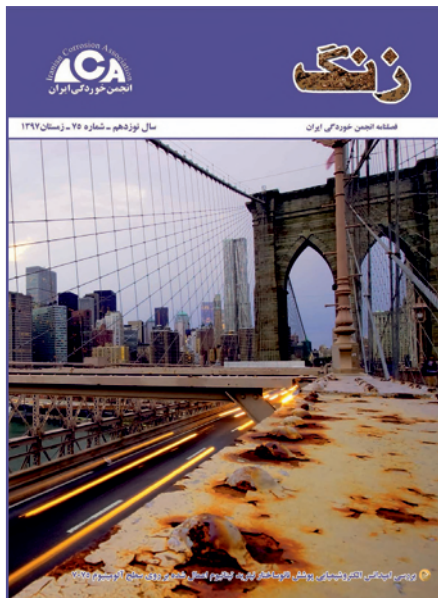




زنگ

سال نوزدهم، شماره ۷۵، زمستان ۱۳۹۷
فصلنامه علمی، آموزشی، ترویجی انجمن خوردگی ایران



سخن آغازین	۲
گزارش برگزاری اولین هفته خوردگی ایران	۳
تربیت صنعت	۹
مقاله	
بررسی امپدانس الکتروشیمیایی پوشش نانوساختار نیتريد تیتانیوم اعمال شده بر روی سطح آلومینیوم ۷۰۷۵	۱۲
دنیای خوردگی	
واژه‌های خوردگی و حفاظت فلزات	۲۲
معرفی کتاب	۳۳
روی خط اینترنت	۳۴
بیشتر بدانیم	
خوردگی در صنایع	۲۸
بازرسی و پایش خوردگی	۳۸
پرونده ویژه	۴۹
اخبار انجمن	
آموزش	۵۸
اخبار انجمن	۵۹
فهرست کتاب‌های موجود در انجمن	۶۱
اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران	۶۳

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 شاه‌میرزاولو، نجمه عظیم‌زاده

ناشر: 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 مأخذ آزاد است.

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

کوچه بهبهان، پلاک ۱۱، واحد ۳

تلفن: ۸۸۲۷۳۳۴ و ۸۸۳۴۴۲۸۷-۸

دورنگار: ۸۸۲۷۳۳۴ و ۸۸۳۴۷۷۴۹

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



گزارش برگزاری اولین هفته خوردگی ایران

تهیه و تنظیم: مهندس محمد نجمی

شد، موضوع مدیریت خوردگی به عنوان یکی از دغدغه‌های اصلی صنایع بزرگ کشور بویژه صنعت نفت، گاز و پتروشیمی با حضور صاحب‌نظران و مدیران ارشد وزارت نفت به بحث و تبادل نظر گذاشته شد. در ابتدا آقای مهندس اصل عربی مدیر کل نظام مدیریت دارایی‌های فیزیکی وزارت نفت در سخنرانی خود با موضوع اقدامات وزارت نفت در خصوص مدیریت خوردگی به تشریح اهمیت موضوع مدیریت خوردگی در صنعت نفت پرداختند و سپس آقای دکتر رعایایی مدیر عامل شرکت بام فرایند سامانه انواع مدل‌های مدیریت خوردگی را بررسی نمودند. در ادامه آقایان دکتر پاشا، دکتر فتح‌آبادی، مهندسین هدایتی، زردویان و حامدیان از مدیران و کارشناسان ارشد در شرکت‌های زیر مجموعه وزارت نفت به ارایه تجربیات ارزشمند خود از استقرار سامانه مدیریت خوردگی در شرکت‌های تابعه پرداختند و پیشنهاداتی برای ادامه مسیر ارایه نمودند. خوشبختانه با توجه به بررسی این موضوع از زوایای مختلف توسط این عزیزان و مشارکت فعال شرکت کنندگان در مباحث مطرح شده، نتایج به دست آمده از مباحث روز اول از سوی حضار قابل قبول ارزیابی شد. در ادامه نیز دو کارگاه تخصصی با موضوع انتخاب، نظارت و بازرسی پوشش‌های صنعتی و بررسی خوردگی و حفاظت کاتدی در سازه‌های بتن مسلح به ترتیب توسط کارشناسان پژوهشگاه صنعت نفت و شرکت برنا گداز و برنا الکترونیک برگزار شد. مباحث روز دوم با سخنرانی آقای مهندس زمانیان از اعضای هیات موسس انجمن خوردگی ایران آغاز شد، ایشان به عنوان پیشکسوت حوزه خوردگی از خاطرات سال‌های دور گفتند و رهنمودهایی برای ادامه راه در انجمن خوردگی ایران ارایه دادند. در ادامه موضوعات مربوط به حفاظت کاتدی مورد بحث قرار

بیست و پنج سال از تاسیس انجمن خوردگی ایران گذشت! بیست و پنج سال از آن ایام که بزرگان این حوزه عزم خود را جزم کردند تا اتفاقی بزرگ را رقم زده و پایگاهی برای صاحب‌نظران، ذینفعان و علاقمندان حوزه خوردگی در کشور عزیزمان ایران ایجاد کنند. اقدامی که نشان از هوشمندی این عزیزان داشت و حاصل آن تاسیس انجمنی بود که توانست در کنار دانشگاه و صنعت، به عنوان یک مرجع در حوزه دانش خوردگی نقش موثری در ترویج این علم داشته باشد

بیست و پنج سال از تاسیس انجمن خوردگی ایران گذشت! در طول این ربع قرن عزیزان بسیاری در کسوت هیات مدیره، کارمند، عضو حقیقی و حقوقی تلاش کردند تا چراغ انجمن همیشه روشن و پر فروغ باشد و برای تحقق این آرمان هر آنچه در توان داشتند به کار بستند.

بیست و پنج سال از تاسیس انجمن خوردگی ایران گذشت! شاید بیست و پنج سالگی سن کمال نباشد، اما بدون شک زمانی است که در آن انجمن خوردگی ایران به بلوغ و توانمندی کامل دست یافته و می‌تواند به عنوان یک نقطه عطف در حیات آن قلمداد گردد. از این رو در بیست و پنجمین سالگرد تاسیس انجمن بر آن شدیم تا با بهره گرفتن از تجربیات گذشته اتفاق جدیدی را رقم بزنیم که حاصل آن برگزاری اولین هفته خوردگی ایران بود. هفته‌ای که در آن سعی شد چالش‌های موجود در سه حوزه مختلف به صورت تخصصی توسط کارشناسان و صاحب‌نظران مورد بحث و بررسی قرار گیرد و راهکارهایی برای هر کدام ارایه گردد.

در روز نخست که با سخنان آقای دکتر دهکردی رییس انجمن خوردگی ایران و سپس آقای مهندس حاتمی دبیر هفته خوردگی آغاز

هیات مدیره انجمن خوردگی، گزارشی در خصوص برگزاری نشست‌های هم‌اندیشی و مراحل طی شده تا برگزاری سمینار، ارائه کرد. مباحث سمینار با محور بازرسی و پایش خوردگی با سخنرانی آقای مهندس عطامهر از شرکت فرنام در خصوص اندازه‌گیری خوردگی با استفاده از پراب‌های پایش خوردگی آغاز شد و توضیحات تکمیلی در خصوص پراب‌های مناسب برای سامانه‌های ترش ارائه شد، آقای دکتر شاه‌سنایی از شرکت آزمون فولاد با موضوع خوردگی زیر عایق و روش‌های بازرسی به سخنرانی پرداخت و ضمن مقایسه روش‌های بازرسی خوردگی زیر عایق با همکاری آقای مهندس نادراصلی به سوالات حضار پاسخ داد. آخرین سخنران سمینار، آقای دکتر کهتری از شرکت تکین کو درباره بازرسی فنی و پایش تیوب‌های دمای بالای ریفمر توضیحات خود را ارائه و روش‌های نوین بازرسی غیرمخرب و بررسی عمر این تجهیزات را مورد بحث قرار داد. در ادامه مراسم اهدای لوح برگزار شد و به سخنرانان و شرکت‌ها به پاس قدردانی و یادبود، لوح تقدیر و تندیس هفته خوردگی اهدا شد. در این مراسم از آقایان دکتر صارمی، دکتر گیوه‌چی، دکتر دهکردی، مهندس کوزه‌کنانی و مهندس زمانیان به عنوان پیش‌کسوت علم خوردگی، تقدیر به عمل آمد. همچنین قرعه‌کشی مسابقه هفته خوردگی با اهدای جوایز شرکت برناگاز برگزار شد و به حاضرین در جلسه نیز به قید قرعه جایزه تعلق گرفت. کارگاه آموزشی روز سوم با عنوان ارزیابی کیفیت پوشش لوله‌ها به کمک PCM-ACVG توسط آقای مهندس آکی از شرکت کنترل خوردگی بازدار برگزار شد و مورد توجه و استقبال حضار قرار گرفت.

گرفت و مهندس نبی مهر از کارشناسان شرکت برنا الکترونیک در ارتباط با اهمیت پایش سامانه‌های حفاظت کاتدی و توانمندی خود در این حوزه مطالب ارزشمندی را عنوان کردند. سخنران دوم مهندس عطامهر مدیرعامل شرکت فرنام بود که به یکی از مهمترین چالش‌های حال حاضر در حفاظت کاتدی کف مخازن اشاره نموده و برای حل این معضل استفاده از تکنولوژی SPM VCI را پیشنهاد نمود. بررسی عوامل موثر در تداخل و عدم کارایی سامانه‌های حفاظت کاتدی در مجتمع‌های پتروشیمی و پالایشگاهی موضوع کلیدی دیگری بود که مهندس شمعدانی مدیرعامل شرکت فراصنعت بان ابعاد مختلف آن را مورد بررسی قرار داد و راهکارهایی اجرایی برای رفع آن پیشنهاد نمود. بدون شک تعیین معیار مناسب برای حفاظت کاتدی از مهمترین الزامات در طراحی سامانه کاتدی است که در برخی موارد به محل مناقشه بین کارفرما و پیمانکار تبدیل می‌گردد؛ این موضوع توسط مهندس نسودی از کارشناسان شرکت برنا گداز به تفصیل مورد بررسی قرار گرفت. سخنران پایانی دکتر شهبازی از اساتید برجسته دانشگاه تربیت مدرس بود که به بررسی رشد لایه‌های کلکریوس بر سازه‌های دریایی تحت حفاظت کاتدی پرداخت. موضوع کارگاه روز دوم نیز آشنایی با تجهیزات مورد استفاده برای کنترل خوردگی ناشی از جریان‌های سرگردان بود که توسط آقای مهندس خدایاری مدیرعامل شرکت ولکانیک ارائه و با استقبال شرکت‌کنندگان روبرو شد. نشست بازرسی و پایش خوردگی در روز سوم با سخنان گرم و شیوای آقای دکتر صارمی از موسسین انجمن خوردگی ایران آغاز شد. در ادامه آقای مهندس نجمی عضو

انجمن خوردگی ایران از تمامی عزیزانی که ما را در برگزاری اولین هفته خوردگی ایران یاری نمودند تشکر می‌نماید



بیش از هر زمانی اکنون نیازمند حفاظت هستند

تصاویر منتخب اولین هفته خوردگی ایران



سالن برگزاری



کیک تولد به مناسبت ۲۵ سالگی انجمن



مهندس حاتمی



دکتر دهکردی



دکتر رعایایی



مهندس اصل عربی



دکتر فتح آبادی



دکتر پاشا



دکتر اکبری نژاد



مهندس زردویان



مهندس حاتمی



مهندس زمانیان



مهندس عظامهر



مهندس نبی مهر



مهندس نسودی



مهندس شمعدانی



مهندس نجمی



مهندس خدایاری



دکتر شاهسانی



مهندس عتامهر



مهندس آکی



دکتر کهنتری



سالن برگزاری



مهندس عظیمزاده



پذیرش



سالن برگزاری



عکس یادگاری



غرفه کتاب



کیک تولد به مناسبت ۲۵ سالگی انجمن



عکس یادگاری



قرعه کشی و اهداء جوایز



تقدیر از پیشکسوتان علم خوردگی



سالن برگزاری



سالن برگزاری



تریون صنعت

مصاحبه با آقای مهندس فرنام عظامهر، مؤسس شرکت Farnam Oil & Gas مالزی و شرکت فرنام پترولیوم آسیا در ایران

بازار عرضه نموده و با افتخار عبارت ساخت ایران را بر روی آن درج نماییم. با توجه به اینکه در این طرح از تخصص بالای اساتید محترم دانشگاه استفاده می‌شود تمامی استانداردها و تکنولوژی روز جهان در نظر گرفته شده و نهایتاً محصولی با بالاترین کیفیت و در سطح جهانی به صنعت ارایه خواهد شد. البته شروع هر کاری خصوصاً پروژه‌های بزرگ مشکلات خاص خود را خواهد داشت که به لطف خداوند بر طرف خواهد شد.

