر از مقدار تنگستن رسوب یافته در پوشش است. با افزایش درصد تنگستن در پوشش اندازه دانه‌ها تا ۱۶ nm ریزتر شده و پوشش حاصله متراکم‌تر می‌شود.
- ۲ - پوشش‌های حاوی ۶۰ g/l تنگستات در حمام اولیه و جریان آبکاری ۷۰ mA/cm² با دارا بودن بیشترین مقدار تنگستن در پوشش نهایی (۳۰ درصد اتمی) بالاترین مقاومت به خوردگی (۷/۳۹۱ KΩ.cm²) و بیشترین سختی (۷۱۹ HV) و بازده کاتدی (۹۴٪) را دارند.
- ۳ - حمام با غلظت بالاتر از ۶۰ g/l باعث ایجاد فاز بین فلزی Ni₄W شده و با ایجاد پیل گالوانیک مقاومت به خوردگی پوشش را کاهش می‌دهد.
- ۴ - با افزایش چگالی جریان آبکاری از ۱۰ mA/cm² تا ۷۰ mA/cm² مقدار رسوب تنگستن در پوشش از ۲۲ درصد اتمی تا ۳۰ درصد اتمی افزایش یافته و خواص پوشش از جمله مقاومت به خوردگی آن از ۲/۵۱۱ KΩ.cm² تا مقدار ۷/۳۹۱ KΩ.cm² بهبود می‌یابد.
- ۵ - پوشش ایجاد شده در جریان کم (۱۰ mA/cm²) دارای تخلخل‌هایی است که این تخلخل‌ها به عنوان آند موضعی عمل کرده و باعث کاهش مقاومت به خوردگی پوشش می‌شود.

منابع

- [1] M.H. Allahyarzadeh, M. Aliofkhaezai, A.R. Sabour Rouhaghdam, V. Torabinejad, Alloys and Compounds, Vol. 666, 2016, Pp. 217-226.
- [2] W. Sassi, L. Dhouibi, Comparative study of protective nickel-tungsten deposit behavior obtained by continuous and pulsed currents from citrate-ammonia media, Surface & Coatings Technology, Vol. 206, 2012, Pp. 4235-4241.
- [3] K. Arunsunai Kumar, G. Paruthimal Kalaighan, Pulse electrodeposition and characterization of nano Ni-W alloy deposits, Applied Surface Science, Vol.259, 2012, Pp. 231- 237.
- [4] Narasak Sunwang a, Panyawat Wangyao, The effects of heat treatments on hardness and wear resistance in Ni-W alloy coatings, Surface & Coatings Technology, Vol. 206, 2011, Pp.1096-1101.
- [5] S S. Sangeetha, G.P. Kalaighan, Tribological and electrochemical corrosion behavior of Ni-W/BN (hexagonal) nano-composite coatings, Ceramics International, Vol.41, 2015, Pp.10415-10424.
- [6] S. Singh, M. Sribalaji, N.P. Wasekar, S. Joshi, G. Sundararajan, R. Singh, A.K. Keshri, Microstructural, phase evolution and corrosion properties of silicon carbide reinforced pulse electrodeposited nickel-tungsten composite coatings, Applied Surface Science, Vol.364, 2016, Pp. 264-272.
- [7] S.A. Lajevardi, T. Shahrabi, J.A. Szpunar, Synthesis of functionally graded nano Al₂O₃-Ni composite coating by pulse electrodeposition, Applied Surface Science, Vol.279, 2013, Pp. 180-188.
- [8] M.G. Hosseini, H. Teymorinia, A. Farzaneh, S. Khameneh-asl, Evaluation of corrosion, mechanical and structural properties of new Ni-W-PCTFE nanocomposite coating surface & coating Tech, Vol. 298, 2016, Pp. 114-121.
- [9] S.Sangeetha G. Paruthimal Kalaighan J. Tennis Anthuvan, Pulse electrodeposition of self-lubricating Ni-W/PTFE nanocomposite coatings on mild steel surface Applied Surface Science, Vol.359, 2016, Pp.412-420.
- [10] N. Sunwang, P. Wangyao, Y. Boonyongmaneerat, The effects of heat treatments on hardness and wear resistance in Ni-W alloy coatings, Surface and Coatings Technology, Vol.206, 2011, Pp.1096-1101.

- [11] F. Nasirpour, M.R. Sanaeian, A.S. Samardak, E.V. Sukovatitsina, A.V. Ognev, L.A. Chebotkevich, M.G. Hosseini, M. Abdolmaleki, An investigation on the effect of surface morphology and crystalline texture on corrosion behavior, structural and magnetic properties of electrodeposited nanocrystalline nickel films, *Applied Surface Science*, Vol. 292, 2014, Pp. 795-805.
- [12] T. Borkar, S.P. Harimkar, Effect of electrodeposition conditions and reinforcement content on micro structure and tribological properties of nickel composite coatings, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 205, 2011, Pp.4124-4134.
- [13] S. Mohajeri, A. Dolati, M. Ghorbani, The influence of pulse plating parameters on the electrocodeposition of Ni-TiO₂ nanocomposite single layer and multilayer structures on copper substrates, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 262, 2015, Pp. 173-183.
- [14] M.S. Chandrasekar, M. Pushpavanam, Pulse and pulse reverse plating Conceptual, advantages and applications, *Electrochimica Acta*, Vol.53, 2008, Pp.3313-3322.
- [15] M. P. Q. Argañaraz, S. B. Ribotta, M. E. Folquer, L. M. Gassa, G. Benítez, M. E. Vela, and R. C. Salvarezza, Ni-W coatings electrodeposited on carbon steel: Chemical composition, mechanical properties and corrosion resistance, *Electrochimica Acta*, Vol.56, 2011, Pp. 5898-5903.
- [16] E. Beltowska-Lehman, P. Indyka, A. Bigos, Ni-W/ZrO₂ nanocomposites obtained by ultrasonic DC electrodeposition, *Materials and Design*, Vol. 80, 2015, Pp.1-11
- [17] Liju Elias, A. Chitharanjan Hegde, Electrodeposition of laminar coatings of Ni-W alloy and their corrosion behavior, *Surface & Coatings Technology*, Vol.283, 2015, Pp. 61-69.
- [18] Pedro de Lima-Neto, Adriana N. Correia, Morphological, structural, microhardness and electrochemical characterisations of electrodeposited Cr and Ni-W coatings *Electrochimica Acta*, Vol.55, 2010, Pp. 2078-2086.
- [19] Gobinda Gyawali, Bhupendra Joshi, Khagendra Tripathi, Soo Wohn Lee, Preparation of Ni-W-Si₃N₄ composite coatings and evaluation of their scratch resistance properties, Vol.42, 2016, Pp.3497-3503.
- [20] M.G.Hosseini, M.Abdolmaleki, S.Ashrafpoor, & R.Najjar., Deposition and corrosion resistance of electroless Ni-PCTFE-P nanocomposite coatings. *Surface and Coatings Technology*, Vol. 206, 2012, Pp. 4546-4552.
- [21] Amnuaysak Chianpairot, Gobboon Lothongkum, Corrosion of nanocrystalline Ni-W alloys in alkaline and acidic 3.5 wt.% NaCl solutions, *Corrosion Science*, Vol.53, 2011, Pp.1066-1071
- [22] K.R. Siraman, S.G.S. Raman, S.K. Seshadri, Corrosion behavior of electrodeposited nanocrystalline Ni-W and Ni-Fe-W alloys, *Materials Science and Engineering*, Vol. 260, 2007, Pp. 39-45.
- [23] A.S.M.A. Haseeb, U. Albers, K.Bade, Friction and wear characteristics of electrodeposited nanocrystalline nickel-tungsten alloy films, *Wear*, Vol. 264,2008, Pp.106-112.
- [24] H. Alimadadi, M. Ahmadi, M. Aliofkhazraei, S.R. Younesi, Corrosion properties of electrodeposited nanocrystalline and amorphous patterned Ni-W alloy, *Materials and Design*, Vol.30, 2009, Pp.1356-1361.
- [25] A. Brenner: *Electrodeposition of Alloys. Principle and Practice*. Academic Press, New York and London, 1963
- [26] C.A. Schuh, T.G. Nieh, The effect of solid solution W additions on the mechanical properties of nanocrystalline Ni, *Acta Materialia*, Vol.51, 2003, Pp. 431-443

[۲۷] بررسی تاثیر نوع جریان اعمالی، پارامترهای پالس و افزودن نانو ذرات TiO₂ بر خواص خوردگی پوشش Ni-Fe، فصلنامه علوم و مهندسی خوردگی، شماره ۸، سال ۱۳۹۲، ص ۷-۱۵.

- [28] Dong Jin Kim, Yu Mi Roh, Moo Hong Seo, Joung Soo Kim, Effects of the peak current density and duty cycle on material properties of pulse-plated Ni-P-Fe electrodeposits, *Surface & Coatings Technology*, Vol.192, 2005, Pp.88 - 93.

اخبار انجمن

- آموزش
- اخبار انجمن
- فهرست کتاب‌های موجود
- اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران

آموزش

تقویم آموزشی نیم سال اول ۱۳۹۸ مرکز آموزش انجمن خوردگی ایران

ردیف	عنوان دوره	تاریخ برگزاری	مدت دوره (ساعت)	شهریه (ریال)	پیشنیازها
۱	اصول مهندسی خوردگی	۱۱-۱۲ اردیبهشت ۱۸-۱۹ خرداد ۱۹-۲۰ تیر ۱۵-۱۶ مرداد ۲۳-۲۴ شهریور	۱۶	۵/۰۰۰/۰۰۰	پیشنیاز اکثر دوره ها
۲	بازرسی خوردگی	۲۷-۲۸ تیر	۱۶	۵/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۳	پایش خوردگی	۳-۴ مرداد	۱۶	۵/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۴	کنترل خوردگی و رسوب در دیگ های بخار	۹-۱۱ مرداد	۲۴	۷/۵۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۵	مدیریت خوردگی	۹-۱۱ مرداد	۲۴	۷/۵۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۶	اسید شوئی و شستشوی شیمیایی	۱۷-۱۸ مرداد	۱۶	۵/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۷	بازدارنده های خوردگی	۳۱ مرداد-۱ شهریور	۱۶	۵/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۸	روش های پیشرفته NDT جهت بررسی انواع خوردگی	۴-۲۴ شهریور	۲۴	۷/۵۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۹	خوردگی تجهیزات نیروگاهی	۱۳-۱۵ شهریور	۲۴	۷/۵۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۰	Fitness for Service (FFS) API 597	نیم سال دوم			پیشنیاز: انتخاب مواد و روش های پیشرفته NDT
۱۱	بررسی علت تخریب (Failure Analysis) در محیط های خورنده	۱۷-۱۸ مرداد	۱۶	۵/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۲	انتخاب مواد در صنایع نفت و گاز	۳۱ مرداد - ۱ شهریور	۱۶	۵/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۳	دوره ویژه حفاظت کاتدی سطح ۱ و ۲	۲۷-۲۹ اردیبهشت ۲۱-۲۲ خرداد ۲۱-۲۲ تیر ۴-۸ شهریور	۴۰	۱۲/۵۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۴	ارزیابی و رفع عیب سامانه های حفاظت کاتدی	۱۲-۱۴ تیر	۲۴	۷/۵۰۰/۰۰۰	حفاظت کاتدی سطح ۱
۱۵	دوره ویژه طراحی سیستم های حفاظت کاتدی در پالایشگاه ها	۲۳-۲۵ مرداد	۲۴	۷/۵۰۰/۰۰۰	حفاظت کاتدی سطح ۱
۱۶	حفاظت کاتدی سطح ۳ (طراحی حفاظت کاتدی خطوط لوله زیر زمینی)	۱۲-۱۵ شهریور	۳۲	۱۰/۰۰۰/۰۰۰	حفاظت کاتدی سطح ۱
۱۷	اصول طراحی حفاظت کاتدی کف مخازن ذخیره براساس API 651 و NACE NO:384	۳۰ شهریور - ۱ مهر	۲۴	۷/۵۰۰/۰۰۰	حفاظت کاتدی سطح ۱
۱۸	دوره ویژه بازرسی رنگ و پوشش سطح ۱ و ۲	۲۰-۲۴ خرداد ۲۴-۲۸ تیر ۲۱-۲۵ مرداد ۲۵-۲۹ شهریور	۴۰	۱۲/۵۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۹	ارزیابی و کنترل کیفیت پوشش خطوط لوله	۶-۷ تیر	۱۶	۵/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۰	انتخاب، اجرا و بازرسی سیستم های پوششی جهت سطوح داخلی تجهیزات	۲۷-۲۸ تیر	۱۶	۵/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۱	بازرسی رنگ سطح ۳ (اصول انتخاب سیستم های رنگ)	۶-۸ شهریور	۲۴	۷/۵۰۰/۰۰۰	بازرسی رنگ سطح ۱ و ۲
۲۲	بازرسی پوشش های حفاظتی	۲۷-۲۹ شهریور	۲۴	۷/۵۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۳	بازرسی به روش مایعات نافذ (PT) و مواد مغناطیسی (MT)	۱۰-۱۴ تیر	۳۰	۹/۰۰۰/۰۰۰	ساعت برگزاری پس از وقت اداری
۲۴	پرتونگاری و تفسیر رادیو گرافی (RT&RTI)	۲۹ تیر - ۲ مرداد	۳۰	۹/۰۰۰/۰۰۰	ساعت برگزاری پس از وقت اداری