در بخش مالزیایی شرکت نیز در حال همکاری با واحد تحقیقات پتروناس جهت تولید بازدارنده‌های خوردگی هستیم که در حال نهایی‌سازی محصولات مربوطه می‌باشیم.

چه اقداماتی در رابطه با به‌روزر کردن دانش فنی کارکنان و کارشناسان مجموعه خود انجام داده‌اید؟

بصورت مستمر و دوره‌ای توسط سازندگان که نمایندگی آنها هستیم دوره‌های آموزشی برگزار می‌شود و کلاً هرگونه پیشرفت برای پرسنل از طرف مدیریت شرکت کاملاً پذیرفته است.

آیا در مجموعه شما فعالیت‌های پژوهشی و آزمایشگاه کنترل کیفی وجود دارد؟

با توجه به تصمیمات جدید در مدیریت شرکت به جهت بومی‌سازی محصولات ساختار واحد پژوهشی و قطبش کیفی در حال نهایی‌سازی است. بنابراین در آینده نزدیک شاهد فعالیت واحدهای مربوطه خواهیم بود.

نظر شما درباره مشکلات ناشی از خوردگی و خسارات ناشی از آن در ایران چیست؟

این موضوع چیز جدیدی نیست و هر ساله اساتید محترم در زمینه مدیریت خوردگی در کنگره خوردگی و یا در هفته خوردگی صحبت‌های مفصلی داشته‌اند. اما این مورد بسیار تأمل برانگیز است که متأسفانه در بخش اجرایی شاید کسی دلسوزی لازم را نداشته و یا اینکه کسی نیست که رهبری این موضوع را بپذیرد. این مورد در خصوص روش‌های نوین جلوگیری و یا پایش خوردگی بسیار اتفاق افتاده است. اکثر مدیران حاضر به استفاده از روش‌های روز دنیا نیستند به همین دلیل در سایت‌ها و یا مناطق بهره‌برداری بعنوان مثال پایانه‌های داخل تابلوهای برق و یا قطبش به علت خوردگی از بین می‌روند و باید هر ۶ ماه یکبار تعویض شوند. و یا پیچ و مهره‌ها با توجه به اینکه مهره

لطفاً خودتان را معرفی کنید و درباره سوابق خود مختصراً توضیح دهید. بنام او که هستی از اوست. فرنام عظامهر هستم مؤسس شرکت Farnam Oil & Gas مالزی و شرکت فرنام پترولیوم آسیا در ایران. فارغ‌التحصیل رشته مهندسی برق قدرت با سابقه فعالیت حدوداً بیست و چهار سال در صنایع مختلف خصوصاً نفت و گاز. بیشتر زمینه فعالیت در ابزار دقیق بوده و در شرکت‌های Parker Haniffin, ABB, Pepperl & Fuchs کار کرده‌ام که در سال ۲۰۱۴ شرکت Farnam Oil & Gas را در مالزی به جهت تأمین کالاهای اساسی و با کیفیت برای پروژه‌های عموماً نفت و گاز و پتروشیمی و سپس در سال ۱۳۹۵ شرکت خانوادگی که داشتیم را احیا نموده و شرکت فرنام پترولیوم آسیا بوجود آمد.

از چه زمانی و چگونه با موضوع خوردگی آشنا شدید؟
از سال ۱۳۸۷ که با آقای Giampaolo Gimona مالک شرکت Corrocean آشنا شدم که البته شرکت مذکور بعدها به شرکت Eurocorr تغییر پیدا نمود.

عضویت شما در انجمن خوردگی ایران از چه سالی بوده است؟
بصورت شخصی بیش از ۳ سال در خدمت انجمن خوردگی ایران بوده‌ام.

شرکت شما در چه زمینه‌هایی فعالیت می‌کند؟
گروه شرکت‌های فرنام در مالزی و ایران در زمینه تأمین ادوات پایش خوردگی یا اصطلاحاً Corrosion Monitoring System که نمایندگی انحصاری شرکت Eurocorr ایتالیا می‌باشیم و همچنین شرکت Rust-x (Hitech International) که سازنده انواع VCI و Inhibitor می‌باشد که البته نماینده انحصاری شرکت مذکور هستیم. اخیراً بخش جدیدی را در زمینه Process Electrical Heater را با نمایندگی انحصاری شرکت Dfiniti سنگاپور راه‌اندازی نموده‌ایم.

آیا با مراکز تحقیقاتی و پژوهشی داخلی و خارجی از جمله دانشگاه‌ها در ارتباط هستید؟ در راه برقراری ارتباط با این مراکز تحقیقاتی با چه مشکلاتی مواجه هستید؟

مفتخریم که با یکی از معتبرترین دانشگاه‌های صنعتی کشور جهت طراحی و ساخت تجهیزات پایش خوردگی و بازدارنده‌های خوردگی قرارداد همکاری بسته‌ایم که امیدواریم در برنامه زمانی تعیین شده محصولات مربوطه را به

می‌رود که متولی این صنعت نیز باشد و همانطور که در کمیته‌های تخصصی مطرح شد به عنوان متولی این صنعت سکان هدایت را در دست بگیرد و با دانش علمی خود سطح اجرایی این صنعت چه در پیمانکاری و چه در تأمین کالا را بالا ببرد.

پیشنهاد می‌گردد با مذاکره با صنایع مختلف مانند نفت و گاز، پتروشیمی، سازمان‌های آب و یا کارخانجات تولید فلزات به یک توافق رسیده و با استانداردهای و یا اعطای رتبه‌بندی به پیمانکاران، تأمین‌کنندگان و یا سازندگان این صنعت چه از لحاظ علمی و چه از لحاظ اقتصادی کمک بزرگی نماید. به طبع مجموعه‌هایی توانایی دریافت رتبه از انجمن را نداشته‌اند امکان اجرای پروژه را نداشته‌اند لذا کیفیت کار و سطح اجرای پروژه‌ها ارتقاء خواهد یافت. به همین ترتیب به سازندگان و یا تأمین‌کنندگانی که دغدغه کیفیت را دارند کمک می‌شود تا با محصولات بی کیفیت وارداتی و یا آنان که به جهت جلوگیری از ورود کالا به صورت غیر واقعی خود را تولید کننده نشان می‌دهند در رقابت قرار نگیرند.

برنامه‌های آموزشی انجمن خوردگی ایران را تا چه حد مفید می‌دانید؟
بی‌شک بسیار ارزنده و مفید بوده و خصوصاً اینکه مدرسین مورد انتخاب از اساتید با تجربه و صاحب نام می‌باشند.

پیشنهاد شما به دانشجویان و متخصصان جوان رشته مهندسی خوردگی چیست؟

ارتقاء دانش علمی، زبان انگلیسی، کسب تجربه و مهمتر از همه هدفمند بودن. اینکه با خود رو راست باشیم و بدانیم و برنامه‌ریزی کنیم به کجا می‌خواهیم برسیم. وقتی خود را از لحاظ علمی کامل کنیم اعتماد به نفس لازم را خواهیم داشت. فقط قدری اراده است که ما را به جلو حرکت خواهد داد. و همانطور که می‌دانید وقتی جسمی به حرکت در می‌آید با اینرسی حرکتی خود مسیر را ادامه خواهد داد و فقط دیگر نیروی کمی لازم است که آنرا به سرعت مناسب برساند. این قانون فیزیک نیز برای زندگی ما هم قابل تعمیم است وقتی چرخ پیشرفت را به حرکت در بیاوریم بدون شک بعد از آن با نیروی بسیار کمی آنرا به حداکثر سرعت خواهیم رساند.

وضعیت محصول تولیدی و شرکت خود در داخل کشور عزیزمان ایران در مقایسه با رقبای خارجی چگونه است؟

در حال حاضر کالاهای ارایه شده از معتبرترین سازندگان خارجی می‌باشند که تاکنون نیز گزارش خرابی دریافت نشده و همچنین از لحاظ خدمات پس از فروش نیز بسیار همکاری داشته‌اند. طبق توضیحات قبلی با همکاری با دانشگاه شروع کرده‌ایم انشا الله محصولی با کیفیت و در رده استانداردهای جهانی به مشتریان عزیز ارایه خواهیم نمود.

مجله زنگ از جناب آقای مهندس "فرنام عطامهر"، موسس شرکت "شرکت فرنام پترولیوم" تشکر می‌نماید. انشالله با تبادل نقطه‌نظرها و همکاری‌های مشترک آموزشی و پژوهشی بتوان خسارات ناشی از پدیده مخرب خوردگی را در کشور به کمترین مقدار رسانید.

کالای وارداتی است و زنگ‌زدگی در آنها هزینه‌های بسیار زیادی را به سامانه متحمل می‌کند متأسفانه باید هر سال یکبار تعویض شوند که این موارد در دودکش‌ها که درجه حرارت بیشتری دارند به مراتب بحرانی‌تر است و با مشکلات بوجود آمده در مخازن انبار فرآورده که در اکثر موارد موجب خوردگی کف مخازن از سطح زیرین آن شده و هزینه‌های هنگفتی برای تعویض کف مخازن به صنعت نفت و گاز و پتروشیمی متحمل نموده است ولی متأسفانه راهکارهای جدید در جهت جلوگیری از این خسارات پذیرفته نمی‌شود.

نقاط ضعف و قوت مهندسی خوردگی در ایران را بیان نمایید.

به لطف خدا اساتید و کارشناسان بسیار خبره‌ای در کشور داریم که می‌توان از این نیروی مجرب و کار آزموده به خوبی استفاده نمود. همانطور که در قبل هم عرض کردم در بخش اجراء متأسفانه ضعف وجود دارد و از این توان به خوبی استفاده نمی‌شود. یک مورد که من با آن برخورد نمودم همین روش‌های نوین پایش خوردگی است که می‌توان بصورت آن لاین (روی خط) میزان خوردگی را مشاهده و ثبت نمود ولی این بحث، مستلزم داشتن یک تیم شامل مهندسی خوردگی، مهندسی ابزار دقیق و قطبش می‌باشد که در کنار مهندسی پایپینگ قرار می‌گیرد ولی متأسفانه هیچگاه این ۳ گروه در کنار هم نیستند.