- شهریه دوره به حساب بانک اقتصاد نوین، شعبه سپهد قرنی، کدشعبه ۱۷۸ به نام انجمن خوردگی ایران به صورت های زیر قابل پرداخت است:
کارت: ۶۲۷۴۱۲۱۹۴۰۰۳۵۲۹۸
شبا: IR۰۵۰۵۵۰۰۱۷۸۸۵۰۰۵۴۶۷۹۶۹۰۰۲
- برای شرکت کنندگان در هر دوره گواهی نامه معتبر دوزبانه (فارسی و انگلیسی) مورد تایید انجمن خوردگی ایران صادر می شود.
- اعضاء حقیقی و حقوقی از ۱۰٪ تخفیف برخوردار خواهند بود.
- پذیرایی های میان وعده به همراه ناهار و پکیج (جزوه و کیف) برای هر یک از شرکت کنندگان در نظر گرفته شده است.
- جهت نام نویسی در هریک از دوره ها و همچنین درخواست برگزاری در محل شرکت (تمامی شهرهای کشور) فرم موجود در قسمت تماس با ما را در تارنمای انجمن تکمیل و رزرو نموده تا در اولین فرصت با شما تماس حاصل گردد.
- جهت اطلاعات بیشتر با شماره تلفن های ۸ - ۸۷ ۳۴ ۳۴ ۸۸ (داخلی ۳ و ۶) تماس گرفته و یا با نامبر ۸۸۳۴۷۷۴۹ و پست الکترونیکی Training@ICA.IR مکاتبه نمایید.
- در کانال رسمی تلگرام انجمن خوردگی ایران @ica1372 با ما همراه باشید.

WWW.ICA.IR

انجمن خوردگی ایران آمادگی دارد هر یک از دوره ها را در محل شرکت های متقاضی برگزار نماید



دوره مشترک انجمن خوردگی ایران با همکاری انجمن علمی دانشجویی

مهندسی مواد - خوردگی دانشگاه تربیت مدرس

دوره بازرسی رنگ و پوشش سطح ۱ و ۲ با همکاری انجمن علمی دانشجویی مهندسی مواد - خوردگی طی ۴ روز از تاریخ ۱۰ الی ۱۳ اردیبهشت ماه ۱۳۹۸ با تخفیف ویژه برای دانشجویان سراسر کشور با تدریس آقای مهندس رحیم زمانی به میزبانی دانشگاه تربیت مدرس برگزار می‌گردد.

این دوره پیرو درخواست‌های مکرر دانشجویان گرمای تدارک دیده شده است و در راستای آشنایی دانشجویان با محیط صنعت و تقویت نگرش حل مسائل مربوط به حوزه رنگ و پوشش، بازدید علمی از یک شرکت فعال در حوزه رنگ نیز انجام خواهد شد که تاریخ آن متعاقبا اعلام می‌گردد.



نحوه عضویت در انجمن خوردگی ایران

علاقتمندان به عضویت در انجمن می‌توانند به دو صورت حقیقی و حقوقی عضو شوند.

- عضویت حقیقی:

شایان ذکر است براساس اساسنامه، دانشجویان و دانش‌آموختگان رشته ی خوردگی و رشته‌های وابسته می‌توانند به عضویت انجمن خوردگی ایران (عضویت حقیقی) نائل شوند. کارت عضویت اعضا پس از تایید به نشانی که در فرم عضویت تکمیل گردیده ارسال می‌شود.

- عضویت حقوقی:

وزارتخانه‌ها، نهادها، کارخانجات، موسسات و شرکت‌هایی که علاقه‌مند به پیشبرد اهداف خویش در جهت شناسایی و کنترل خوردگی باشند و تمایل داشته باشند که این مسئله از طریق انجمن خوردگی ایران محقق شود، پس از تکمیل فرمهای مربوطه و ارزیابی آنها در هیئت مدیره انجمن، به عضویت حقوقی انجمن پذیرفته شده و برای آنها لوح عضویت ارسال می‌گردد. این شرکت‌ها یا سازمان‌ها پس از عضویت از امکان مشاوره، دریافت نشریات و کتب داخلی و خارجی و تخفیف‌های قابل ملاحظه در ارائه خدمات از طرف انجمن بهره‌مند می‌گردند.

علاقتمندان می‌توانند جهت کسب اطلاعات بیشتر در خصوص عضویت در انجمن به تارنمای اینترنتی انجمن به نشانی زیر مراجعه نمایند:

www.ica.ir

دریافت نظرات، ایده‌ها، پیشنهادات و انتقادات

ارتباط الکترونیک مستقیم با بازرس انجمن

دریافت نظرات، ایده‌ها، پیشنهادات و انتقادات

قطعا بخش بزرگی از پیشرفت و موفقیت انجمن خوردگی ایران مدیون اعضای حقیقی، حقوقی و سایر مخاطبان خود این انجمن است که با حمایت‌ها و ارائه نظرات و پیشنهادات خود انجمن را در انجام رسالت علمی، آموزشی و پژوهشی

یاری می‌نمایند. از شما بزرگواران و عضو خانواده بزرگ انجمن خوردگی ایران تقاضا داریم که هرگونه ایده، پیشنهاد و یا انتقاد خود را در مورد فعالیت و خدمات انجمن را مطرح نموده تا در تصمیم‌گیری‌های خرد و کلان انجمن مورد توجه قرار گیرد.

شما می‌توانید به‌طور مستقیم پیشنهادات، انتقادات و شکایات خود را جهت بررسی به بازرس انجمن خوردگی ایران ارسال نمایید. برای این منظور لطفا به بخش تماس با ما در تارنمای اینترنتی انجمن به نشانی www.ica.ir مراجعه نمایید.

تبلیغات در پایگاه اینترنتی انجمن خوردگی ایران

انجمن خوردگی ایران با بیش از ۲۵ سال سابقه در زمینه ارتقاء سطح دانش و مهندسی خوردگی، تلاش برای حفظ سازه‌ها، تأسیسات و زیرساخت‌های صنعتی و غیرصنعتی در مقابل خوردگی، جلوگیری از هدررفت میلیاردها تومان سرمایه ملی و همچنین به‌منظور کاهش خسارات جانی و مالی ناشی از خوردگی، جایگاه پایدار و یگانه‌ای در بین محققان، کارشناسان، دانشجویان، علاقمندان به مباحث خوردگی و اعضای حقوقی و حقیقی خود داشته و دارد و معمولاً مخاطبان خاص و بی‌شماری اخبار و اطلاع‌رسانی‌های انجمن را رصد و پایش می‌کنند.

در سال ۱۳۹۸ نظر به حمایت از تولید ملی و در راستای کمک به گسترش فعالیت‌های علمی و اقتصادی اعضا و تمام جامعه حرفه‌ای شاغل در حوزه خوردگی و مسائل مرتبط و نیز اشاعه فرهنگ حرفه‌ای‌گری، بخش بازرگانی انجمن خوردگی ایران اقدام به فراخوان درج آگهی تبلیغاتی برای معرفی کالا، خدمات و کسب و کار شما به‌صورت دیجیتال و در غالب خبرنامه الکترونیکی خوردگی، تارنمای رسمی انجمن خوردگی ایران، نشریه دیجیتالی زنگ و تبلیغات در شبکه‌های اجتماعی می‌نماید. در این راستا نرخ‌نامه آگهی در انجمن خوردگی ایران به شرح زیر اعلام می‌گردد.

خبرنامه الکترونیکی خوردگی	۱۰/۰ × ۱/۸ cm یک کادر استاندارد	۱۰/۰ × ۳/۶ cm دو کادر استاندارد	۱۰/۰ × ۴/۵ cm سه کادر استاندارد	۱۰/۰ × ۱۰/۸ cm شش کادر استاندارد
یک شماره	۲۵,۰۰۰	۵۰,۰۰۰	۶۵,۰۰۰	۱۰۵,۰۰۰
دو شماره	۴۵,۰۰۰	۹۰,۰۰۰	۱۲۵,۰۰۰	۱۹۰,۰۰۰
سه شماره	۶۰,۰۰۰	۱۲۰,۰۰۰	۱۷۰,۰۰۰	۲۵۰,۰۰۰
دوازده شماره	۲۰۰,۰۰۰	۴۰۰,۰۰۰	۵۰۰,۰۰۰	۸۵۰,۰۰۰

تارنمای انجمن خوردگی ایران	عضو	غیر عضو
یک ماه	۷۵,۰۰۰	۱۲۵,۰۰۰
سه ماه	۲۰۰,۰۰۰	۳۵۰,۰۰۰
شش ماه	۴۰۰,۰۰۰	۷۰۰,۰۰۰
دوازده ماه	۷۰۰,۰۰۰	۱,۳۰۰,۰۰۰

نشریه دیجیتالی زنگ	عضو	غیر عضو
یک شماره	۵۰۰,۰۰۰	۶۰۰,۰۰۰
دو شماره	۸۰۰,۰۰۰	۱,۰۰۰,۰۰۰
سه شماره	۱,۲۰۰,۰۰۰	۱,۵۰۰,۰۰۰
چهار شماره	۱,۵۰۰,۰۰۰	۱,۹۰۰,۰۰۰

توجه:

- قیمت‌ها به تومان می‌باشند.
- طراحی با گرافیک سبک توسط انجمن انجام می‌شود و در صورت نیاز به طراحی بیشتر، هزینه جداگانه محاسبه می‌شود.
- طرح‌های ارسالی باید متناسب با نوع درخواست باشد که در مذاکرات فی‌مابین مطرح می‌شوند.
- ممکن است درخواست شما در قالب نرخ‌نامه نباشد لذا امکان ثبت تبلیغ در ابعادی به جزء جدول‌های بالا نیز مهیا می‌باشد، که در این خصوص کارشناسان انجمن با شما همراه خواهند بود.
- تبلیغات در شبکه‌های اجتماعی در دست بررسی می‌باشد و متعاقباً اطلاع‌رسانی خواهد شد.
- آگهی‌های مندرج در نشریه دیجیتالی زنگ با توجه به محل قرارگیری و ترتیب صفحات متغیر و قابل مذاکره می‌باشند.

جهت کسب اطلاعات بیشتر لطفاً با شماره تلفن‌های ۸ - ۸۸۳۴۴۲۸۷

(داخلی ۲ - انتشارات، عباسیان)

و یا آدرس الکترونیکی newsletter@ica.ir ارتباط برقرار بفرمایید

فهرست کتاب‌های موجود در انجمن خوردگی ایران

ردیف	موضوع	عنوان کتاب	پدیدآورندگان	قیمت (تومان)
۱	خوردگی	اصول خوردگی، سازوکارها، علل و روش‌های پیشگیرانه	مهندس محمدرضا نفری	۲۵۰۰۰
۲		خوردگی، راه‌های عملی پیشگیری و حفاظت (مجموعه دو جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۴۵۰۰۰
۳		خوردگی و کنترل خوردگی - مقدمه‌ای بر علم و مهندسی خوردگی	دکتر محمدعلی گلغزار، مهندس حمیدرضا ریاضی و مهندس داود قربانی	۳۵۰۰۰
۴		مهندسی خوردگی و حفاظت از فلزات	دکتر منصور فرزام	۲۱۰۰۰
۵		روش‌های بازرسی و نظارت بر خوردگی	دکتر محمد علی گلغزار	۱۵۰۰۰
۶		خوردگی میکروبی	دکتر محمد علی گلغزار	۱۳۵۰۰
۷		کنترل خوردگی در صنایع (۱۳۹۴)	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۴۲۰۰۰
۸		کنترل خوردگی در صنایع (۱۳۷۴)	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۱۰۰۰۰
۹		کنترل خوردگی خط لوله - پی بادی (ویرایش دوم)	دکتر تقی شهرابی فراهانی، مهندس اشکان دانش مسلک و دکتر محمود علی‌اف	۳۷۰۰۰
۱۰		بازرسی، کنترل و مدیریت خوردگی در پالایشگاه‌ها	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، مهندس رسول سپهرزاد و مهندس مصطفی هدایتی مرزبالی	۲۵۰۰۰
۱۱		خوردگی در پالایشگاه	مهندس حسین مسگری	۹۵۰۰
۱۲		خوردگی قطعات جوشکاری شده	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، مهندس رسول سپهرزاد و محمدابراهیم باجقلی	۲۵۰۰۰
۱۳		پوشش‌های مقاوم به خوردگی جوی در مهندسی سطح	دکتر کریم زنگنه مدار	۲۷۰۰۰
۱۴		آزمون‌های آزمایشگاهی خوردگی و حفاظت - همراه با سوال و تمرین	دکتر محمدعلی گلغزار	۸۰۰۰
۱۵		انتخاب مواد برای حداقل کردن خوردگی در صنایع شیمیایی	دکتر احمدساعتچی، مهندس فاطمه اصغرزاده جاوید و مهندس محسن صمدی خوشخو	۵۰۰۰
۱۶		نفت، گاز و پتروشیمی	مهندس منوچهر مداحی	۱۴۰۰۰
۱۷		اصول و مبانی مهندسی خوردگی	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۴۰۰۰۰
۱۸		واژه‌های خوردگی	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۵۰۰۰۰
۱۹		فرهنگ خوردگی	فرهنگستان زبان و ادب فارسی - گروه واژه‌گزینی	۱۳۰۰۰
۲۰		مجموعه واژه‌های مهندسی خوردگی	مهندس محمد حسن رستگار زارع	۶۹۰۰۰
۲۱		اصول و مبانی پایش خوردگی در صنعت	محمدحسین مرادی - محمود علی اف خضایی	۴۰۰۰۰
۲۲		خوردگی پوشش‌های پلیمری	مهندس سیداحمد پیشنمازی	۵۵۰۰
۲۳		نقش آب و کنترل خوردگی در صنایع	مهندس محمدرضا احمدی بشکانی، مهندس صادق دهقان	۲۵۰۰۰
۲۴		خوردگی فولاد در بتن	دکتر احمد ساعتچی	۸۰۰۰
۲۵		مبانی اکسیداسیون و خوردگی فلزات در دماهای بالا	مهندس محمدرضا نفری	۳۰۰۰۰
۲۶		اصول و کاربرد بازدارنده‌های خوردگی (مجموعه سه جلدی)	مهندس محمد حسن زاده و دکتر عماد رعایایی	۸۰۰۰
۲۷		مدیریت خوردگی در صنعت نفت و گاز	دکتر آرش فتاح‌الحسینی، دکتر احمد ساعتچی و مهندس پرویز محمدیان صمیم	۷۰۰۰
۲۸		فولادهای زنگ‌زن خوردگی یکنواخت و خوردگی در دماهای بالا	دکتر آرش فتاح‌الحسینی	۷۰۰۰
۲۹		خوردگی فولادهای زنگ‌زن	دکتر آرش فتاح‌الحسینی	۷۰۰۰
۳۰	حفاظت کاتدی	عملیات حرارتی و مهندسی سطح	دکتر محمدعلی گلغزار	۳۸۰۰۰
۳۱		جلوگیری از خوردگی فلزات توسط حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده	دکتر احمد ساعتچی	۵۰۰۰
۳۲		اصول طراحی حفاظت کاتدی	دکتر محمود علی اف خضایی و مسعود روشنی	۳۵۰۰۰
۳۳		حفاظت کاتدی و دستورالعمل‌های بازرسی آن	دکتر محمود علی اف خضایی و مهندس علی حیدری قبادی	۴۰۰۰۰
۳۴	آب و فاضلاب	حفاظت کاتدی کاربردی خطوط لوله و مخازن	دکتر شهرابی فراهانی، دکتر علی اف خضایی و مهندس طاهر شهرابی فراهانی	۱۰۰۰۰
۳۵		راهنمای عملی واپایش شیمیایی برج‌های خنک‌کن	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰۰۰
۳۶		راهنمای عملی واپایش شیمیایی دیگ‌های بخار	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰۰۰
۳۷		راهنمای تجزیه و تحلیل از کارافتادگی سیستم آب برج‌های خنک‌کننده	مهندس محمدرضا نفری	۶۰۰۰
۳۸		راهنمای تجزیه و تحلیل از کارافتادگی دیگ‌های بخار	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰۰
۳۹		اصول و کار پمپ و فرایند	مهندس محمدرضا نفری	۹۵۰۰
۴۰		بررسی روش‌های ضدفونی آبهای آشامیدنی بهداشتی و صنعتی	مهندس محمدرضا نفری	۳۹۰۰
۴۱		راهنمای کار دستگاه‌های فرایندی (مجموعه دو جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۱۰۰۰۰
۴۲		راهنمای کاربرد آب در صنعت (دوجلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۸۰۰۰۰
۴۳		مهندسی فاضلاب پنج جلدی	مهندس محمدرضا نفری	۶۱۰۰۰
۴۴		کاربرد سامانه‌های غشایی در صنعت آب	مهندس محمدرضا نفری	۱۶۰۰۰
۴۵		تصفیه آب‌های صنعتی به ویژه در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی	مهندس محمدرضا نفری	۱۸۰۰۰
۴۶		اسمز معکوس (مجموعه دو جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۱۸۵۰۰
۴۷		راهنمای عملی شستشوی شیمیایی و رسوب زدایی سامانه‌های صنعتی	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰۰۰
۴۸		تکنولوژی و علم بسیار (مجموعه دو جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۱۳۵۰۰
۴۹		بهسازی آب در صنعت	هادی چهره‌عالم	۴۰۰۰۰
۵۰		آزمایش‌های آب	دکتر پیکری/ مهندس کرباسیان	۹۰۰۰
۵۱		مبانی تصفیه آب	دکتر محمود پیکری	۱۱۵۰۰

ردیف	موضوع	عنوان کتاب	پدیدآورندگان	قیمت (تومان)
۵۱	آب و فاضلاب	راهنمای عملی ضدقوئی لوله‌ها و مخازن ذخیره آب	(اداره آب و فاضلاب) آسبه سادات ملاباشی	۶۰۰۰
۵۲		راهکارهای عیب‌زدائی در راکتورهای ناپیوسته متوالی	مهندسان مهدی سیفالهی، سمانه رحمانی و اکرم کاوه	۱۴۰۰۰
۵۳		آب‌بندهای مکانیکی	مهندس مرتضی اقبالیان، مهندس علی آفاکیری	۳۵۰۰
۵۴	شیمی	طیف‌سنجی امیدانس الکتروشیمیایی (EIS) - مبانی و کاربردها (چاپ دوم)	دکتر میرقاسم حسینی، دکتر ایرج احدزاده	۲۲۰۰۰
۵۵		طیف‌نگاری امیدانس الکتروشیمیایی (EIS)	دکتر محمود علی اف خضری	۸۰۰۰
۵۶		شیمی آلی	مهندس رضا کیارسی، مهندس محمد ولاشجری و مهندس فرزاد کارگر	۱۴۵۰۰
۵۷		آشنایی با مهندسی شیمی	دکتر مساج/ دکتر ادیب- نژاد	۹۸۰۰
۵۸	رنگ و پوشش	استانداردها، راهنمای آماده سازی سطوح و اعمال پوشش‌های حفاظتی	مهندس محمود کثیریه	۷۰۰۰
۵۹		هوازدهی رنگ‌ها و پوشش‌ها	مهندس سید محمود کثیریه، دکتر فرشته رضایی	۱۰۰۰۰
۶۰		مدیریت بازاریابی صنعتی	مهندس محمود کثیریه	۵۰۰۰
۶۱		مواد افزودنی رنگ	مهندس سیدمحمود کثیریه، مهندس طاهره سماعتی یکتا	۲۲۰۰
۶۲		پیگمنت‌ها	مهندس شمس الدین استوار	۸۰۰۰
۶۳		رزین‌های پلی یورتان	مهندس سید محمود کثیریه، مهندس روح ا... رضا سلطانی و مهندس یاسر پناهی	۱۱۰۰۰
۶۴		رزین‌ها - شیمی، ساختارها، مکانیزم‌های ساخت، ویژگی‌ها، کاربردها	مهندس حمید رفعی	۹۰۰۰۰
۶۵		اصول رنگ‌آمیزی صنعتی	دکتر نرگس اسماعیلی	۸۰۰۰
۶۶		آدمه‌سازی سطح برای رنگ‌آمیزی صنعتی - با ابزارهای دستی، ابزارهای قدرتی، سانتریفیوژ، پاشش ساینده و ...	مهندس حسن گل‌مکانی	۱۰۰۰۰
۶۷	انتخاب مواد و آلیاژ	کلید فولاد (ویرایش بیست و دوم)	دکتر ساعتچی/ دکتر ادریس	۷۵۰۰۰
۶۸		گزینش مواد در صنعت به ویژه در صنایع نفت و تأسیسات وابسته	مهندس محمدرضا نفری	۳۰۰۰۰
۶۹		خواص و کاربرد پزشکی بیومواد فلزی	دکتر فتحی/ دکتر مرتضوی	۳۲۰۰
۷۰		کتاب درس ترمودینامیک مواد و متالورژی	دکتر ساعتچی / مهندس تجاریان	۵۲۰۰
۷۱		آلیاژهای سبک (آلومینیوم، منیزیم، تیتانیوم)	دکتر محمودی/ دکتر طهماسبی	۱۳۵۰۰
۷۲		کتاب مواد خواص مکانیکی مواد (تست کارشناسی ارشد)	مهندس مستاجران، مصاحبی	۴۵۰۰
۷۳		انتخاب مواد برای کاربرد در دماهای بالا	مهندس آرام اسعدی	۱۵۰۰
۷۴		کتاب مواد خواص فیزیکی مواد (تست کارشناسی ارشد)	بهره- برپور/ مصاحبی / مستاجران	۱۵۰۰
۷۵		شناسایی سریع و غیرتخریبی فلزات	اعترازی/ باطنی / خائفی	۱۴۰۰
۷۶	بازرسی، جوش	روش‌های نوین و دستورالعمل‌های بازرسی فنی در پالایشگاه‌های نفت و گاز	دکتر سعیدرضا اله کرم، مهندس احسان هدایت‌نیا و مهندس مسعود سعادت طلب	۲۸۰۰۰
۷۷		ساخت و بازرسی فنی مخازن ذخیره	مهندس سیدمحمد قریشی	۳۲۰۰
۷۸		روش‌های پیشرفته جوشکاری	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، مهندس رسول سپهرزاد و سید محسن محمدی	۲۵۰۰۰
۷۹		پروتو نگاری صنعتی (فنون تصویرسازی) (چاپ سوم)	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی	۱۸۰۰۰
۸۰		آزمون‌های غیرمخرب (روش فراصوتی)	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی	۱۵۰۰۰
۸۱		اصول آزمون ذرات مغناطیسی	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی	۱۵۵۰۰
۸۲		مقدمه‌ای بر آزمون فراصوتی آرایه فازی	مهندس مصطفی مردانی خراط	۱۴۰۰۰
۸۳		تکنیک جوشکاری	مهندس نصیری نیا، مهندس حاتمیان و مهندس حاج باقری	۷۰۰۰
۸۴		پرتونگاری و تفسیر فیلم	سید بابک قریشی	۶۸۰۰
۸۵		سازه‌های ضد اسید	مهندس پوریا آذریخت	۱۸۰۰۰
۸۶	سایر	قطعات ریختگی آلومینیم (خواص، فرایندها و کاربردها)	دکتر آرش فتاح‌الحسینی	۱۷۰۰۰
۸۷		کاربرد پایش وضعیت در نگهداری و تعمیرات پمپ‌ها	مهندس امیر میرزایی	۴۸۰۰
۸۸		اصول و مبانی ارتعاشات در نگهداری، تعمیرات و عیب‌یابی ماشین‌های دوار	دکتر بهزاد، مهندس سبائلو، مهندس مسعود آسایش، مهندس عباس روحانی بسطامی	۴۵۰۰
۸۹		فرآیند تبدیل گاز به مایع و سنتز فیشر	مهندس بینا مهروری	۳۵۰۰
۹۰		تولید اتیلن از تبدیل مستقیم گاز طبیعی	مهتاب غریبی، مریم تخت‌روانچی	۵۵۰۰
۹۱		فرایندها و واکنش‌های شیمیایی در صنعت پتروشیمی ایران	شرکت ملی صنایع پتروشیمی	۹۰۰۰
۹۲		اصول طراحی و انتخاب و نصب شیرهای ایمنی فشار	کاظم طباطبائی	۱۳۰۰۰
۹۳	کنگردها و سمینارهای آموزشی	مجموعه مقالات هجدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	۱۵۰۰۰
۹۴		مجموعه مقالات هجدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	۱۴۰۰۰
۹۵		مجموعه مقالات شانزدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	۱۳۰۰۰
۹۶		مجموعه مقالات پانزدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	۱۰۰۰۰
۹۷		مجموعه مقالات کنگره‌های پیشین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران (هر کدام جداگانه)	۱۰۰۰۰

• شماره حساب ۷۰۰۸۱۴۴۹۷۵۹۳، بانک شهر، شعبه میدان فردوسی، کد ۳۲۹ به نام انجمن خوردگی ایران (بعد از واریز تصویر فیش به انجمن ارسال شود)
جهت دریافت و یا ارسال کتب فوق با دفتر انجمن با شماره تلفن ۸ - ۸۷ ۴۲ ۳۴ ۸۸، داخلی ۲ و یا شماره نمابر ۸۸۳۴۷۷۴۹ تماس حاصل نمایید.