بازار آینده فعالیت حرفه ای خود را چگونه ارزیابی می‌کنید؟

واقعیت امر این است که من سعی می‌کنم کلاً مثبت فکر کنم و امیدوارم که بتوانیم با مراجعی که بوجود آوردیم توسعه بیشتری در بازار داشته باشیم و یکی از مواردی که آینده خوبی را برای آن می‌بینم -Online Corrosion Monitor- ing هست که به لطف خدا اولین مورد را در پالایشگاه گاز بیدبلند انجام دادیم و امیدوارم که بتوانیم در پروژه‌های دیگر هم این سامانه پیشرفته را داشته باشیم و همینطور بحث جدید استفاده از SMP VCI در کنار حفاظت کاتدیک جهت جلوگیری از خوردگی خارجی کف مخازن آینده خوبی خواهد داشت.

چاپ مقالات صنعتی در مجلات و نشریات تخصصی مانند نشریه زنگ را تا چه حد در ارتقای دانش فنی مهندسان خوردگی موثر می‌دانید؟ آیا شما برای تهیه و نگارش این دسته از مقالات بر اساس پروژه ها و دستاوردهای شرکت خود برنامه ای دارید؟

اتفاقاً خود من به شخصه چند مقاله جالب در مجله زنگ را مطالعه کردم که مسلماً به تجارب شخصی خود من افزود. در حال حاضر برنامه آموزشی نحوه استفاده از ادوات پایش خوردگی با همکاری شرکت Europecorr را در آینده بسیار نزدیک داریم که می‌توان بصورت مکتوب نیز آنرا در اختیار علاقمندان قرار داد. همین مورد نیز در مورد شرکت Rust-x نیز قابل اجرا خواهد بود زیرا شرکت مذکور تجربه اجرایی زیادی در زمینه بازدارنده‌های خوردگی VCI در سطح جهانی داشته است.

ضرورت تأسیس انجمن خوردگی در ایران چه بوده است؟ انجمن خوردگی ایران چه نقشی می‌تواند در کاهش خسارات ناشی از خوردگی ایفاء نماید؟

در کل هر صنفی نیاز به یک سندیکا و متولی دارد و چه بهتر که این متولی از لحاظ علمی نیز در سطح بالایی قرار داشته باشد. می‌توان گفت از لحاظ علمی نیز انجمن خوردگی ایران به نحو احسن رسالت خود را انجام داده و با توجه به اینکه یک موسسه غیر انتفاعی است به صورت بی‌زیس به این موضوع نگاه نکرده لذا بار علمی زیادی را داشته است. ولی به عنوان یک پیشکسوت انتظار

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)

بررسی امپدانس الکتروشیمیایی پوشش نانوساختار نیتريد تیتانیوم اعمال شده بر روی سطح آلومینیوم ۷۰۷۵

علی شانقی^{۱*}، هادی مرادی^۲

^۱ و ^۲ دانشگاه ملایر، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی مواد

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: alishanaghi@gmail.com

چکیده

تعیین سازوکار و رفتار خوردگی مواد از اهمیت بسزایی در طراحی و انتخاب مواد برای کاربردهای مناسب برخوردار است. در میان روش‌های ارزیابی خوردگی، امپدانس الکتروشیمیایی یک آزمون غیر مخرب و مناسب برای تعیین رفتار خوردگی مواد است. با توجه به مقاومت به خوردگی پایین آلیاژ آلومینیوم ۷۰۷۵ اعمال پوشش سرامیکی همانند نیتريد تیتانیوم می‌تواند منجر به بهبود مقاومت به خوردگی آن گردد، که این امر نیاز به تحقیق و بررسی دارد. بنابراین در این تحقیق، پوشش نانوساختار TiN با استفاده از فرایند کند و پاش خلاء بالا در دمای پایین بر روی سطح آلومینیوم ۷۰۷۵ اعمال شد. سپس رفتار فازی، ساختاری و خوردگی آن به ترتیب با استفاده از XPS، FESEM، GIXRD و آزمون‌های الکتروشیمیایی همانند آزمون قطبش و طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی در محلول ۰/۵ مولار نمک طعام مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان دهنده ایجاد پوشش نانوساختار کاملاً همگن و یکنواخت با جهت کریستالی مرجح (۱۱۱) و ضخامتی حدود ۱۴۰۰ نانومتر است. چگالی جریان خوردگی پوشش نیتريد تیتانیوم حدود ۴/۵ برابر کمتر از زیرلایه آلومینیومی ۷۰۷۵ و با راندمان حفاظتی ۷۸ درصد است. تغییرات مقاومت انتقال بار بر حسب زمان غوطه‌وری بیانگر تشکیل یک لایه پایدار اکسیدی در ناحیه فصل مشترک الکترولیت و زیرلایه، و همچنین تغییرات n_{coat} بیانگر افزایش همواری پوشش با افزایش زمان غوطه‌وری است. افزایش زمان غوطه‌وری و تشکیل فاز پایدار تیتانیوم اکسید در محل نواقص و نواحی جاذب یون‌های آب منجر به مسدود شدن محل‌های عبور یون و الکترون از پوشش، و در نهایت منجر به افزایش مقاومت پوشش و نشان دادن رفتار خازنی برای زمان ۷۲ ساعت غوطه‌وری توسط پوشش TiN شده است.

واژه‌های کلیدی: لایه نازک، نیتريد تیتانیوم، روش کندو پاش مغناطیسی، رفتار خوردگی، امپدانس الکتروشیمیایی؛

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. این آلیاژ دارای استحکام قابل مقایسه با فولادها، استحکام خستگی خوب و قابلیت ماشین‌کاری متوسط است، اما مقاومت به خوردگی پایین در مقایسه با بسیاری از آلیاژهای آلومینیومی از معایب این آلیاژ است [۱-۲]. روش‌های مختلفی برای بهبود مقاومت به خوردگی وجود دارند که برخی از آنها عبارتند از: به کارگیری سامانه‌های حفاظت کاتدی یا آندی، انتخاب مواد مناسب برای کارکردهای مختلف، استفاده از بازدارنده‌ها در محیط‌های گردشی و بسته، و اعمال پوشش است [۳-۵]. در میان پوشش‌ها، پوشش‌های سرامیکی، 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 این میان پوشش‌های سرامیکی، پوشش فوق سخت نیتريد تیتانیوم به دلیل حضور تیتانیوم و قابلیت انطباق‌پذیری آن با محیط بدن کاربرد وسیعی در ساخت نهایی ایمپلنت‌ها دارد. اما مشکل اصلی این پوشش، چقرمگی شکست پایین آن مخصوصاً هنگامیکه بر روی زیرلایه‌های نرم (همانند فولاد، آلیاژهای تیتانیوم و آلومینیوم) اعمال می‌شوند، می‌باشد. وجود هرگونه تنش پسماند ناشی از عدم تناسب بین پوشش خود منجر به ایجاد میکرو نواقص همانند تخلخل و با میکروترک‌ها بسیار ریز در سطح پوشش، و همچنین ترک‌های بسیار ریز در فصل مشترک پوشش و زیرلایه می‌گردد. در نهایت این نواقص منجر به کاهش مقاومت به خوردگی و افزایش شدت خوردگی موضعی می‌شوند [۶-۸].

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 [۹-۱۰].

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 و مورفولوژی، و همچنین تعیین سازوکار خوردگی آن بوسیله روش‌های الکتروشیمیایی همانند آزمون قطبش و طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی 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 ۰/۱ تا ۰/۳ μm 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 به‌صورت اولتراسونیک در استون، الکل و آب مقطر چربی‌گیری شده و سپس لایه‌نشانی پوشش TiN توسط کند و 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 پرانرژی گاز آرگون بمباران شدند. از تیتانیوم با خلوص ۹۹/۹۹ درصد به‌عنوان ماده هدف پوشش، گاز نیتروژن با نرخ ۱۲ sccm بعنوان عامل نیتروژن، جهت اعمال پوشش TiN در فشار ۴/۴ mtorr استفاده شده است.

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 طول موج برابر با ۰/۱۵۴۰۵۶ Å در ولتاژ ۴۰ kV، جریان ۴۰ mA و با زاویه روبشی ۲۰ از ۸۰ درجه با گام ۰/۰۱ درجه صورت گرفت. مورفولوژی، ساختار پوشش، آنالیز عنصری و نقشه عنصری پوشش بوسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) مدل MIRA3TESCAN-XMU تعیین گردید. ضخامت پوشش به کمک روش پروفایل عمقی XPS عنصر تیتانیوم توسط دستگاه (XPS, PHI 5802) ساخت شرکت Philips تعیین گردید.

رفتار خوردگی پوشش به‌وسیله آزمون الکتروشیمیایی امپدانس در سل شامل سه الکتروکد کاری، مرجع و کمکی و حاوی ۲۵۰ ml محلول ۰/۵ مولار NaCl با استفاده از پتاسیو استات - گالوانواستات Zennium electrochemical workstation و استاندارد G102 انجام شد. آزمایشات امپدانس در محدوده فرکانس ۱۰ mHz تا ۱۰۰ kHz در پتانسیل مدار باز و دامنه اغتشاشی ۱۰ mV انجام شد. داده‌های این آزمون با استفاده از نرم‌افزار آنالیزگر Zsim مورد بررسی قرار گرفته است و آزمون قطبش نیز در محدوده پتانسیل -۲۵۰ میلی ولت تا ۱۰۰۰ میلی ولت نسبت به Eocp با سرعت ۰/۱ میلی ولت بر ثانیه مورد بررسی قرار گرفت.

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 (PDF#38-1420) و زیرلایه آلومینیوم ۷۰۷۵ (PDF#01-1176) تعیین شده است. نتایج بیانگر یک تفرقی (۱۱۱) در زاویه تفرق ۳۶/۹۲۲ برای لایه TiN با ساختار

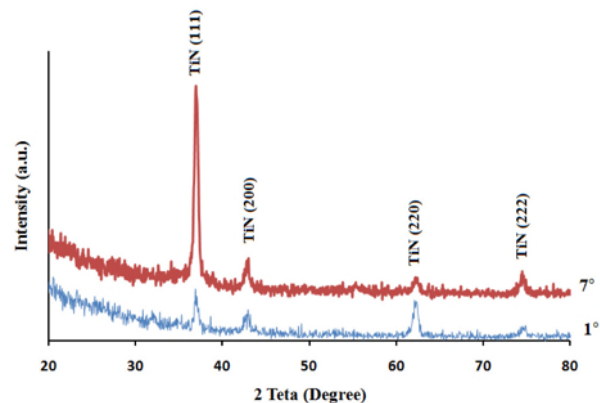
پروفایل عمقی XPS عنصر تیتانیوم، حدود ۱۴۰۰ نانومتر تعیین گردید که بیانگر نرخ پوشش‌دهی با سرعت ۱۹ نانومتر بر دقیقه است.