* اعضای حقوقی انجمن خورده‌گی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۱۰۱	مدیریت تولید برق گیلان	تولید نیروی برق (سیکل ترکیبی)	گیلان - رشت - شهر صنعتی - نیروگاه سیکل ترکیبی	۱۳۱۳۳۸۲۶۰۴
۵۱۰۲	شرکت ملی گاز منطقه یک گاز رسانی و فروش	گازرسانی و فروش طراحی و مهندسی - خطوط لوله و انتقال گاز	اهواز - جاده اهواز سربندر - شرکت ملی گاز	۰۶۱۳۴۴۴۰۰۷۱
۵۱۰۳	شرکت تولید مواد اولیه والیاف مصنوعی	تولید کننده دی متیل ترفتالات به عنوان ماده اولیه پلی استر	اصفهان - ۴۵ کیلومتری اصفهان جاده مبارکه - ص پ: ۸۱۶۵۵-۱۵۶۹	۳۱۳۳۳۵۲۴۱
۵۱۰۴	شرکت رنگسازی باژاک	رنگ‌سازی	تهران - خ ولی عصر - پایین تر از توانیر - جنب فروشگاه بلوچ - پلاک ۲۴۷۰	۸۸۷۷۰۵۰۵
۵۱۰۵	مهندسی و تجهیزات صنعت آب و برق ایران	بازرسی کلیه تجهیزات سدها و آب‌رسانی، لوله و خدمات برق	تهران - خیابان میرزای شیرازی - بین مطهری و بهشتی - نبش کوچه مقدم - پلاک ۲۴۲ - طبقه سوم - ص پ: ۱۴۱۵۵۵-۴۴۱۴	۸۸۷۰۲۸۱۸
۵۱۰۶	آب و فاضلاب تهران	تصفیه و توزیع آب و جمع‌آوری آبهای سطحی و فاضلاب	تهران - بلوار کشاورز - خ حجاب - ص پ: ۱۴۱۵۵-۱۵۹۵	۸۸۹۶۶۰۷۰
۵۱۰۷	سرمایه‌گذاری صنایع شیمیایی	تولید مواد پتروشیمی - مواد اولیه ساخت شوینده‌ها - تولید الکیل بنزن خطی (LAB)	اصفهان - ۱۵ کیلومتر ۱۵ جاده اصفهان به تهران - غرب نیروگاه شهید منتظری - کدپستی: ۸۳۳۵۱۴۴۱۱۴	۰۲۱-۲۲۰۵۹۸۶۸
۵۲۴۲	سرمایه‌گذاری صنایع شیمیایی	تولید مواد پتروشیمی - مواد اولیه ساخت شوینده‌ها - تولید الکیل بنزن خطی (LAB)	تهران - خ آفریقا - کوچه شهید سعیدی - شماره ۹۱	۲۲۰۵۹۸۶۷
۵۱۰۸	صنایع پلاستیک خوزستان	تولید ساخت فیلم ورق پلاستیک و ظروف یکبار مصرف	تهران - خ سیهید قرنی - خ موسی کلانتری - ساختمان ۲۰ - پلاک ۷۶ - طبقه ۴ - واحد ۲۲	۸۸۰۶۱۶۱
۵۱۰۹	پتروشیمی خراسان	پتروشیمی	بجنورد - ۱۷ کیلومتر ۱۷ جاده بجنورد شیروان - صندوق پستی ۱۴۱۳ - شرکت پتروشیمی خراسان	۰۵۸۳۲۳۴۵۶۰
۵۱۱۰	پتروشیمی آبادان	پتروشیمی	آبادان - کوی مطهری - ص پ: ۱۳۸	۰۶۱۵۳۲۶۰۰۲۱
۵۱۱۱	توانیر	تولید و انتقال نیروی برق ایران	تهران - میدان ونک - خ توانیر - ساختمان مرکزی توانیر	۲۷۹۳۴۰۰۹
۵۱۱۲	پتروشیمی تبریز	پتروشیمی	تبریز - ۷ کیلومتر ۷ جاده آذرشهر - مجتمع پتروشیمی تبریز دفتر مدیرعامل	۰۴۱۳۴۲۸۰۰۰۰
۵۱۱۳	لوله‌سازی اهواز	تولید لوله‌های نفت، گاز، شیمیایی، طراحی و مهندسی	تهران - خ بهشتی - ابتدای احمد قصر - کوچه دوم - پلاک ۱۹	۸۸۷۳۴۹۶
۵۱۱۴	ایریکت	تولید برق - تجهیزات پزشکی - صنعتی - استخراج از معادن - طراحی و مهندسی	انتهای خ گاندی شمالی - پ ۷، ص پ: ۱۹۳۹۵-۳۳۴۴	۸۸۷۷۸۱۱۶
۵۱۱۵	آب و برق خوزستان	نیروگاه‌های تولید برق	اهواز - جاده گلستان - ساختمان ۵ طبقه - سازمان آب و برق خوزستان - ص پ: ۶۱۳۵-۱۳۷	۰۶۱۳۳۳۶۰۱۳۶
۵۱۱۶	صنایع فولاد (سایا)	ریخته‌گری قطعات سنگین و فوق سنگین	اصفهان - میدان آزادی - خ هزار جریب - خ آزادی - ساختمان ۱۳۲	۰۳۱۳۶۸۷۱۱۲۱
۵۱۱۷	شرکت اکپام	—	تهران - سه راه زندان - خ شیخ صفی - شماره ۱/۳۰۲ کد پ: ۱۶۱۳۶	۰۲۱۸۸۷۰۷۸۹۰
۵۱۱۸	مهندسين مشاور دز آب	خطوط لوله و انتقال	اهواز - کوی گلستان ص پ: ۶۱۴ - کد پستی: ۶۱۳۳۵	۰۲۱۲۳۳۷۲۶۰۴
۵۱۱۹	تایید واتر	صنایع دریایی	میدان ولی عصر - خ فتحی شقاقی - شماره ۱۵ کد پستی: ۱۴۳۳۶	۰۲۱۸۸۵۵۳۳۲۱
۵۱۲۰	صنایع مهمات‌سازی پارچین	ذوب فلزات آلیاژی کارخانجات شیمیایی	تهران - ۳۰ کیلومتر ۳۰ جاده خاوران - صنایع مهمات‌سازی	۰۲۹۲۳۰۲۳۵۷
۵۱۲۱	کارخانجات پروفیل ساوه	تولید کننده لوله و پروفیل صنعتی و ساختمانی	تهران - بلوار کشاورز - ساختمان صفا - شماره ۱۵۸ - کد پ: ۱۳۱۶۶	۸۸۹۷۹۰۱۵
۵۱۲۲	دانشکده علوم و فنون نیروی دریایی سپاه	صنایع دریایی و آموزشی	چالوس - کدپستی: ۴۶۶۱۹۳۷۲۵۷ - دانشکده علوم و فنون نیروی دریایی سپاه	۰۱۹۱۲۳۲۶۸۴۳
۵۱۲۳	شرکت رنگان‌فر	شیمیایی و رنگ	تهران - منطقه ۶ - ولی عصر - نرسیده به توانیر - ک. شروان - پ. ۱۵ - ط. سوم - زنگ دوم - صندوق پستی: ۵۱۴-۱۴۳۵	۰۲۱۸۸۶۱۳۷۷۶
۵۱۲۴	شرکت عمران کیش	شرکت طراحی و مهندسی		
۵۱۲۵	شرکت کشت و صنعت شمال	کارخانجات صنایع غذایی	بزرگراه مدرس - خ وحید دستگردی پایین تر از بیمارستان علی اصغر - پلاک ۳/۲۱۰	۱۵۱۲۳۳۳۹۸۱
۵۱۲۶	شرکت پتونیا	نیروگاه تولید برق و فلزات و آلیاژسازی	تهران - خیابان وزراء - خیابان ۲۱ - پلاک ۹ - طبقه سوم	۲۱۸۸۷۵۳۹۸۸

اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۱۲۷	شرکت تهران فایبر	نیروگاه تولید برق و فلزات و آلیاژسازی	تهران - خیابان فاطمی - مقابل خیابان حجاب شماره ۲۴۱ - طبقه اول واحد ۲ - کدپستی: ۱۴۱۴۶۵۷۹۴۴	۰۲۱۸۸۹۷۲۸۸۴
۵۱۲۹	شرکت نیروکلر	کارخانجات شیمیایی	تهران - خ ولی عصر - نیش استاد مطهری - کوچه افتخار - پ ۳۸ - ط ۲ - شماره ۲	۰۲۱۸۸۸۰۲۹۴۱
۵۱۳۰	شرکت نفت پارس	کارخانجات شیمیایی و پالایش	کیلومتر ۲۲ جاده مخصوص کرج - پالایشگاه نفت پارس - کتابخانه - برسد بدست سرکار خانم سپیده ترک زاده	۰۲۱۲۲۲۲۹۵۰۰
۵۱۳۱	شرکت نفت فلات قاره	اکتشافات، تولید و بهره برداری	تهران خیابان ولیعصر - قبل از پارک ویکوچه تورجبرج خاکزاد - پلاک ۱۲	۲۱۲۲۶۶۴۴۶۹
۵۱۳۲	شرکت استیلارما	اکتشافات، تولید و بهره برداری	جاده قدیم کرج - خ خلیج - کوچه شهید خسرو تقوی پلاک ۹۰	۲۱۸۸۶۱۰۵۶۲
۵۱۳۳	شرکت چسب سازی و رنگ سازی صانع یکتا	کارخانجات شیمیایی	تهران - خ جمهوری - چهارراه فلسطین - بازار کاخ - ط ۱ - پ ۲۱	۰۲۱۶۶۴۱۰۱۷۹
۵۱۳۴	شرکت گاز آذربایجان شرقی	خطوط لوله و مراکز تحقیقاتی	تبریز - خ ولی عصر - فلکه دانشگاه - خ تخت طاوس شرقی - جنب اداره استاندارد و پخش هجرت - مرکز آموزش	۴۱۳۴۴۳۸۱۸۱
۵۱۳۵	شرکت توسعه پوشش صنعت نوین	خطوط لوله و طراحی و مهندسی صنایع و ساخت تجهیزات	تهران - خ ولی عصر - نیش زرتشت شرقی - کوچه سروش - شماره عواحد ۱۵	۲۱۸۸۸۰۳۳۷۱
۵۱۳۶	شرکت رز پلیمر	کارخانجات شیمیایی	تهران - خ سهروردی شمالی - هویزه غربی - پ ۹۲	۲۱۸۸۷۵۹۹۲۴
۵۱۳۷	شرکت صبا نیرو نگار	طراحی و نصب تاسیسات حفاظت کاتدی	تهران - انتهای بلوار فرحزاد - خ طاهر خانی - میلاد دوم غربی - پ ۲۲ ط ۴	۲۱۲۲۰۸۹۳۰۸
۵۱۳۸	شرکت کارسازان تفتان	خطوط انتقال نیروگاه های تولید برق و فلزات آلیاژسازی	تهران - خیابان سهروردی شمالی - خیابان خرمشهر - خیابان نویخت - برج نویخت طبقه ۱۱ واحد ۲۱	۰۲۱۸۸۵۱۰۲۷۹
۵۱۳۹	شرکت پایش صنعت نوین	طراحی و مهندسی خوردگی و حفاظت کاتدیک	تهران - خ خالداسلامبولی (وزرا) - خ ۱۴ - ط ۳ - ۴ کدپستی: ۱۵۱۱۷۶۸۱۱۵	۲۱۸۸۷۰۵۵۵۶
۵۱۴۰	موسسه تحقیقاتی امیرکبیر	مراکز تحقیقاتی آموزشی	خیابان ولیعصر - روبروی خ مطهری - خ فتحی شقایق - نیش خ جهان مهر - پلاک ۱۰۰ طبقه چهارم	۲۱۸۸۹۵۲۳۳۹
۵۱۴۱	شرکت رنگ الوان	تولید رنگ و رزین	تهران - میدان ۷ تیر - خ لطفی - پ ۱۵ - طبقه ۳	۰۲۱۸۸۸۴۷۴۴۴
۵۱۴۲	شرکت پارسی فام	تولید کننده رنگ های صنعتی حفاظتی	تهران - خیابان ملاصدرا - خیابان شیراز جنوبی - خیابان سامان - مجتمع پاسارگاد - طبقه اول ۳	۸۸۲۱۱۸۴۹
۵۱۴۳	مرکز تحقیقات مس سرچشمه	استخراج، اکتشاف، مراکز تحقیقاتی	رفسنجان مجتمع مس سرچشمه - امور تحقیقات و مطالعات - تهران - خ ولیعصر - پایین تر از پارک ساعی شماره ۱۰۹۱	۳۴۳۴۳۰۵۷۳۱
۵۱۴۴	شرکت گاز مازندران	خطوط و انتقال گاز	ساری - بلوار طالقانی - ص پ: ۸۹۱	۰۱۵۱۳۲۰۴۰۸۰
۵۱۴۵	پتروشیمی بندر امام (بسیاران)	پتروشیمی	ماهشهر - بندر امام خمینی پتروشیمی بسیاریان	۶۵۲۳۵۵۲۳۲۰
۵۱۴۸	طوبی تاک	طراحی و مهندسی - مرکز تحقیقاتی آموزشی	تهران - کارگر شمالی - روبروی پارک لاله - کوچه ارج - پلاک ۸	۲۱۸۸۸۱۱۹۳۴
۵۱۴۹	برنا الکترونیک	تولید تجهیزات، طراحی و اجرای سیستم های حفاظت کاتدیک	تهران - خ شرجایی - نرسیده به بیمارستان ۷ تیر - جنب زمین فوتبال / تهران - شهرک سئول - کوچه ۸ شرقی - پلاک ۷ - طبقه اول	۰۲۱۵۵۵۴۴۰۰۰
۵۱۵۳	پتروشیمی امیرکبیر	پتروشیمی	بندر امام - منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی - سایت ۴ - پتروشیمی امیرکبیر - اداره تحقیق و توسعه	۲۱۸۴۳۴۷۰۰۰
۵۱۵۶	شرکت پتروشیمی اراک	پتروشیمی، کارخانجات شیمیایی	تهران - خ ولی عصر - خیابان تابان غربی - پلاک ۶۸	۰۸۶ ۳۲۶۳۰
۵۱۵۸	پتروشیمی اصفهان	پتروشیمی - کارخانجات شیمیایی	اصفهان - کیلومتر ۵ جاده اصفهان - تهران - بلوار اختصاصی پتروشیمی	۳۱۳۳۹۳۲۷۰۱
۵۱۶۰	خدمات نفت و گاز آمن پارس	توزیع کننده انحصاری رنگ های صنعتی و دریایی آمرن - اجرای آمادگی سطح رنگ آمیزی صنایع سنگین پتروشیمی نفت و سیستم دریایی - روش اعمال خدمات مشاوره در زمینه خوردگی	تهران - خ اسدآبادی - شماره ۴۵۱ - کدپستی: ۱۴۳۴۷	۲۱۸۸۰۶۶۴۹۸

اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۱۶۱	رسوبگیری	مواد شیمیایی تصفیه و شرایط سازی آب	تهران - خیابان میرزای شیرازی شمالی - بالاتر از مطهری - کوچه عرفان پلاک ۲۸ - کدپستی: ۱۵۸۶۷۱۳۷۱۳	۰۲۱۸۸۱۰۶۱۱۰
۵۱۶۳	مهندسین مشاور ناموران	مشاوره مهندسی برق	تهران قیطریه شمالی - خ ش خراسانی - پلاک ۷-	۲۱۲۲۳۱۶۲۰
۵۱۶۴	تراویس ایران	تولید مواد شیمیایی ویژه صنایع (بخصوص نفت، گاز، پتروشیمی)	تهران - خ ولی عصر - روبروی درب اصلی پارک ساعی - جنب بانک ملت - طبقه دوم - پلاک ۲۲۸۲	۲۱۸۸۷۳۳۰۲۰
۵۱۶۵	فولاد خوزستان	تولید انواع شمش های بیل، بلوم و اسلب، تغذیه و تبدیل به ورق و فولاد ساختمانی	اهواز - کیلومتر ۱۰ بندرامام	۶۱۳۲۹۰۸۰۰۰
۵۱۶۸	سیماب رزین	تولید رزین اکریلیک	تهران - خیابان ملاصدرا - خ شیراز جنوبی - کوچه فلاحتی - پ ۲۶ - واحد ۶ - ص پ: ۱۴۱۵۵-۱۵۸	۲۱۸۸۲۱۱۲۱۶
۵۱۷۰	انرژی سمنان	کارخانجات شیمیایی	تهران - خ آفریقا - کوچه گلغام شماره ۶۰ واحد ۳۹	۲۱۲۲۰۴۸۶۶۰
۵۱۷۳	نارگان	طراحی مهندسی در زمینه نفت گاز و پتروشیمی و سایر صنایع	تهران - خ طالقانی - روبروی هلال احمر - جنب بانک پاسارگاد - شماره ۱۱ ساختمان مرکزی شرکت نارگان	۰۲۱۸۸۹۱۴۹۲۶
۵۱۷۴	شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده های نفتی ایران	پالایش و پخش	تهران - خیابان طالقانی - روبروی بنیاد شهید - نبش کوچه کاشفی - ساختمان مرکزی دوم - طبقه اول - اداره بازرسی فنی و نظارت / تهران - خ طالقانی - خ ورشو - جنب پارک ورشو - ساختمان غدیر - پلاک ۴ - طبقه ۴	۲۱۶۱۶۹۳۳۱
۵۱۷۶	شرکت فولاد خراسان	تولید انواع شمش های بیل، بلوم و اسلب، تغذیه و تبدیل به ورق و فولاد ساختمانی	تهران - میدان ولیعصر - روبروی سینما استقلال - شرکت ملی فولاد - طبقه ۴ - برج شمالی - اتاق ۴۱۰	۵۵۱۰۲۴۳۲۱۰
۵۱۷۹	شرکت پالایش نفت لاوان	پالایش	شیراز - ص پ: ۷۱۳۶۵-۵۶۸	۷۱۳۲۳۴۹۹۲۶
۵۱۸۰	شرکت ابداع گران پدیده	پالایش - پتروشیمی - خطوط لوله و انتقال - طراحی و مهندسی	تهران - پاسداران - میدان هروی - خیابان شهید موسوی - خیابان ضابطی - نبش خیابان غیائی - پلاک ۴۰ - طبقه دوم - کدپستی: ۱۶۶۷۸۴۶۱۱	۰۲۱۲۲۹۷۳۸۹۰
۵۱۸۵	شرکت ملی و مهندسی ساختمان نفت ایران	خطوط انتقال لوله - شرکت های طراحی و مهندسی	تهران - خیابان سپهبد قری - روبروی داده پردازی ایران - شرکت ملی و مهندسی ساختمان نفت ایران -	۲۱۸۸۱۷۸۸۴۴۰
۵۱۸۶	شرکت پدید آب سپاهان	خطوط لوله و انتقال	اصفهان - خیابان اردیبهشت شمالی - نرسیده به مخابرات - کدپستی: ۸۱۳۵۸۵۳۱۶۴	۰۳۱۳۲۳۵۲۴۶۷
۵۱۸۸	شرکت مهندسی خوردگی کیا	پوشش های محافظتی ضد خوردگی	تهران - سعادت آباد - بلوار دریا - خیابان موج - کوچه عسکری - پلاک ۳۳	۰۲۱۲۲۵۳۰۵۵
۵۱۸۹	شرکت تکین کو	نفت، گاز و پتروشیمی - بازرسی فنی و کنترل خوردگی تست های غیر مخرب	تهران - ص پ: ۱۵۷۴۵۸۷۶ - تهران - خ مطهری - خ کوه نور نبش کوچه پنجم - پ ۱۸ - واحد ۱۱	۰۲۱۸۸۷۴۱۰۲۷
۵۱۹۰	شرکت مدیریت تولید نیروگاه های گازی جنوب غرب آبادان	نیروگاه های گازی	آبادان - ۹ کیلومتری جاده ماهشهر - ص پ: ۶۷۳	۶۳۱۴۴۴۵۲۲
۵۱۹۶	خطوط لوله و مخابرات نفت ایران	صنایع نفت	تهران - خ سپهبد قری - بالاتر از تقاطع خ اراک شرکت خطوط لوله و مخابرات - مرکزی دوم - ط ۷ - پ ۱۸۸	۲۱۸۸۸۰۱۸۰۷
۵۱۹۷	پژوهشگاه صنعت نفت	صنایع نفت	تهران - ضلع غربی استادبوم آزادی	۲۱۴۸۲۵۹
۵۱۹۸	شرکت کوشا بسپار جنوب	طراحی و مهندسی	اهواز - ۲۴ متری - فلکه شهدا - خ شهید عابدی - جنب سینما شاهد - مجتمع ساحل - ط ۴ واحد ۷	۶۱۳۲۹۲۲۶۱۰
۵۱۹۹	شرکت شاردین آفرین	پتروشیمی	تهران - پایین تر از همت - خیابان توانیر - شماره ۱۷ - طبقه چهارم - واحد ۱۵	۸۸۷۸۷۲۱
۵۲۰۴	نیروگاه سازند اراک	مدیریت تولید نیرو	کیلومتر ۲۵ جاده اراک سازند - مقابل پالایشگاه - نیروگاه حرارتی سازند صندوق پستی: ۳۸۶۱۵-۱۶۵	۸۶۳۸۲۶۲۰۰۰
۵۲۰۷	شرکت مدیریت تولید برق کرمان	نیروگاه های تولید برق فلزات و آلیاژ سازی، اکتشافات، تولید و بهره برداری	کرمان - کیلومتر ۳ جاده باغی، رفسنجان	۰۳۴۲۵۲۱۲۲۱