منحنی‌های نایکویست امپدانس الکتروشیمیایی نمونه‌های بدون پوشش آلومینیوم ۷۰۷۵ در زمان غوطه‌وری ۱ ساعت و پوشش نانو ساختار TiN در مدت زمان‌های غوطه‌وری ۱، ۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۶۰ و ۷۲ ساعت در محلول ۰/۰۵ مولار NaCl در شکل ۵ - الف نشان داده شده است. وقتی نمونه در الکترولیت غوطه‌ور می‌شود، نقص‌ها در پوشش، مسیر نفوذ مستقیمی را برای محیط خورنده فراهم می‌آورند. در این فرآیند، سلول‌های خوردگی گالوانیکی موضعی [۱۲] تشکیل می‌شوند. سرعت خوردگی موضعی از قسمتهای مهم این فرآیند میباشند. همان‌طور که در شکل ۵ - الف نشان داده‌شده، افزایش قطر منحنی نایکویست که نشان دهنده مقاومت انتقال بار در فرکانس‌های پایین است، بیانگر بهبود مقاومت به خوردگی چند برابری پوشش نانو ساختار TiN نسبت به آلومینیوم بدون پوشش است. همان‌طور که مشاهده شده با افزایش زمان غوطه‌وری از ۱ به ۱۲ ساعت، به دلیل نفوذ یون‌های خورنده همانند یون کلر از نواقص سطحی همانند حفره‌ها و ترک‌های بسیار ریز مقاومت به خوردگی به مقدار قابل توجهی کاهش یافته است. همچنین تشکیل حلقه القایی در قسمت انتهایی نمودار ۱۲ ساعت، که می‌تواند ناشی از جذب سطحی یون‌های اکسیژن از محلول و تشکیل لایه‌ای با پایداری کم مطابق با رابطه ۱ در محل نواقص باشد. پایداری لایه تشکیل شده با افزایش زمان غوطه‌وری به ۲۴ ساعت، به دلیل نفوذ محلول به داخل تخلخل‌های TiN و در حضور اکسیژن فیلم ایجاد شده، بیشتر گردیده است [۱۳]:

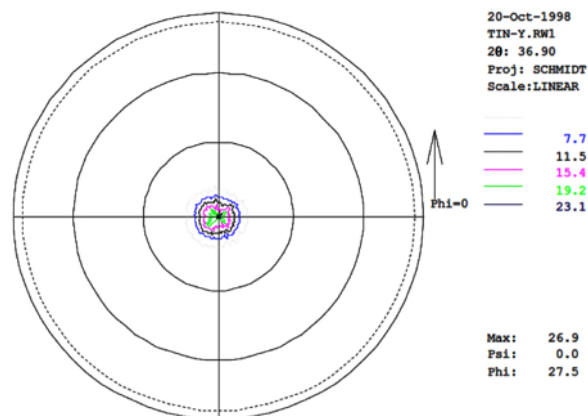


با افزایش زمان غوطه‌وری کاهش شدت مدول امپدانس در طی ساعات غوطه‌وری بسیار ناچیز است، که بیانگر عالی بودن مقاومت پوشش در محلول است. در واقع پس از ۳۶ ساعت روند تقریباً ثابتی در مقاومت انتقال بار مشاهده شده که می‌تواند ناشی از تشکیل TiO_2 باشد [۱۲]. در شکل ۵ - ب و ۵ - ج منحنی‌های بد - فاز و بد به ترتیب نشان داده شده است، که بیانگر تشکیل دو ثابت زمانی برای پوشش نانو ساختار TiN در تمام زمان‌های غوطه‌وری به جزء ۱۲ ساعت غوطه‌وری است. البته قابل ذکر است که حلقه القایی برای آلومینیوم ۷۰۷۵ همانند رفتار پوشش در ۱۲ ساعت تشکیل شده، که آن هم می‌تواند ناشی از جذب سطحی و انجام واکنش‌های سطحی در فصل مشترک نمونه آلومینیومی در تماس با محلول ۰/۵ مولار نمک طعام باشد که لایه اکسیدی آلومینا مداوم بر اثر جذب اکسیژن تشکیل اما نفوذ و فعل و انفعال یون کلر منجر به شکست این لایه سطحی گردیده است [۱۴-۱۲].

کریستالی fcc است، که مطابق با تصویر Pole figure (شکل ۲) بعنوان جهت مرجع در نظر گرفته شده است [۱۱]. اندازه کریستالیت TiN بدست آمده توسط روش دبای شرر، تقریباً ۲۹ نانومتر است. مقدار به‌دست‌آمده به‌وضوح کمتر از مقادیر گزارش‌شده برای مادهٔ بالک است، بدین معنی که شبکه جای خالی نیتروژنی بسیاری دارد [۱۱].

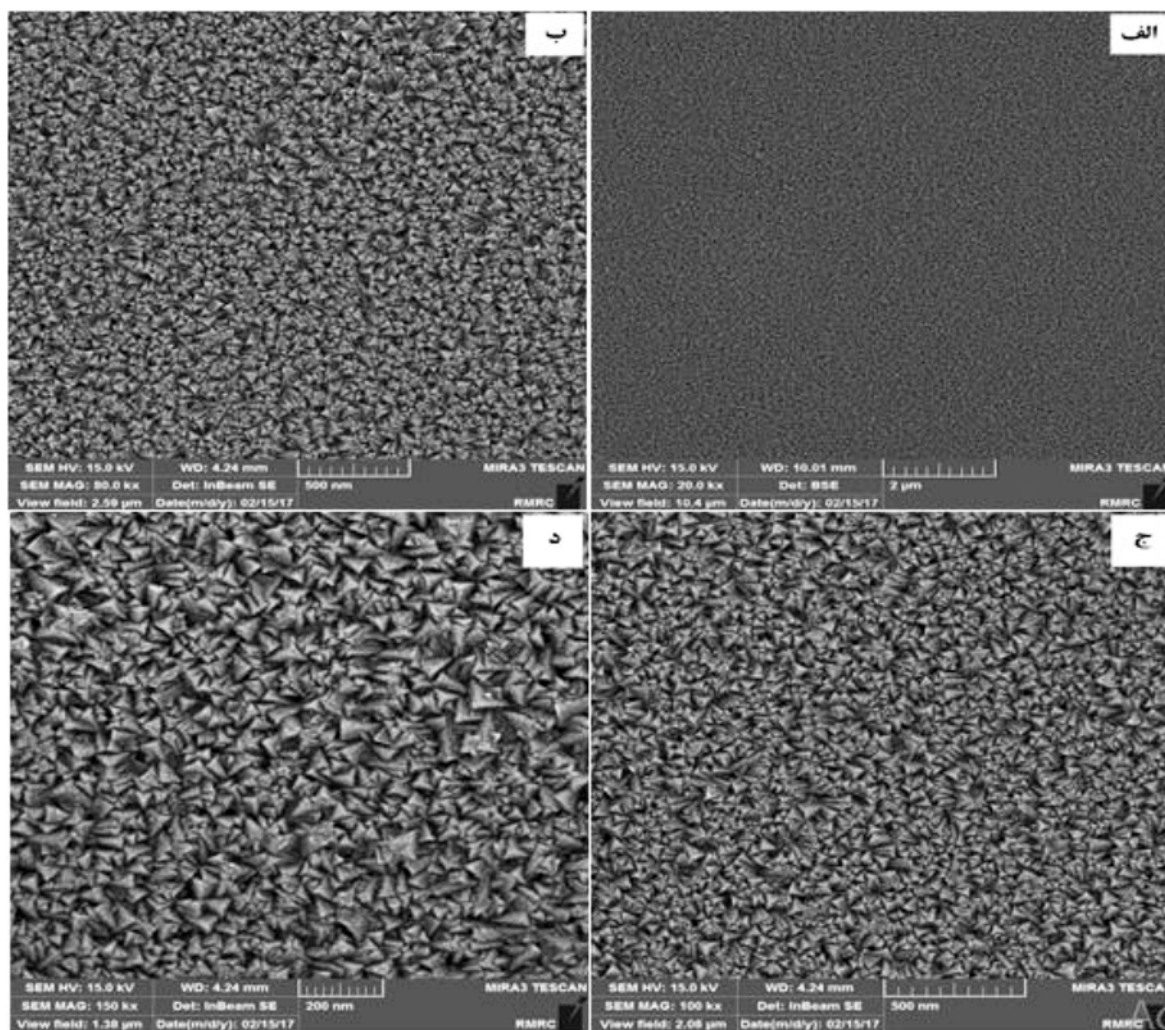


شکل ۱ - الگوهای GIXRD در زوایای ۱ و ۷ درجه برای پوشش TiN.

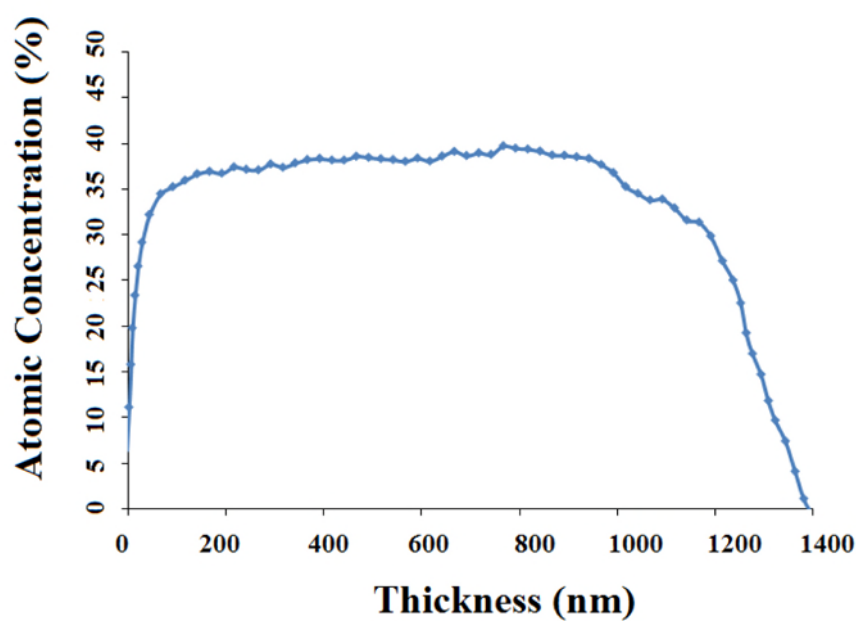


شکل ۲ - منحنی Pole Figure زاویه تفرق ۳۶/۹۰ درجه برای پوشش TiN.