اعضای حقوقی انجمن خوردهای ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۲۰۸	شرکت مدیریت تولید برق یزد	نیروگاههای تولید برق فلزات و آلیاژسازی	یزد - جاده اختصاصی فولاد آلیاژی - نیروگاه سیکل ترکیبی / صندوق پستی: ۳۶۵-۸۹۱۷۵	۰۳۵۳۷۲۵۲۰۸۳
۵۲۱۱	شرکت مدیریت تولید برق طوس	مدیریت تولید نیرو	مشهد - کیلومتر ۱۵ جاده قوچان	۰۵۱۳۵۴۲۱۸۰۵
۵۲۱۲	شرکت پلی اکریل ایران	تولید الیاف مصنوعی	اصفهان - ۴۵ کیلومتری جاده اصفهان مبارکه - کدپستی: ۴۴۱۵ صندوق پستی: ۱۶۶۸ و ۴۴۱۵	۳۱۳۳۳۲۵۴۰۰
۵۲۲۱	شرکت گاز استان اردبیل	گازرسانی	اردبیل - میدان بسیج - شرکت گاز استان اردبیل	۴۵۳۳۷۴۳۸۰
۵۲۲۴	شرکت پتروشیمی برزویه	پتروشیمی	بوشهر - منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس - صندوق پستی: ۷۵۳۹۱-۱۱۵	۰۷۷۲۷۳۲۳۲۵۰
۵۲۲۵	شرکت بازرسی کیفیت و استاندارد ایران	خدمات فنی و مهندسی و مشاوره آموزشی	تهران - خیابان کارگر شمالی - روبروی دانشکده اقتصاد - پلاک ۱۸۴۷	۲۱۸۸۰۲۰۳۴۳
۵۲۲۶	شرکت پتروشیمی تندگویان	پتروشیمی	ماهشهر - منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی سایت ۴ -	۰۲۱۸۸۸۹۵۱۱
۵۲۲۷	شرکت پالایش نفت شیراز	پالایش	شیراز - ۲۲ کیلومتری جاده شیراز اصفهان - شرکت پالایش نفت شیراز	۰۷۱۳۸۱۷۱۰۰۰
۵۲۲۸	شرکت پالایش نفت تبریز	پالایش	تبریز - جاده سردرود - شرکت پالایش نفت تبریز	۴۱۳۴۲۰۵۵۷۰
۵۲۳۱	شرکت پالایش نفت تهران	پالایش	تهران - جاده قدیم قم - کدپستی: ۱۸۷۹۹۱۳۱۱۱ - صندوق پستی: ۱۸۷۳۵-۴۱۷۳	۲۱۶۱۶۲۳۳۱۰
۵۲۳۲	شرکت پالایش نفت اصفهان	پالایش	اصفهان - کیلومتر ۵ جاده اصفهان به تهران - شرکت پالایش نفت اصفهان صندوق پستی: ۸۱۴۶۵-۴۱۵	۳۱۳۳۸۰۲۷۲۷
۵۲۳۳	شرکت پالایش نفت آبادان	پالایش	آبادان - شرکت پالایش نفت آبادان	۶۱۵۳۳۰۲۳۴۸
۵۲۳۴	شرکت پالایش نفت کرمانشاه	پالایش	کرمانشاه - بلوار شهید بهشتی - روبروی پارک شاهد - شرکت پالایش نفت کرمانشاه	۸۳۳۱۲۷۲۰۰۰
۵۲۳۵	شرکت کند و کاو انرژی پارس	مراکز آموزشی - شرکتهای طراحی مهندسی - خطوط لوله و انتقال - پتروشیمی - پالایش - اکتشافات، تولید و بهره‌برداری - نیروگاههای تولید برق فلزات و آلیاژسازی	تهران - خیابان شیخ بهایی جنوبی - بلوار آزادگان - خیابان ۲۱ شرقی - اول خیابان دبستان - پلاک ۳۴ - طبقه اول	۰۲۱۸۸۳۳۸۹۵
۵۲۳۷	شرکت مدیریت تولید برق جنوب فارس	-	شیراز - خیابان مشیرنو - سه راه برق صندوق پستی: ۷۱۸۵۵-۵۱۸	۷۱۳۳۳۰۹۹۲۰
۵۲۳۸	شرکت پالایش نفت بندرعباس	پالایش	بندرعباس - شرکت پالایش نفت بندرعباس - صندوق پستی: ۷۹۱۴۵-۳۱۸۴	۰۷۶۳۳۵۶۴۱۸۰
۵۲۴۰	شرکت پتروشیمی بوعلی	پتروشیمی	بندرامام خمینی - منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی - سایت ۴ - صندوق پستی: ۱۱۱ -	۲۱۸۸۸۲۰۰۲۲
۵۲۴۲	شرکت تولیدی و شیمیایی رنگ روناس	تولید کننده رنگ و رزین	تهران - خیابان قائم مقام ساختمان ۱۱۳ - پلاک ۹۵ طبقه اول - شرکت تولیدی و شیمیایی روناس	۰۲۱۸۸۳۰۷۲۴۹
۵۲۴۴	شرکت شیمیایی رنگ سمن	کارخانجات شیمیایی	تهران - خ - مطهری - مقابل خیابان سنایی - شماره ۲۶۷	۲۱۸۸۷۲۷۰۷۰
۵۲۴۵	شرکت پارس آب تدبیر	نظارت و اجرا در زمینه آب و فاضلاب	تهران - خیابان کارگر شمالی - خیابان نصرت - بین خیابان کارگر و جمالزاده - پلاک ۳۶	۰۲۱۶۶۹۳۷۳۹۹
۵۲۴۶	شرکت گاز استان اصفهان	خطوط لوله و انتقال، شرکتهای طراحی و مهندسی	اصفهان - چهارباغ بالا، روبروی مجتمع تجاری پارک - ساختمان سوم گاز - طبقه سوم - خدمات مهندسی - مهندسی حفاظت کاتدی - جناب آقای مهندس سلیمانی صندوق پستی: ۶۶۴-۸۱۶۵۵	۰۳۱۳۴۲۷۱۰۳۱
۵۲۴۷	شرکت ماشین سازی اصفهان	نیروگاه - پتروشیمی آلیاژسازی و مخازن - فولاد و سیمان	تهران - میدان آرژانتین - خیابان لوند - کوچه سی و یکم - پلاک ۴۸	۰۲۱۸۸۷۷۸۹۱۲
۵۲۴۸	شرکت بهریزان	صنایع ساختمانی	تهران - میدان حسن آباد - خیابان امام خمینی - نرسیده به خیابان استخر - پلاک ۲۳۴ طبقه دو	۲۱۶۶۷۱۹۳۳۰
۵۲۴۹	شرکت پالایش نفت اراک	پالایش نفت	اراک - کیلومتر ۲۰ جاده اراک بروجرد	۲۱۶۱۶۲۳۷۷۲
۵۲۵۱	شرکت مهندسان مشاوره سازه	نفت، گاز و پتروشیمی	تهران - خیابان بهشتی - خیابان سرافراز - شماره ۳۱ کد پستی: ۱۵۸۷۶۸۳۱۳۳ - خانم زاهدپور	۲۱۸۸۷۳۹۹۲۴
۵۲۵۴	شرکت سوت ماشین	خطوط لوله و انتقال استیل صنایع غذایی، طراحی و مهندسی، صنایع ساخت تجهیزات صنعتی و کشاورزی، کارخانجات صنایع غذاسازی	تهران - بلوار میرداماد - بعد از پل مدرس - شهید ۱۷۴ - برج آرین - طبقه ۸ شرقی - واحد ۳۱	۰۲۱۲۳۲۵۶۲۵۷

اعضای حقوقی انجمن خورده‌گی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۲۵۵	شرکت صنایع رنگ بوزان رزین	تولید کننده رنگ و رزین	تهران - خیابان فاطمی - پلاک ۲۰۱ - طبقه ۳ - واحد ۸	۲۱۸۸۹۶۳۵۸۸
۵۲۶۰	شرکت تولید و رنگ‌سازی اورانوس	تولید کننده رنگ و رزین	تهران - خیابان ولیعصر - خیابان زرتشت غربی - روبروی بیمارستان مهر - پلاک ۹۷ - طبقه سوم	۲۱۸۸۹۶۰۲۶۴
۵۲۶۱	شرکت راستا پوشش	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - نیروگاه‌های تولید برق	تهران - خیابان شریعتی - خواجه نصیرطوس - نبش - خیابان مقدم - پلاک ۲۹۴ - واحد ۴	۲۱۷۷۵۲۵۵۶۷
۵۲۶۲	نفت و گاز پارس		تهران - خیابان فاطمی - نبش پروین اعتصامیه - شرکت نفت و گاز پارس - پلاک ۱۳۳	۰۲۱۸۸۹۶۶۰۳۱
۵۲۶۵	شرکت پالایش گاز فجر جم	پالایش نفت و گاز	بوشهر - جم - شرکت پالایش گاز فجر جم - کدپستی: ۷۵۵۶۱۵۶۸۶۴	۰۲۱۸۸۹۶۶۰۳۱
۵۲۶۶	شرکت پتروشیمی کرمانشاه	پتروشیمی	کرمانشاه - کیلومتر ۴ جاده هرسین - پل چهر - کیلومتر ۴ جاده کمربندی شهید شفیعی - شرکت ملی صنایع پتروشیمی کرمانشاه دفتر تهران - ونک خیابان ملاصدرا - خ شیخ بهایی شمالی - کوچه سلمان - پ ۱۴	۰۲۱۸۸۲۱۱۳۲۱
۵۲۶۹	شرکت دریا پالا انرژی	پالایش نفت و گاز، پتروشیمی، شرکتهای طراحی و مهندسی، مهندسین مشاور، نظارت و اجرا، تصفیه آب و غیره	تهران - خیابان میرداماد - خیابان شمس تبریزی جنوبی - کوی مریم - پلاک ۱۷	۲۱۲۲۹۱۱۳۹۰
۵۲۷۰	شرکت رنگ فیروزه شیراز	تولید کننده رنگ و رزین	شیراز - شهرک صنعتی بزرگ فاز دوم - خیابان ۴۱۳ - کدپستی: ۷۱۵۸۱-۸۵۴۸۸	۷۱۳۷۷۴۴۷۰۰
۵۲۷۵	شرکت پرشین فام صنعت	تولید کننده رنگ و رزین - نمایندگی شرکتهای خارجی	تهران - خیابان خرمشهر - خیابان عربعلی - کوچه ۱۶ - پلاک ۱۸ - واحد یک و دو	۸۸۷۶۴۴۶۶
۵۲۷۷	شرکت سبلان هیدرو شیمی	تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - نمایندگی شرکتهای خارجی	تهران - اتوبان همت - خیابان شیراز جنوبی - خیابان یاس - پلاک ۶ - واحد ۷	۰۲۱۸۸۶۱۴۷۹۸
۵۲۸۹	شرکت گاز استان آذربایجان شرقی	خطوط لوله و انتقال	تبریز - خیابان آزادی - حد فاصل چهارراه لاله و خیابان رسالت - کد پستی: ۵۱۷۳۸۶۵۹۵۹	۰۴۱۳۴۴۴۸۰۸۱
۵۲۹۱	منطقه ۹ عملیات انتقال گاز	شرکت گاز	ساری - بلوار امیرمازندرانی - روبروی بیمارستان امام خمینی	۱۱۳۳۳۵۷۱۸۷
۵۲۹۳	رادین گستر سینا	ارایه دستگاه رسوب‌زدایی الکترونیکی - طراحی و مهندسی - نمایندگی شرکتهای خارجی	تهران - خیابان سهروردی شمالی - نبش کوچه باسقی - پلاک ۳۶۸ - درب جنوبی - واحد یک	۲۱۸۸۵۲۷۷۷۹
۵۲۹۷	شرکت معدنی صنعتی گل گهر	-	سیرجان - کیلومتر ۶۰ جاده شیراز - شرکت سنگ آهن گل گهر	۳۴۵۲۲۹۰۰۱
۵۳۰۰	شرکت آذرانرزی تبریز	شرکتهای طراحی و مهندسی، اکتشافات، تولید و بهره برداری، پالایش نفت و گاز، کارخانجات شیمیایی	تبریز - میدان جهاد - روبروی مخابرات - کوی تبریزنو - بن بست مقدم - پلاک ۳	۴۱۳۴۴۱۴۵۳۳
۵۳۰۴	شرکت پتروشیمی زاگرس	پتروشیمی	بوشهر - منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس - عسلویه - شرکت پتروشیمی زاگرس - صندوق پستی: ۳۶۴/۷۵۳۹۱	۰۷۲۷۲۳۲۳۳۰ داخلی ۱۰۰۱
۵۳۰۶	شرکت پتروشیمی مارون	پتروشیمی	تهران - شهرک غرب - میدان صنعت - خیابان سیف - کوچه هفدهم - پلاک ۲ - کدپستی: ۱۴۶۶۸۸۳۸۵۵	۰۲۱۸۸۶۷۵۹۸۱
۵۳۰۷	مرکز علوم و تکنولوژی هایتک	علمی آموزشی	کرمان - انتهای اتوبان هفت باغ - مرکز علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی - پژوهشکده مواد	-
۵۳۰۹	شرکت آریا اس جی اس	پالایش و پخش و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - صنایع دریایی - کارخانه‌های شیمیایی - استخراج نفت و گاز - تولید فولاد - کارخانه صنایع چوب و کاغذ - صنایع خودروسازی - خطوط لوله و انتقال - حمل و نقل ریلی - صنایع ساختمانی شامل فلزی و بتونی - صنایع و تجهیزات پزشکی - تولید کنندگان رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - نمایندگی‌های شرکت‌های خارجی - و مهندسین مشاور و نظارت اجرا	تهران - میدان توحید - خیابان نصرت غربی - پلاک ۱۹	۲۱۶۶۴۳۴۶۷

اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۳۱۴	دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول	علمی آموزشی	دزفول - کوی آزادگان - بلوار دانشگاه - ص پ: ۳۱۳	۰۶۴۱۶۲۶۰۶۰۱
۵۳۱۶	شرکت پتروشیمی پارس	پتروشیمی	بوشهر - منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارسکدپستی: ۷۵۳۹۱۴۶۴۸۴	۷۷۲۷۲۶۳۸۸۰
۵۳۱۷	شرکت پتروشیمی خوزستان	پتروشیمی	بندر امام خمینی - منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی - پتروشیمی خوزستان	۰۶۱۵۲۱۷۰۰
۵۳۲۰	شرکت آزمون فولاد	ارایه خدمات مهندسی مشاور نظارت و اجرا - آزمایشگاه خوردگی متالورژی، بازرسی فنی - آزمایشهای غیرمخرب متداول و پیشرفته فلزی، جوش - آموزش	اصفهان - خیابان محتشم کاشانی - پلاک ۱۱۰ - ساختمان آزمون فولاد -	۳۱۳۶۲۵۹۳۹۴
۵۳۲۱	شرکت پتروشیمی جم	پتروشیمی	بوشهر - شهرستان کنگان - منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی (عسلویه) سایت پتروشیمی - صندوق پستی: ۷۵۴۹۱-۴۱۵ - مدیریت آموزش	۷۷۲۷۲۳۳۴۶
۵۳۲۲	شرکت دریا رنگ اصفهان	صنایع رنگ و رزین	اصفهان - خیابان گلخانه - میدان گلها - کوچه بهاران شرقی - پلاک ۴	۳۱۳۴۴۲۴۶۸۰
۵۳۲۳	شرکت خبرگان بین المللی تهران (تایکو)	صنایع ساختمانی شامل فلزی و بتونی - صنایع دریایی شامل سکوکشتی - کارخانه شیمیایی - پتروشیمی	تهران - میدان توحید - خیابان نیایش شرقی - پلاک ۱۰ - طبقه سوم - واحد ۱۱	۲۱۶۶۱۲۲۵۳۳
۵۳۲۴	شرکت صنعتی مارون پوشش ایرانیان	صنایع رنگ و رزین	تهران - ستارخان - بین خیابان اسدی و خسرو - پاساژ مروارید - طبقه سوم - واحد ۳۳	۲۱۴۴۲۵۰۳۶۶
۵۳۲۵	شرکت بازرسی فنی ایرانیان	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - کارخانه شیمیایی - خطوط لوله و انتقال - صنایع ساختمانی - صنایع رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی	تهران - میدان فاطمی - خیابان جویبار - پلاک ۲۵	۰۲۱۸۸۸۹۴۵۱۶
۵۳۲۷	شرکت نیک محضر اسپادانا	تولیدکننده و مجری پوشش های ضد خوردگی سطوح خارجی و داخلی لوله های فولادی خطوط انتقال نفت، گاز، پتروشیمی و آب	اصفهان - کیلومتر ۳۵ جاده اصفهان، آیین - شهرک صنعتی سکر - فاز دوم - خیابان هفتم - آخرین کارخانه - سمت چپ - شرکت نیک محضر اسپادانا	۳۱۴۶۴۱۲۷۲۲
۵۳۲۸	دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت	مراکز آموزشی - مراکز تحقیقات	فارس مرودشت - کیومتر ۳ جاده تخت جمشید - دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت	۷۲۸۳۳۱۱۷۵۰
۵۳۳۱	شرکت زاگرس تطبیق کالا	پالایش و پخش و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - صنایع دریایی - کارخانه های شیمیایی - تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - کارخانه صنایع چوب و کاغذ - صنایع خودرو سازی - صنایع دفاعی - صنایع ساختمانی شامل فلزی و بتونی - صنایع و تجهیزات کشاورزی - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - بازرسی فنی و بازرسی کالا	تهران - صادقیه - خیابان آیه الله کاشانی - روبروی بانک دی و سرمایه - پلاک ۲۶۶ -	۲۱۴۴۰۹۹۶۹۱
۵۳۳۲	شرکت خود رنگ	کارخانجات شیمیایی	اصفهان بوستان سعدی - ساختمان خودرنگ طبقه ۲ - تهران بالاتر از میدان ولی عصر - روبروی استاد مطهری - خ فتحی شقایق - ساختمان شماره ۱۲ - طبقه چهارم	۰۳۱۳۶۲۵۱۵۱۱
۵۳۳۳	شرکت ایمن پرتو	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - کارخانه شیمیایی - صنایع دریایی - استخراج نفت و گاز - تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - تولید فولاد - کارخانه صنایع چوب و کاغذ - خطوط لوله و انتقال - صنایع و تجهیزات پزشکی - مراکز آموزشی	اصفهان - خیابان شمس آبادی - چهارراه قصر - ساختمان شمس - واحد ۱۰۸	۳۱۳۲۲۰۷۹۲۳
۵۳۳۴	شرکت طراحی و مهندسی صنایع انرژی	پالایش نفت و گاز - شرکت طراحی و مهندسی	تهران - پاسداران - نرسیده به میدان نوبنید - کوهستان دوم - پلاک ۳	۲۱۲۲۵۸۲۵۶۹

اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۳۳۷	صبا شیمی آریا	صنایع رنگ و رزین	تهران - خیابان شریعتی - خیابان ظفر - خیابان مهر - خیابان مطهری شمالی - خیابان خورشید - بن بست سعید - پلاک ۱	۲۱۲۶۴۰۰۵۴۶
۵۳۳۸	شرکت رنگ جوتن	صنایع رنگ و رزین	تهران - پارک وی - خیابان فرشته - کوچه هستی - پلاک ۱۸ - طبقه دوم - واحد ۱۲	۲۱۲۶۲۰۷۲۹۹
۵۳۳۹	شرکت شیمی آذر جام	طراحی و ساخت تجهیزات مقاوم به خوردگی گلاس لایند و فلوروپلیمر لایند PTFE, PFA, FEP, ECTFE که شامل انواع راکتور - مخازن - مبدل های حرارتی - برج های شیمیایی - لوله و اتصالات	تهران - میدان توحید ابتدای ستارخان - بن بست لادن - پلاک ۳ - واحد دو	۰۲۱۶۶۹۱۲۴۳۵
۵۳۴۰	شرکت تولید بازرگانی نیاشیمی	پالایش نفت و گاز - استخراج نفت و گاز - پتروشیمی - خطوط لوله و انتقال - صنایع رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - شرکت طراحی و مهندسی	تهران - سهروردی شمالی - بالاتر از آپادانا - خیابان توپچی - پلاک ۱۶	۲۱۸۸۷۳۷۲۲۸
۵۳۴۱	شرکت ایبک	پتروشیمی - خطوط لوله و انتقال - صنایع رنگ و رزین	تهران - ملاصدرا - برج ونوس - طبقه ۸ - واحد ۱۵	۲۱۸۸۶۱۳۷۳۲
۵۳۴۲	شرکت رنگ مکت	پالایش نفت و گاز - استخراج نفت و گاز - پتروشیمی - خطوط لوله و انتقال صنایع رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - شرکت طراحی و مهندسی - همه موارد	تهران - خیابان آزادی - غرب دانشگاه صنعتی شریف - کوی صادقی - پلاک ۲۶ - واحد ۱۵	۲۱۶۶۰۶۴۸۶۸
۵۳۴۳	شرکت فرانکر زرفام	پالایش نفت و گاز - تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - صنایع خودرو سازی - خطوط لوله و انتقال - شرکت طراحی و مهندسی	جاده کهنز - بعد از سه راهی اسدآباد - کوی کشاورزان - پلاک ۱۳	۲۱۶۵۶۸۳۸۵۸
۵۳۴۴	شرکت مهندسی و بازرسی فنی مخازن آلیاژ دار	پتروشیمی - مراکز آموزشی - بازرسی فنی انواع مخازن تحت فشار - آزمایشگاه ذیصلاح آزمون انواع تیرآلات فولاد کلاس دو و تست دوره ای انواع کیسول های فشار بالا	تهران خیابان سهروردی شمالی - خیابان هویزه غربی - پلاک ۱۱۸	۸۸۷۶۱۶۹۶
۵۳۴۵	شرکت کراپ ایران	کارخانه شیمیایی - تولید روانسازهای خودرویی (شیمیایی و روغنی)	تهران - سهروردی شمالی - خیابان توپچی - پلاک ۲۲	۲۱۸۸۵۰۰۷۲۰
۵۳۴۶	شرکت مهندسین مشاور انرژی گستر	خطوط لوله و انتقال - شرکت طراحی و مهندسی	تهران - خیابان نجات الاهی - کوچه خسرو - پلاک ۵۶	۲۱۸۸۹۲۷۲۴۴
۵۳۴۷	شرکت مهندسی فن آوری شیمی جهانی	کارخانه شیمیایی - تولید و فروش مواد شیمیایی بازاریارنده خوردگی و رسوب جهت صنایع مختلف	تهران - خیابان آفریقا - بالاتر از جهان کودک شماره ۷۲ (برج امیر پرویز) طبقه ۹	۰۲۱۲۲۸۴۱۹۰۲
۵۳۴۸	شرکت ساختمانی راه سازی مکران	راه سازی و عمران	زاهدان - خیابان امام خمینی غربی امام خمینی ۶۲ - پلاک ۶۰ - شرکت ساختمانی راه سازی مکران	۵۴۳۳۵۱۷۹۷۶
۵۳۴۹	شرکت قطعه پوشش کار		تهران - شهران - کوهسار - مجتمع مسکونی صنعت نفت OPG - فراز ۸ - بلوک ۷ - واحد پنجم شرقی	۹۱۲۳۵۰۴۰۶۴
۵۳۵۰	پنام گویان امرتات (پی جی پارس)	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق کارخانه شیمیایی - صنایع دریایی - استخراج نفت خطوط لوله و انتقال - صنایع دفاعی - صنایع رنگ - تجهیزات پایش - مراکز آموزشی و تحقیقاتی - طراحی و مهندسی - اجرا و طراحی سیستم حفاظت کاتدی و مانتورینگ و تولید ترانس کرتی فایر	تهران - ستارخان - برق آلتوم - نبش جهانی نسب - پلاک ۱ - واحد ۴۱	۲۱۴۴۲۸۱۳۹۸
۵۳۵۲	کارخانه گالوانیزه گرم ارك نوین	گالوانیزه گرم - انواع تجهیزات و سازه های فولادی و چدنی - صنایع نفت، گاز، پتروشیمی - برق و تاسیسات	استان تهران - شهرک صنعتی شمس آباد - بلوار نگارستان - خیابان آبان - کوچه آبان ۳ - قطعه ۱۷۹	۰۲۱۵۶۲۳۱۸۴۷