شکل ۳ تصاویر FESEM مورفولوژی سطح پوشش نانو ساختار TiN در بزرگنمایی‌های مختلف، ۲۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ هزار برابر نشان داده 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 [۱۱]. اندازه دانه‌های مشاهده شده مطابق تصویر ۳ - د در بزرگنمایی ۱۵۰ هزار برابر در محدوده ۲۰ تا ۶۰ نانومتر است، اگرچه اندازه کریستالیتها مطابق روش دبای شرر حدود ۲۹ نانومتر تعیین شده، که تجميع این کریستالیت‌ها، منجر به پوشش نانو ساختار با اندازه دانه در محدوده ۲۰ تا ۶۰ نانومتر گردیده است. همچنین در شکل ۴ ضخامت پوشش نیتريد تیتانیوم بوسیله روش



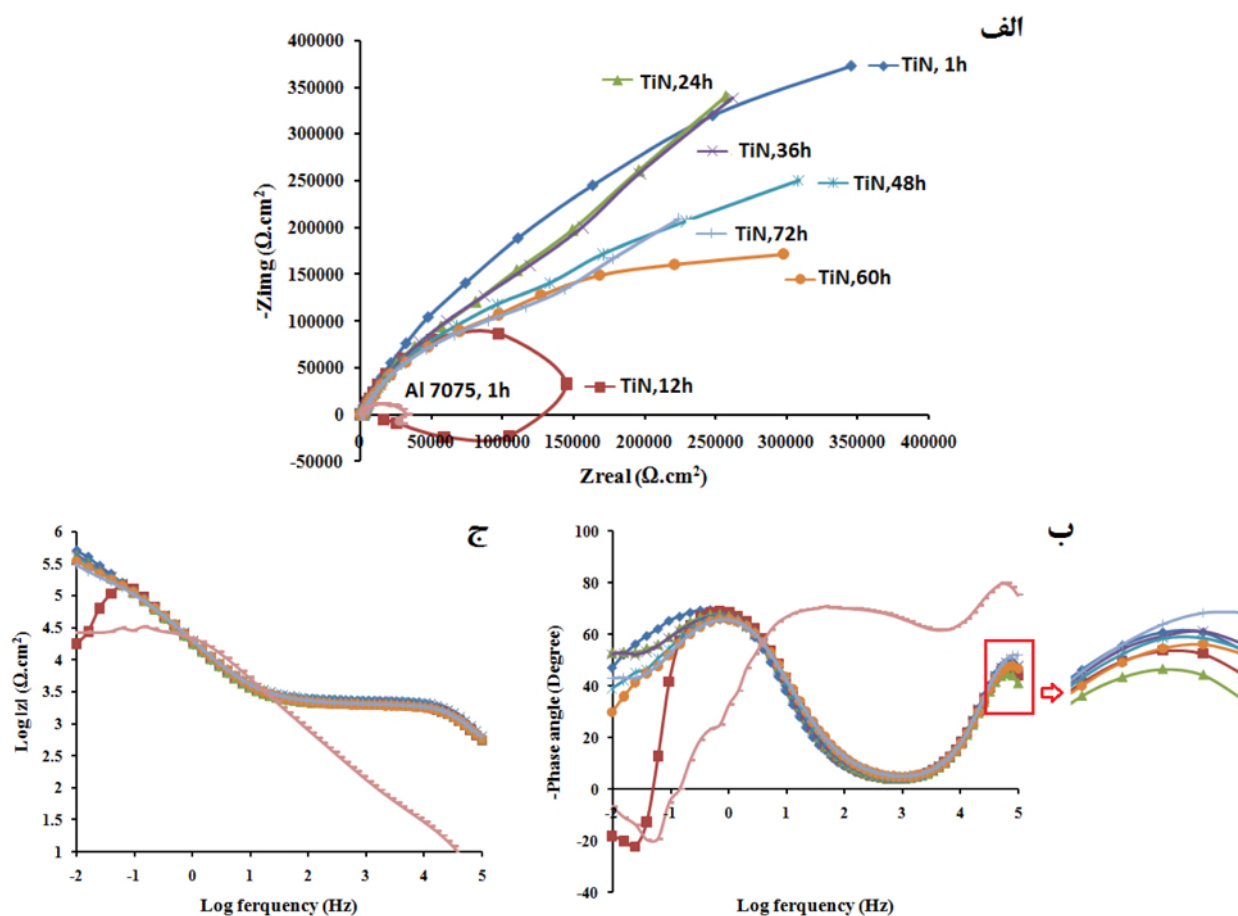
شکل ۳ - تصاویر FESEM پوشش نیتريد تيتانيوم در بزرگنمایی‌های مختلف، الف) ۲۰ هزار برابر، ب) ۸۰ هزار برابر، ج) ۱۰۰ هزار برابر و د) ۱۵۰ هزار برابر.



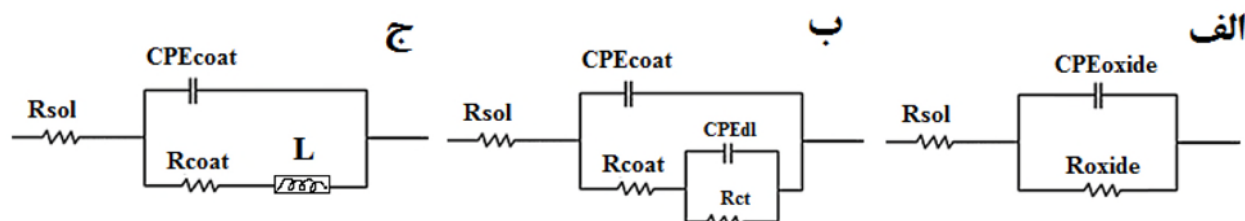
شکل ۴ - تصاویر مقطع عرضی پوشش نانوساختار نیتريد تيتانيوم در بزرگنمایی ۳۰ و ۵۰ هزار برابر.

نظر گرفته شده، یک مدار معادل در زمان‌های ۱، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۶۰ و ۷۲ ساعت غوطه‌وری که دارای فاکتورهای R_{coat} و CPE_{coat} که مربوط به پوشش نانو ساختار TiN است، که واکنش‌های سطحی بیانگر تشکیل لایه دوگانه در فصل مشترک زیرلایه و محلول ۰/۵ مولار نمک طعام است (شکل ۶ - ب)، اما در زمان غوطه‌وری ۱۲ ساعت تشکیل جذب و واجذب یون‌های محلول و همچنین انجام واکنش‌های سطحی منجر به ایجاد مقاومت القایی (L) گردیده است (شکل ۶ - ج). مقادیر پارامترهای ذکر شده در شکل ۶ بطور خلاصه در جدول ۱ ارائه شده است.

جهت تعیین سازوکار و تفسیر بهتر رفتار پوشش، مدار معادل شامل مقاومت و خازن برای پوشش و محصولات تشکیل شده در محل نواقص در نظر گرفته شده است [۱۵]. رفتار ایده‌آل لایه‌ی دوگانه را می‌توان توسط یک خازن شبیه‌سازی کرد که ظرفیت آن به ظرفیت لایه‌ی دوگانه که در واقع دارای دو صفحه با آرایشی از بارهای مخالف می‌باشد، ارتباط داده می‌شود. مدار معادل پیشنهادی در شکل ۶ - الف برای نمونه بدون پوشش که R_{oxide} و CPE_{oxide} مربوط به لایه‌ی اکسیدی و R_{ct} و CPE_{dl} مربوط به مقاومت انتقال بار است و همچنین برای نمونه‌های حاوی پوشش TiN دو نوع مدار معادل در



شکل ۵ - الف) منحنی نایکوئیست، ب) منحنی بد - فاز، و ج) منحنی بد به دست آمده در ساعات مختلف غوطه‌وری در محلول ۰/۰۵ مولار نمک طعام.



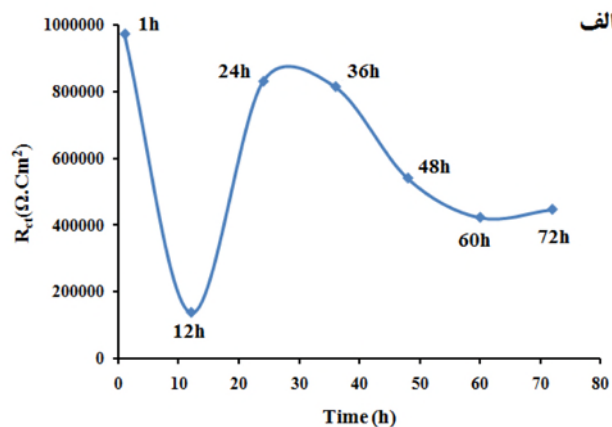
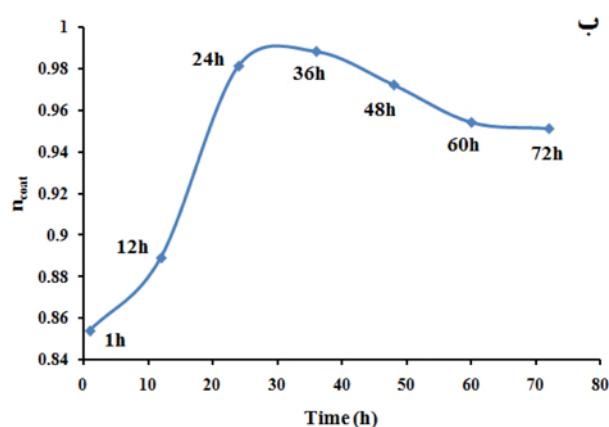
شکل ۶ - مدار معادل الف) نمونه بدون پوشش ب) نمونه شامل پوشش نانوساختار TiN در زمان‌های غوطه‌وری ۱، ۲۴، ۳۶، ۴۸، ۶۰ و ۷۲ ساعت، و ج) نمونه شامل پوشش نانوساختار TiN در زمان‌های غوطه‌وری ۱۲ ساعت.

داده شده، و نتایج آن بطور خلاصه در جدول ۲ ارائه شده است، دانسیته جریان خوردگی پوشش بسیار کمتر از زیرلایه (حدود ۴/۵ برابر کمتر) است که نشان‌دهنده بهبود مقاومت خوردگی آلومینیوم ۷۰۷۵ بوسیله اعمال پوشش نانوساختار TiN است. از جدول ۲ می‌توان دریافت که تأثیر حفاظتی زیرلایه با اعمال پوشش به ۷۸ درصد می‌رسد. اما بطور کلی در پوشش‌های TiN به دلیل ساختار ستونی، سوراخ‌ها به آسانی در طی رشد ساختار ستونی تشکیل می‌شوند. مرزهای ستونی و سوراخ‌ها که عمود بر فصل مشترک پوشش / زیرلایه هستند، مسیری برای عبور ماده خورنده فراهم می‌آورند [۱۴]. تشکیل لایه روئین TiO_2 [۱۴] در شاخه آندی برای پتانسیل $V = ۰/۳۹۲$ - منحنی قطبش نمونه حاوی پوشش به خوبی قابل مشاهده است.

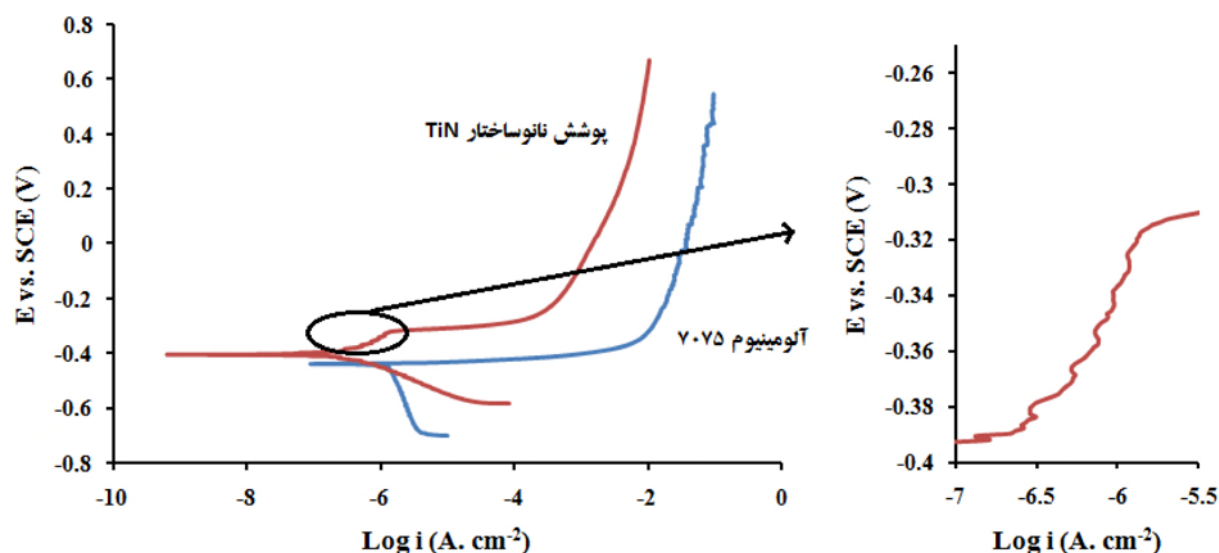
پس از ساعت ۴۸ تا پایان ساعت غوطه‌وری (۷۲) روند تقریبی ثابتی در روند مقاومت انتقال بار (شکل ۷ - الف) مشاهده شده که می‌تواند به دلیل تشکیل یک لایه پایدار اکسیدی در ناحیه فصل مشترک الکترولیت و زیرلایه باشد [۱۶]. همچنین مطابق منحنی ۷ - ب، n_{coat} که بیانگر همگنی و هموار بودن پوشش است با افزایش زمان غوطه‌وری تا ۲۴ ساعت افزایش و سپس به مقدار ثابت و یکنواختی تا مدت زمان ۷۲ ساعت غوطه‌وری رسیده است، که می‌تواند بیانگر خورده شدن بلندی‌های مشاهده شده در نقاط گوشه‌دار مشاهده شده در تصاویر FESEM پوشش نانوساختار TiN (شکل ۳ - د) باشد، که در نهایت منجر به افزایش همگنی، یکنواختی و همواری پوشش گردیده است. منحنی‌های قطبش پتانسیودینامیک نمونه حاوی پوشش نانو ساختار TiN و زیرلایه بدون پوشش آلومینیوم ۷۰۷۵ در شکل ۸ نشان