اعضای حقوقی انجمن خورده‌گی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۳۵۳	شرکت پتروآریوبان لیو	تجهیزات پایش و کنترل خوردگی، شرکت طراحی و مهندسی، سایر فعالیتها	جاده مخصوص کرج - بلوار شیشه مینا - شهرک فرهنگیان - بلوک ۸۸ - واحد ۴	۰۲۱۴۴۵۴۱۴۹۷
۵۳۵۴	شرکت صنایع بهداشتی ساین	کارخانه شیمیایی	بزرگراه فتح - کیلومتر ۸ - شرکت پاکسان شرکت صنایع بهداشتی ساین	۲۴۳۵۲۶۲۵۰۰
۵۳۵۵	شرکت تولید لوله و پوشش سلفجگان	خطوط لوله و انتقال - اجرای پوشش خطوط لوله و انتقال	تهران - خیابان آفریقا - بعد از پل میردامادکوچه عمدی - پلاک ۴	۳۱۸۱۷۳۱۳۴
۵۳۵۶	شرکت جهان عایق پارس	تولید کننده انواع عایق	اصفهان- نجف آباد - شهرک صنعتی منتظریه - خیابان ۱۰۱ - پلاک ۱۲	۳۱۴۳۲۹۰۶۷۷
۵۳۵۷	شرکت پوشش لوله کیوان جاوید	خطوط لوله و انتقال - اجرای پوشش خطوط لوله و انتقال	اصفهان - کیلومتر ۲۵ جاده ناین - روبروی کارخانه لوله‌سازی اسپرال - شرکت پوشش لوله کیوان جاوید	۰۳۱۳۷۸۶۶۲۱۲
۵۳۵۸	شرکت پاک گستر پرند	نماینده‌گی شرکت‌های خارجی	تهران - کوی نصر - خ کارگری (۲۹) - پلاک ۶۱ - طبقه همکف	۸۱۳۴۷۷۵۳
۵۳۵۹	شرکت سرمدطب	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - کارخانه شیمیایی - نیروگاه تولید برق - صنایع دریایی - استخراج نفت و گاز - تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - خطوط لوله و انتقال - اکتشافات، تولید و بهره‌برداری - صنایع رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - مراکز آموزشی - مراکز تحقیقاتی - نمایندگی شرکت‌های خارجی	تهران - شمال به جنوب بزرگراه کردستان - خیابان بیستم (ابطحی) - نیش بلوار آزادگان - پلاک ۱۱ - کد ۱۳۳۷۶۴۵۶۸۱	۲۱۸۸۸۰۱۱۰۲
۵۳۶۰	مجموعه آزمایشگاه، کنترل خوردگی و شرکت بازرسی سیناآزمای بندر	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - تولید فولاد - خطوط لوله و انتقال - صنایع ساختمانی شامل فلزی و بتونی - مراکز آموزشی - مراکز تحقیقات - شرکت طراحی و مهندسی	بندرعباس - شهرک صنعتی شماره یک - انتهای خیابان اصلی - واحد n8	۰۷۶۳۳۵۶۲۰۴۸
۵۳۶۱	شرکت رایان پتروآزمون	ارایه خدمات بازرسی	تهران - میدان فاطمی - خ جویبار - پلاک ۲۵ - طبقه دوم	۲۱۸۸۸۹۵۱۰۳
۵۳۶۲	شرکت تولیدی صنعتی گیتی آسا	صنایع رنگ و رزین	اصفهان - کیلومتر ۵ بزرگراه آزادگان - مقابل پالایشگاه - خ ۲۳ / تهران - میدان جمهوری - خیابان نواب - برج گردون شرقی - قسمت شمالی - ط نهم - شماره ۹۰۲	۰۳۱۰۲۱۶۶۳۸۳۰۶۱ ۳۳۸۰۲۱۹۷
۵۳۶۳	شرکت رنگسازی بینالود	صنایع رنگ و رزین	تهران - بلوار آفریقا - خ دیدار شمالی - پ ۵ - واحد ۱۳	۰۲۱۸۸۷۸۶۱۸۴
۵۳۶۴	شرکت غرب پیشرفت	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - صنایع دریایی - خطوط لوله و انتقال - صنایع دفاعی - صنایع رنگ و رزین - نمایندگی شرکت‌های خارجی	تهران - خیابان گاندی جنوبی - خیابان ۱۷ - پلاک ۱۶ - واحد ۲۰	۸۸۸۲۴۱۸
۵۳۶۵	شرکت فن آوران اطلس انرژی	تجهیزات و پایش خوردگی - مراکز آموزشی - مراکز تحقیقات - نمایندگی شرکت‌های خارجی - شرکت طراحی و مهندسی	تهران - خیابان ولیعصر - خیابان فتحی شقایق - نرسیده به میدان سلماس پلاک ۱۱۳ - طبقه سوم - واحد ۶	۰۲۱۸۸۶۳۷۴۰۰
۵۳۶۶	شرکت بازرسی مهندسی و صنعتی ایران	بازرسی شخص ثالث	تهران - خیابان ولیعصر - بالاتر از تقاطع میرداماد - بلوار اسفندیار - پلاک ۵۴	۰۲۱۸۸۷۷۸۸۹۲
۵۳۶۷	شرکت گاز سرخون و قشم	پالایش نفت و گاز	بندرعباس - رو به روی پلیس راه میناب - بندرعباس - فرعی سمت راست - شرکت پالایش گاز سرخون و قشم - کدپستی: ۷۹۱۵۹۹۶۴۸۹	۰۷۶۳۳۲۱۹۲۵۶۰
۵۳۶۸	شرکت دلتا صنعت شریف	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - کارخانه شیمیایی - صنایع دریایی شامل سکوه کشتی و ... - استخراج نفت و گاز - کارخانه صنایع چوب و کاغذ - تولید فولاد - تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - صنایع خودروسازی - حمل و نقل دریایی - خطوط لوله و انتقال - صنایع دفاعی - اکتشافات تولید و بهره‌برداری - صنایع رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - مراکز آموزشی - نمایندگی شرکت‌های خارجی	تهران - خیابان مطهری - حداثا فصل سهروردی و شریعتی - پلاک ۵۲ - واحد ۹	۸۶۰۲۰۰۵۱-۴
۵۳۶۹	شرکت پارس صنعت کیمند	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - صنایع دریایی شامل سکوه کشتی و ... - استخراج نفت و گاز - صنایع خودروسازی - حمل و نقل ریلی - خطوط لوله و انتقال - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - نمایندگی شرکت‌های خارجی	تهران - خیابان ولیعصر - نرسیده به میدان فاطمی - ساختمان ۲۱ - طبقه سوم	۸۸۹۶۱۴۱۴
۵۳۷۰	شرکت پوشش صنعت الوان	نیروگاه تولید برق - کارخانه شیمیایی - استخراج نفت و گاز - تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - کارخانه صنایع چوب کاغذ - صنایع و تجهیزات پزشکی - صنایع ساختمانی شامل فلزی و بتونی - صنایع دفاعی - خطوط لوله و انتقال - حمل و نقل ریلی - صنایع خودروسازی - صنایع رنگ و رزین - مراکز آموزشی - مراکز تحقیقات	تهران - فلکه دوم صادقیه - بلوار اشرفی اصفهانی - نیش کوچه وحدتی - پلاک ۴۷ - طبقه اول - واحد ۴۲ کدپستی: ۱۴۶۱۷۳۳۶۹۳	۰۲۱۴۴۲۷۳۶۱۸

Iranian Corrosion Association at a Glance

History: Founded in 1993, Iranian Corrosion Association (ICA) aimed at the propagation of metals corrosion and protection significance and has gathered corrosion scientists and engineers. It holds technical congresses, delivers one-day technical seminars and presents specific courses to improve public knowledge about this natural phenomenon. Today, the number of ICA's individual members reaches 3500 and that of corporate members exceeds 100. All researchers, students, professionals, workmen, technicians and everyone who deals with or is interested in the field of corrosion are welcomed to join this scientific community.

Goals: ICA on its way to acquire the bright depicted panorama tries to:

- * establish a reciprocal correlation with the Ministry of Science, Researches, and Technology as well as universities and industries
- * make an educational connection between the variety of industries coping with corrosion problems
- * set educational meetings, technical workshops, and scientific seminars
- * publish magazine, books, and proceedings
- * hold annual national corrosion congresses and accommodating international corrosion congresses.

Publications: Zang magazine (magazine of rust), first published in summer 2000, is the scientific, promotive and educational corrosion magazine published by ICA and has been going on quarterly since then. It prepares an opportune medium for researchers, artisans and university professors to contact each other and share the results of their experiences. From the beginning of 2012, ICA was also granted the permission to publish the sole corrosion-related scientific-research journal in the country. ICA publication has also published More Than 55 books in the field of corrosion and several congress proceedings during its short life span.

Educational Activities: As the education is a vital prerequisite to any other activity, ICA has planned to enhance the general and professional knowledge of corrosion among industries through organization of educational courses including: fundamentals of corrosion, mechanical aspects of corrosion, corrosion in cooling towers, microbiologically-induced corrosion, corrosion in weldments, failure analysis, technical inspection and corrosion control, corrosion inhibitors, cathodic and anodic protection, corrosion standards, internal and external corrosion of pipelines, paints and corrosion in oil & gas industries, material selection, Coating & etc.

National Corrosion Congress: National Corrosion Congresses have been held every other year ever since 1988 and are planned to be held annually since last year. ICA has honorably managed to deliver specific seminars and exhibit technical fairs besides such congresses and has made a discussion bed for university professors and experts. The 15th national corrosion congress was held on October, 2014 in Tehran.

The 16th National Corrosion Congress was held along with the 3rd Oil Industry Corrosion Congress on 24th and 25th of November, 2015.

The 17th National Corrosion Congress was held on December, 2016 in Bandar Abbass.

The 18th National Corrosion Congress was held on January, 2018 in Tehran.

19th National Corrosion Congress will be held on February 2019.

Committees: ICA has recently organized two specific committees, one engaging in the field of suggestion and approval of suitable Persian words for corrosion-related terms, and the other cooperating with governmental parties to produce or translate corrosion-related standards.

In The Name of god

ZANG

License Holder: Iranian Corrosion Association (ICA)

Managing Director: E. Heshmat Dehkordi
(Ph.D)

Editor-in-Chief: A. R. Bahrani (M.Sc)

Editorial Bord (In Persian alphabetical order):

H. Adelkhani (Ph.D)

E. Akbarinezhad (Ph.D)

A. Hatami Monfared (M.Sc)

M. Jameei (M.Sc)

S. M. Kasiriha (M.Sc)

K. Kouzeh Kannani (M.Sc)

D. Masouri (M.Sc)

M. Najmi (M.Sc)

F. Rezaei (Ph.D)

Graphics & Design: Hojjat Abbassian

Executive colleagues: Najmeh Azimzadeh (M.Sc),

Majid Shahmirzalou, Najmeh Sokhanvar

Publisher:

Iranian Corrosion Association, ICA

ZANG is a Persian word having different meaning, the first of which is an equivalent for "Rust", while others are equivalents for "Bell" and "to ring a bell, to warn". The word Zang seems to best clarify the objectives of the journal, which is mainly warning about the consequences of corrosion and rusting.

ZANG, the scientific, educational, promotive journal of Iranian corrosion Association (ICA) is quarterly published with the aim of the enhancement of the corrosion knowledge of those engaged in metal corrosion and protection, creating a dependable information database regarding internal & external corrosion event, provoking the corrosion students to set to research work as well as acting as a connection bridge between ICA & its members. Quotation and application of ZANG written material elsewhere is allowable only while expressing the reference.

The result of papers and analyses are not necessarily consistent with ZANG managers' viewpoints.

ZANG is free to edit & correct the received written material and will not return them. ZANG also highly welcomes and appreciates the readers' progressive opinions.

Iranian Corrosion Association

Unit 3, No.11, Behbahan Alley.,

Forsat St., Ferdowsi Sq., Tehran, Iran

Tel: +982188827334, 88344287-8

Fax: +982188347749, 88827334

P.O.BOX: 15815-3411

Website: www.ica.ir

Email: zangjournal@ica.ir

Price: 150.000 RLS

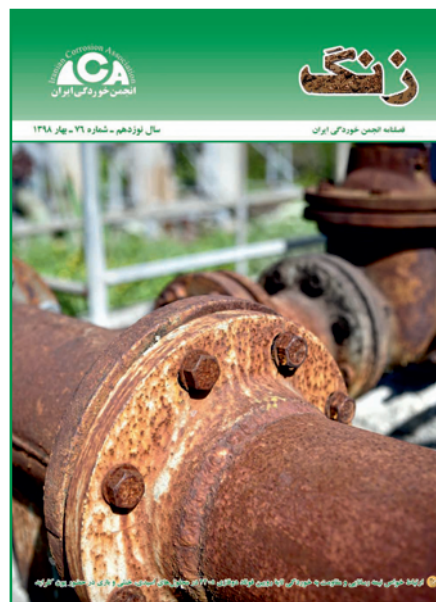
ZANG

The Scientific, Educational, Promotive Quarterly

Journal of Iranian Corrosion Association (ICA)

19th Year, Issue 76

June 2019



Content

Editorial	2
Articl	
The Correlation between Semiconducting Properties and Corrosion Resistance of Passive Film Formed on 2205 Duplex Stainless Steel in Acidic, Neutral and Alkaline Solutions in The Presence of Chloride	4
The Word of Corrosion	
Corrosion Words	16
Corrosion Books Presentation	17
Corrosion Internet Sites	18
Tutorial	
Cathodic Protection	22
Coating	34
Special Case	41
Association News	
Training	52
News ICA	53
Book List	55
New Membership ICA	57

ZANG



19 th Year, Issue 76, June 2019

Iranian Corrosion Association



کنگره ملی خوردگی

فرزاد ۱۳۹۹
صورت میبایودان شرابان

نوزدهمین کنگره ملی خوردگی

تهران - مرکز همایش‌های بین‌المللی
دانشگاه شهید بهشتی
نمایشگاه جانبی و کارگاه‌های آموزشی



congress.ica.ir
congress@ica.ir

تلفن ۸ - ۸۸۳۴۴۲۸۷ - دورنگار ۸۸۳۴۷۷۴۹



همکار ستاد اجرایی کنگره (هما)
شرکت همایش صنعت انرژی
تلفن ۸۸۸۱۲۴۷۱ و ۸۸۸۶۵۵۴۳

شرکت ایران (دوفین اسپیس شانس)
مهندسی و اجرای ساختمان نفت



قرارگاه سازند خا



شرکت سیمایی انرژی سمنان



بنیاد علوم کاربردی رازی