جدول ۱ - پارامترهای بدست آمده از مدار معادل نمونه بدون پوشش و نمونه حاوی پوشش نانوساختار TiN در زمان‌های مختلف غوطه‌وری در ۰.۵ مولار نمک طعام.

Sample	Time period (h)	R_{sol} ($\Omega.Cm^2$)	R_{coat} ($\Omega.Cm^2$)	CPE_{coat} ($\mu F.cm^{-2}.sn^{-1}$)	n_{coat}	R_{ct} ($k\Omega.Cm^2$)	CPE_{dl} ($\mu F.cm^{-2}.sn^{-1}$)	n_{dl}	L (Henri)
TiN nanostructured coating	۱	۱۳۵	۱۹۶۶	۰.۳۸۶	۰.۸۵۴	۹۷۲	۱۳.۱۷	۰.۸۲۲	-
	۱۲	۸۴	۱۹۵۳	۱.۳۰۳	۰.۸۸۹	۱۳۷	-	-	۸.۲۸۱۱۵
	۲۴	۹۶	۱۶۳۷	۰.۳۶۴	۰.۹۸۱	۸۳۰	۱۳.۵۶	۰.۷۹۹	-
	۳۶	۹۱	۱۹۷۳	۰.۳۴	۰.۹۸۸	۸۱۴	۱۲.۷۱	۰.۷۹۴	-
	۴۸	۸۷	۱۹۱۱	۰.۴۳۶	۰.۹۷۲	۵۴۰	۱۲.۰۴	۰.۸۰۱	-
	۶۰	۸۶	۱۷۳۶	۰.۰۰۶	۰.۹۵۴	۴۲۲	۱۲.۰۲	۰.۷۹۵	-
	۷۲	۷۸	۱۸۵۸	۰.۰۰۵	۰.۹۵۱	۴۴۶	۱۲.۶۳	۰.۷۷۳	-
Al 7075	۱	۱۰۱	۳۳۲۴۷	۷.۵۷۸	۰.۷۶۸۷	-	-	-	-



شکل ۷ - الف) نمودار مقاومت انتقال بار بر حسب زمان غوطه‌وری، و ب) نمودار n_{coat} بر حسب زمان غوطه‌وری در محلول ۰/۵ مولار نمک طعام.



شکل ۸ - منحنی‌های قطبش پتانسیودینامیک نمونه‌های آلومینیوم ۷۰۷۵ و پوشش نانو ساختار TiN.

جدول ۲ - پارامترهای حاصل از برونیابی منحنی قطبش پتانسیودینامیک.

نمونه	E_{corr} (V)	I_{corr} (A/cm ²) × 10 ⁻⁶	P (%)
آلومینیوم ۷۰۷۵ بدون پوشش	-۰.۴۳۸	۱.۷۷۸	-
پوشش نانو ساختار TiN	-۰.۴۰۱	۰.۳۸۹	۷۸

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، پوشش نانو ساختار TiN با استفاده از فرایند کند و پاش خلاء بالا در دمای پایین بر روی سطح آلومینیوم ۷۰۷۵ اعمال شد. نتایج نشان دهنده ایجاد پوشش نانو ساختار کاملاً همگن و یکنواخت با جهت کریستالی مرجع (۱۱۱)، ضخامتی حدود ۱۴۰۰ نانومتر با اندازه کریستالیت ۲۹ نانومتر است. چگالی جریان خوردگی پوشش نیتريد تیتانیوم بسیار کمتر از زیرلایه آلومینیومی (حدود ۴/۵ برابر کمتر) است که نشان‌دهنده بهبود مقاومت خوردگی آلومینیوم ۷۰۷۵ بوسیله اعمال پوشش نانو ساختار TiN است، که منجر به اثر حفاظتی پوشش نانو ساختار TiN به مقدار ۷۸٪ شده است. تغییرات مقاومت انتقال بار بر حسب زمان غوطه‌وری بیانگر تشکیل یک لایه پایدار اکسیدی در ناحیه فصل مشترک برق کاف و زیرلایه، و همچنین تغییرات n_{coat} بیانگر افزایش همواری پوشش با افزایش زمان غوطه‌وری است. بطور کلی دو نوع سازوکار در جهت بهبود رفتار خوردگی پوشش نانو ساختار TiN موثر هستند، که عبارتند از: تشکیل فاز اکسید تیتانیوم در محل نواقص و ترک‌ها، و تشکیل فاز اکسید آلومینیوم در محل نواقص و ترک‌های بسیار عمیق، که منجر به دستیابی محلول به فصل مشترک پوشش و زیرلایه گردیده 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] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] M. Jaroš, J. Musil, R. Čerstvý, S. Haviar, Effect of energy on structure, microstructure and mechanical properties of hard Ti(Al,V)N_x films prepared by magnetron sputtering, *Surface and Coatings Technology*, Vol. 332, 2017, Pp.190-197.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Q. Wan et al., Corrosion behaviors of TiN and Ti-Si-N (with 2.9 at.% and 5.0 at.% Si) coatings by electrochemical impedance spectroscopy, *Thin Solid Films*, Vol. 616, 2016, Pp. 601-607.
- [13] W.-G. Kim and H.-C. Choe, Effects of TiN coating on the corrosion of nanostructured Ti-30Ta-xZr alloys for dental implants, *Applied Surface Science*, Vol. 258, No. 6, 2012, Pp. 1929-1934.
- [14] 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.
- [15] Y. Barsukov, J. R. Macdonald, *Electrochemical impedance spectroscopy, Characterization of Materials*, John Wiley & Sons, 2nd Ed, 2012.
- [16] R. Akid, M. Gobara, and H. Wang, Corrosion protection performance of novel hybrid polyaniline/sol-gel coatings on an aluminium 2024 alloy in neutral, alkaline and acidic solutions, *Electrochimica Acta*, Vol. 56, No. 5, 2011, Pp. 2483-2492.



کنگره ملی خوردگی

وزارت صنعت، معدن و تجارت

تهران - ۲۵ و ۲۶ اسفندماه ۱۳۹۹
به همراه کارگاه‌های آموزشی و نمایشگاه جانبی

19th National Corrosion Congress
Feb 2020, 25 - 26, Tehran-Iran



congress.ica.ir
congress@ica.ir
تلفن ۸ - ۸۸۳۴۴۲۸۷ و دورنگار ۸۸۳۴۷۷۴۹



حامیان

الماس



شرکت پایش صنعت نوین
کنترل خوردگی - تجهیزات بازرسی فنی
PAYESH SANAT NOVIN
Corrosion Prevention - Inspection Equipment



نقره

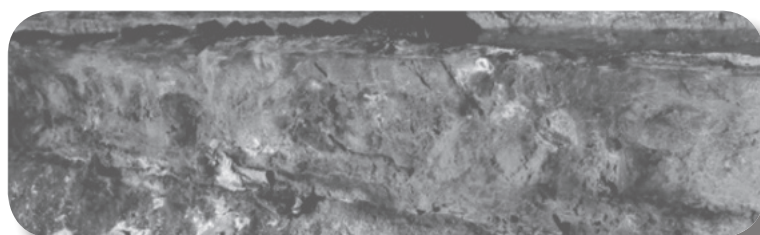


همکار ستاد اجرایی کنگره (هوا)
شرکت همایش صنعت انرژی
تلفن ۸۸۸۱۲۴۷۱ و ۸۸۸۶۵۵۴۳



برنز

دنیای خوردگی



واژه‌های خوردگی و حفاظت فلزات

معرفی کتاب

روی خط اینترنت

● واژه‌های خوردگی و حفاظت فلزات

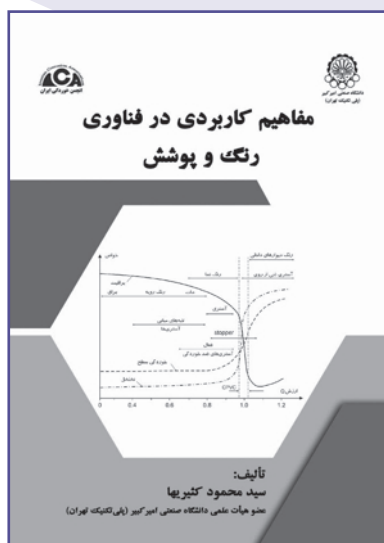


واژه‌های مهندسی خوردگی که در این بخش آورده شده است، از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۵؛ توسط گروه واژه‌گزینی فرهنگستان زبان و ادب فارسی با همکاری انجمن خوردگی ایران، در کارگروه برو ن‌پذیر مهندسی خوردگی بررسی و در شورای واژه‌گزینی تصویب شده‌اند که به ترتیب حروف الفبا در مجله زنگ منتشر می‌گردد.

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.

ا، ۱

electropolishing	الکتروپرداخت
بهبود کیفیت و ظاهر سطح یک فلز از طریق آند کردن آن در محلول رسانای مناسب	
electrode	الکتروُد
عنصر رسانایی که از راه آن جریان الکتریکی به محیط وارد یا از آن خارج شود	
standard electrode	الکتروُد استاندارد
الکتروُدی که برای اندازه‌گیری پتانسیل الکتروُد به کار می‌رود	
standard hydrogen electrode, standard reference half-cell	الکتروُد استاندارد هیدروژن
الکتروُد پلاتین در یک مولار اسید در مجاور گاز هیدروژن در فشار یک بار	
auxiliary electrode, counter electrode, secondary electrode	الکتروُد کمکی
آلیاژی که از نظر اکسایش و حفظ استحکام در مقابل حرارت بیش از یک سوم نقطه ذوب خود مقاوم باشد	
nickel-based superalloy	آبرآلیاژ نیکلی
نوعی الکتروُد در پیل‌های برق شیمیایی / الکتروشیمیایی که گیرنده یا دهنده جریان به الکتروُد آزمون است	
reference electrode	الکتروُد مرجع
الکتروُد قطبش‌ناپذیری که پتانسیل‌های تکرارپذیر بالایی تولید می‌کند و در اندازه‌گیری پ.هاش و آنالیز قطبش‌نگاری به کار می‌رود	
hydrogen electrode, hydrogen half cell	الکتروُد هیدروژن
نوعی نیم‌پیل که در آن نمونه صفحه پلاتینی در محلول یک مولار یون‌های هیدروژن غوطه‌ور است و گاز هیدروژن با فشار یک اتمسفر بر آن دمیده می‌شود	
electrophoresis, cataphoresis, ionophoresis	الکتروکوچ
فرایند الکتروشیمیایی که در آن ذرات کلوئیدی یا درشت‌مولکولی با بار الکتریکی مشخص تحت تأثیر جریان الکتریکی در محلول کوچ می‌کنند	
electronegative	الکترون‌کشان
خصلت اتمی که تمایل به جذب الکترون و کسب بار منفی جزئی داشته باشد	
electronegativity	الکترون‌کشانی
توانایی نسبی اتم در پیوند شیمیایی برای جذب الکترون‌های مشترک	
electrodeposition, electrocoating	الکترونهشت
نشاندن رنگ باردار شده به روش الکتریکی بر روی سطح رسانای دارای بار مخالف	
anodic electrodeposition	الکترونهشت آندی
نوعی روش پوشش‌دهی که در آن قطعه به صورت آند در محلول قرار می‌گیرد	
cathodic electrodeposition	الکترونهشت کاتدی
نوعی روش پوشش‌دهی که در آن قطعه به صورت کاتد در محلول قرار می‌گیرد	



عنوان کتاب: مفاهیم کاربردی در فناوری رنگ و پوشش

مؤلف: مهندس سید محمود کتیریا

انتشارات: انجمن خوردگی ایران با همکاری دانشگاه صنعتی امیرکبیر

یک واقعیت انکارناپذیر که مهندسین خوردگی باید به آن توجه وافر داشته باشند این است که خسارات خوردگی و هزینه‌های مرتبط با آن بیشتر صرف تهیه و اعمال پوشش‌ها می‌شود و این هزینه‌های نگهداشت همیشه پنهان است و نمی‌توان آن را با هزینه تعویض یک شاخه لوله، یا کف یک مخزن و تعویض لوله‌های یک مبدل حرارتی قیاس نمود. لذا همیشه توجه کارشناسان خوردگی را باید متوجه عملیات رنگ‌آمیزی و هزینه‌های مرتبط با آن جلب نمود تا به نوعی سهم خسارات خوردگی را که حدود ۴۰ درصد مربوط به رنگ و پوشش می‌باشد و از بیشترین سهم برخوردار است جبران نمود.

مؤلف کتاب، آقای مهندس کتیریا ارتباط خود را با محافل تولید رنگ و اساتید این حرفه در دنیا به‌ویژه با کشور آلمان حفظ کرده است و اسم کشور ایران را به دفعات در مجلات معتبر رنگ آلمان به چاپ رسانده است. از این‌رو مطالب این کتاب شامل مواردی کاربردی می‌باشد ...

شمارگان: ۵۰۰ نسخه، سال نشر: ۱۳۹۷، تعداد صفحه: ۵۱۲، قیمت: ۵۰۰/۰۰۰ ریال



عنوان کتاب: راهنمای تزریق مواد شیمیایی در واحد - برای کارورهای تصفیه‌خانه

مترجم: مهندس محمدرضا حامدغفار

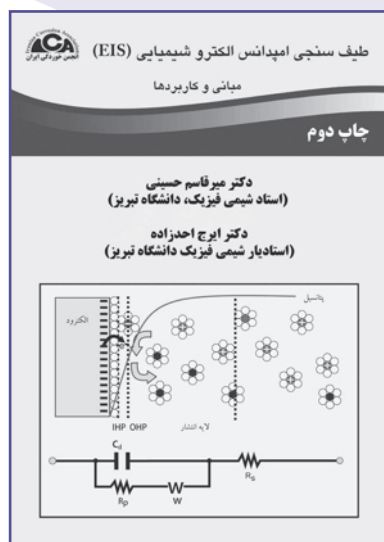
انتشارات: انجمن خوردگی ایران

قطبش خوردگی در سامانه‌های تصفیه و انتقال آب از مهم‌ترین و گسترده‌ترین زمینه‌های دانش خوردگی است. گذشته از نوع آب تولیدی، آشامیدنی - شهری و یا صنعتی، هر سامانه تصفیه و انتقال آب نیازمند توجه ویژه است.

کتاب حاضر برای کارورهای مجتمع‌های تصفیه‌خانه آب شهری، آب‌های صنعتی و همچنین مجموعه سرویس‌های جانبی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی مفید می‌باشد. همچنین کتاب حاوی اطلاعات مفیدی برای انتخاب و ذخیره‌سازی مواد شیمیایی از نقطه نظرهای فنی و حقوقی است که برای گروه‌های خرید و تأمین کالا در مجموعه‌های بزرگ نفت، گاز و پتروشیمی مفید خواهد بود.

این کتاب توسط آقای مهندس محمدرضا حامدغفار از اعضای برجسته انجمن خوردگی ایران به فارسی ترجمه شده است. ایشان مهندس سرویس‌های جانبی (یوتیلیتی) در فازهای ۶ و ۸ پارس جنوبی بوده ...

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه، سال نشر: ۱۳۹۷، تعداد صفحه: ۱۷۶، قیمت: ۳۰۰/۰۰۰ ریال



عنوان کتاب: طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) - مبانی و کاربردها (چاپ دوم)

مؤلفین: دکتر میرقاسم حسینی و دکتر ایرج احدزاده

انتشارات: انجمن خوردگی ایران

کتاب حاضر که حاصل تلاش‌های علمی و تجارب کاربردی اساتید فرزانه دانشگاه تبریز می‌باشد بنا به نیاز مبرم کارشناسان علم خوردگی و تقاضای مکرر دانشجویان عزیز در مقاطع مختلف به ویژه تحصیلات تکمیلی این رشته تجدید چاپ شد.

با توجه به کاربرد گسترده طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمی در علوم مختلف نظر علوم مواد، شیمی، مهندسی شیمی، پلیمر و خوردگی، استفاده از این روش در تحقیقات بروز این حوزه‌ها سبب شده است تا محققین داخلی نیز نظیر محققان خارجی از این قافله عقب نمانند و بهره کافی از این علم در تحقیقاتشان ببرند.

انجمن خوردگی ایران ضمن تشکر وافر از مولفین محترم مطالعه این اثر ارزشمند را به دانشجویان عزیز در رشته‌های مختلف مهندسی به ویژه شیمی، خوردگی، شیمی فیزیک و ... توصیه می‌نماید.

با آرزوی فراوان برای پیشبرد علوم مهندسی به ویژه در زمینه دانش خوردگی.

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه، سال نشر: ۱۳۹۷، تعداد صفحه: ۳۴۳، قیمت: ۲۲۰/۰۰۰ 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 به عنوان حامی رسانه‌ای و معنوی این گونه همایش‌ها و نمایشگاه‌ها از تمامی اعضا 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 می باشد.

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

[illegible][illegible]

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

نهمین نمایشگاه بین‌المللی دریایی ایران

نمایشگاه و کنفرانس دریایی و صنایع فرا ساحل آسیا

۳۰ تا ۳ شهریورماه ۱۳۹۸ - همگامی 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 19 Expo

دبیرخانه دائمی نمایشگاه تهران، خیابان شرععی، بعد از حسینه ارشاد خیابان، قبا کوجه خوشک، پلاک ۱۴ واحد ۳
تلفن: ۳۷۸۹۳۰۸۰۹

شانزدهمین نمایشگاه بین‌المللی متالورژی

ایران متافو
The 16th INTERNATIONAL EXHIBITION OF METAF

۱۱ تا ۱۳ مهرماه ۱۳۹۸
Tehran International Permanent Fairground 29 Nov - 2 Dec, 2019

تلفن: ۰۲۱-۸۸۲۰۳۰۲۰
www.iranmetafo.com

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

فکس: ۰۲۱-۴۶۹۳۹۳۶ تلفن: ۰۲۱-۹۵۱۱۸۱۲ همراه: ۰۹۱۵۳۴۳۳۶۵۰
آدرس: تهران - خیابان ولیعصر - بین رشت و طالقانی - ساختمان سبز - واحد ۷

همایش

در صنایع پتروشیمی

حفاظت از خوردگی و بازرسی فنی

۱۶ الی ۱۷ مهرماه ۱۳۹۸

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

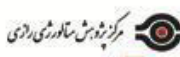
اهداف برگزاری همایش

- 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 اجرایی همایش:

تهران، خیابان دکتر شریعتی، خیابان ملک، نبش کوچه شکوری، پلاک یک، طبقه سوم، واحد نه
تلفن: ۷-۷۷۶۵۴۰۹۶ - ۷۷۶۴۶۶۳۶ - ۹۱۲۰۱۴۹۸۳۳ فاکس: ۷۷۵۲۳۵۰۴



بیشتر بدانیم

بیشتر بدانیم



● خوردگی در صنایع

بررسی علل خوردگی و تخریب شیرهای شناور (فلوتر) مورد استفاده در منابع انبساط

● بازرسی و پایش خوردگی

مطالعه رفتار خوردگی فولادهای X70، X65 و X80 در محیط خورنده شبیه سازی شده گاز ورودی به پالایشگاه شرکت پالایش گاز پارسین

● پرونده ویژه

بررسی رفتار الکتروشیمیایی فولاد زنگ نزن ۳۲۱ در نسبت های مختلف اتیلن گلیکول و آب

خوردگی در صنایع

بررسی علل خوردگی و تخریب شیرهای شناور (فلوتر) مورد استفاده در منابع انبساط

میلاد قمری^{۱*}، ساسان ولاشجردی فراهانی^۲، یحیی جافریان^۳

^۱ کارشناس ارشد خوردگی - مرکز پژوهش متالورژی رازی

^۲ مدیر گروه خوردگی و پوشش - مرکز پژوهش متالورژی رازی

^۳ مدیر عامل - مرکز پژوهش متالورژی رازی

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: Corrosion@razi-center.net

چکیده

شیرهای شناور (فلوتر) که به منظور ثابت نگه داشتن ارتفاع آب درون مخازن و منابع انبساط مورد استفاده قرار می گیرند پس از ۴ ماه استفاده در سامانه و تماس با آب شهری دچار خوردگی و تخریب به شکل فرورفتگی به همراه حفره ها از داخل به سمت خارج نشیمنگاه شیر و کندگی در این موضع و لبه های آب بند شیر شده اند. به منظور بررسی و مطالعات خوردگی و تخریب رخ داده، پس از بازرسی چشمی از نواحی تخریب شده مورد نظر، آزمون اسپکترومتری نشری جهت تعیین ترکیب شیمیایی عناصر تشکیل دهنده شیر، روی آن انجام گرفت. بررسی های ساختاری توسط میکروسکوپ نوری روی مقطعی از نمونه تخریب شده و سالم صورت گرفت. مطالعات تکمیلی روی مقطع شیر تخریب شده و توپولوژی سطح داخلی آن، توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و آنالیز عنصری (EDS-SEM) از محصولات خوردگی جهت شناسایی اجزاء آن صورت گرفت. نتایج بررسی های انجام شده نشان داد که پوشش نیکل در سطح داخلی شیر به دلیل ضخامت کم در اثر ایجاد اغتشاش و تلاطم سیال در شرایط سرویس به مرور زمان از بین رفته و سیال که حاوی اکسیژن و کلر احتمالی می باشد با برنج زیر لایه در معرض مستقیم قرار گرفته است و متعاقب آن برنج زیر لایه تحت تاثیر اکسیژن سیال و محیط و یون کلر احتمالی در سیال دچار خوردگی زدایش روی شده است؛ ساختار متخلخل مسی باقیمانده و با استحکام پایین مجدداً تحت تاثیر اغتشاش و تلاطم سیال در موضع موردنظر دچار خوردگی سایشی یا رفتگی شده که نتیجه آن تخریب قطعه موردنظر بوده است.

واژه های کلیدی: شیرهای شناور، فلوتر، پوشش نیکل، برنج، خوردگی انتخابی، زدایش روی، خوردگی سایشی یا رفتگی؛

۱- مقدمه

فلوتر (شناور) یا شیر کنترل سطح آب ابزاری است که ارتفاع آب را داخل مخزن ثابت نگه می‌دارد؛ با کاهش سطح آب و پایین آمدن ارتفاع تویی شناور، شیر باز شده و جریان آب به داخل مخزن برقرار می‌شود. از جمله موارد استفاده فلوترها در منابع انبساط می‌باشد. به طور کلی منبع انبساط مخزنی است که جهت تحمل فشار اضافی سیال گرم شده و جبران کمبود آب در گردش در سامانه‌های حرارت مرکزی استفاده می‌گردد. دو هدف اصلی از نصب منبع انبساط در سامانه‌های بسته حرارت مرکزی عبارت است از مستهلک نمودن فشار آب ناشی از افزایش حجم آب گرم شده در دیگ و جبران کمبود آب در گردش موجود در سامانه حرارت مرکزی.

دمای سیال داخل لوله در سامانه‌های حرارت مرکزی بر اثر حرارت منتقل شده به آنها از دیگ بخار بالا می‌رود؛ لذا سیال موجود (آب) منبسط شده و حجم آن نسبت به حجم اولیه بیشتر می‌گردد و به لوله‌ها و اتصالات موجود در سامانه لوله‌کشی فشار وارد می‌شود که احتمال ترکیدگی دیگ و سامانه انتقال سیال بسیار زیاد است. بنابراین در این حالت شیر اطمینانی که بر روی دیگ برای مواقع بحرانی تعبیه شده است فعال شده و آب اضافی را تخلیه می‌کند. شیرهای اطمینان ضریب امنیت بالایی نداشته و ممکن است در اثر بروز مشکل نتوانند فشار اضافی را تحمل نمایند، علاوه بر آن خروج آب گرم شده از سامانه باعث هدر رفت آب و انرژی می‌شود. به همین سبب بر روی سامانه انتقال سیال (سامانه لوله‌کشی) مخزنی نصب می‌گردد که بتواند افزایش حجم آب در گردش سامانه گرمایش را تحمل نماید. البته عملکرد دیگری که منبع انبساط در سامانه انتقال سیال گرم دارد جبران کمبود آب در گردش سامانه است که در صورت کاهش آب به دلایل مختلف از جمله وجود نشتی در سامانه، آب مورد نیاز سامانه را تامین می‌کند. از این رو منبع انبساط علاوه بر اتصال به آب در گردش سامانه گرمایش، به یک شیر ورودی آب شهری به همراه یک شناور (فلوتر) متصل است.

یکی از چالش بر انگیزترین مسئله پیش رو در جوامع صنعتی امروز، خوردگی قطعات و تجهیزات مورد استفاده در تاسیسات می‌باشد که می‌تواند مشکلاتی چون خسارت، توقف تولید و مشکلات اقتصادی سنگینی به وجود آورد. خوردگی می‌تواند هم به شکل یکنواخت و هم به صورت موضعی و در قالب خوردگی‌های چون سایشی، حفره‌ای، انتخابی، تنشی، حبابی، شیری و ... اثر مخرب بر تجهیزات داشته باشد. خوردگی سایشی عبارت است از افزایش سرعت خوردگی یا از بین رفتن یک فلز در اثر حرکت نسبی بین یک مایع خورنده و سطح فلز. معمولاً این حرکت خیلی سریع است و اثرات سایش مکانیکی و یا سائیده شدن وجود دارد. گاهی اوقات حرکت باعث تقلیل سرعت خوردگی می‌گردد، مخصوصاً مواقعی که تحت شرایط ساکن خوردگی موضعی اتفاق بیفتد، لکن این خوردگی سایشی نیست، زیرا سرعت خوردگی افزایش نیافته است [۳].

خوردگی سایشی دارای ظاهر شیاردار، موجی شکل، سوراخ‌های کروی شکل و ناهموار می‌باشد و معمولاً این اشکال در جهت خاصی قرار گرفته‌اند [۳].

تعداد زیادی از محیط‌های خورنده می‌توانند باعث خوردگی سایشی گردند که شامل گازها، محلول‌های آبی، سامانه‌های آبی و فلزات مذاب می‌باشد. مثلاً گازهای گرم ممکن است فلز را اکسید نمایند و سپس سرعت‌های بالای گاز پوسته محافظ روی آن را از بین ببرد. همچنین جامدات معلق در مایعات مخصوصاً از نقطه نظر خوردگی سایشی مخرب می‌باشند [۳].

کلیه تجهیزاتی که در معرض مایعات متحرک می‌باشند، در معرض خوردگی سایشی قرار دارند. بعضی از این تجهیزات عبارتند از: سامانه‌های لوله‌کشی، مخصوصاً زانوها یا پیچ‌ها، سه راهی‌ها، شیرها، دستگاه‌های گریز از مرکز، پروانه‌ها، همزن‌ها و مخازن متحرک، لوله‌های مبدل حرارتی مثل دیگ‌های بخار و چگالنده، پره‌های توربین، افشانه‌ها، خطوط نجار و دودکش‌ها، گیوتین‌ها، زره‌های آسیاب‌ها و تجهیزاتی که در معرض پاشش قرار دارند [۳].

فاکتورهای موثر بر خوردگی سایشی:

پوسته‌های سطحی [۳]

ماهیت و خواص پوسته‌های محافظ سطحی که روی بعضی فلزات و آلیاژها تشکیل می‌گردد، از نظر مقاومت در برابر خوردگی سایشی خیلی اهمیت دارد. توانایی این پوسته‌ها برای حفاظت فلز بستگی به سرعت یا سهولت تشکیل آن‌ها در مراحل اولیه و تماس با محیط خورنده، مقاومت آن‌ها در مقابل خسارات مکانیکی یا سایش و سرعت تشکیل مجدد آن‌ها در صورت صدمه دیدن یا از بین رفتن دارد. پوسته سطحی که سخت، متراکم، چسبنده و پیوسته باشد، نسبت به موقعی که پوسته به سهولت سائیده و یا کنده شود، حفاظت بهتری به وجود خواهد آورد. اگر پوسته ترد باشد و تحت تنش ترک خورده و خرد شود دیگر محافظ نخواهد بود. گاهی اوقات ماهیت پوسته محافظی که روی سطح یک فلز به وجود می‌آید بستگی به محیط خورنده‌ای که فلز در آن قرار دارد خواهد داشت، که این عامل تعیین کننده مقاومت خوردگی سایشی در آن محیط می‌باشد.

سرعت حرکت سیال [۳]

سرعت حرکت در خوردگی سایشی نقش مهمی بر عهده دارد. غالباً سرعت به شدت بر مکانیزم واکنش‌های خوردگی اثر می‌گذارد. همچنین سرعت‌های بالا باعث سایش مکانیکی می‌گردند، مخصوصاً مواقعی که محلول حاوی جامدات معلق می‌باشد. در شکل ۱ اثر سرعت حرکت بر خوردگی بعضی فلزات و آلیاژها در آب دریا نشان داده شده است. این اطلاعات نشان می‌دهند که اثر سرعت بین صفر تا مقادیر بالایی متغیر است. افزایش سرعت حرکت معمولاً باعث افزایش نرخ

مکانیکی آن‌ها پایین‌تر است. سختی معیار نسبتاً خوبی از مقاومت سایشی مکانیکی است ولی لزوماً در پیش‌بینی مقاومت خوردگی سایشی معیار خوبی نخواهد بود. روش‌های زیادی برای تولید فلزات و آلیاژهای سخت و یا سخت کردن آن‌ها وجود دارد. یک روش مطمئن برای بهبود مقاومت به خوردگی سایشی، سخت کردن به وسیله محلول جامد می‌باشد.

یکی دیگر از انواع خوردگی‌های مخرب، پدیده جدایش عناصر آلیاژی (Dealloying) است که روی بعضی از آلیاژهای مهندسی رخ داده و موجب کم شدن یک عنصر خاص در آلیاژ شده [۱۱-۴] و ساختار آلیاژ به صورت متخلخل در می‌آید [۴]. تخریب آلیاژها بر اثر بروز پدیده جدایش عناصر آلیاژی، ناگهانی می‌باشد، زیرا خواص مکانیکی آلیاژ تخریب شده به شدت افت خواهد کرد [۴]. زدایش روی در آلیاژهای برنج یکی از انواع پدیده جدایش انتخابی می‌باشد. زدایش روی نوعی خوردگی است که توسط انحلال انتخابی روی از آلیاژهای برنج ایجاد می‌شود. این نوع خوردگی ترجیحاً در مورد آلیاژهای غنی از روی (برنج زرد) با بیش از ۱۵ تا ۲۰ درصد روی و در آب‌های حاوی Cl^- رایج است. انحلال روی باعث می‌شود که یک جرم متخلخل و ترد از مس، با استحکام مکانیکی کم باقی بماند. در اثر این نوع خوردگی، رنگ قطعه از زرد به قرمز تغییر می‌کند. برنجهایی که حاوی کمتر از ۱۵ درصد روی باشند، معمولاً نسبت به این نوع خوردگی مصون هستند [۲].

محققان مختلف دو مکانیزم را برای خوردگی جدایشی پیشنهاد کرده‌اند: (۱) زدایش انتخابی ساده که در آن تنها روی حل شده و یک توده متخلخل از مس به جای می‌گذارد. (۲) انحلال برنج و بلافاصله به دنبال آن رسوب فلز مس. در هر دو مورد، نتیجه نهایی، انحلال و جدا شدن انتخابی روی از برنج است [۲].

Material	Typical corrosion rates, mdd*		
	1 ft/sec†	4 ft/sec‡	27 ft/sec§
Carbon steel	34	72	254
Cast iron	45	—	270
Silicon bronze	1	2	343
Admiralty Brass	2	20	170
Hydraulic bronze	4	1	339
G bronze	7	2	280
Al bronze (10% Al)	5	—	236
Aluminum brass	2	—	105
90-10 Cu Ni (0.8% Fe)	5	—	99
70-30 Cu Ni (0.05% Fe)	2	—	199
70-30 Cu Ni (0.5% Fe)	<1	<1	39
Monel	<1	<1	4
Stainless steel type 316	1	0	<1
Hastelloy C	<1	—	3
Titanium	0	—	0

*Milligrams per square decimeter per day.

†Immersed in tidal current.

‡Immersed in seawater flume.

§Attached to immersed rotating disk.

Source: International Nickel Co.

شکل ۱ - خوردگی فلزات به وسیله آب دریا با سرعت‌های مختلف [۱].

خوردگی می‌گردد. اثر سرعت ممکن است تا رسیدن به یک سرعت بحرانی صفر یا خیلی کم باشد، و به مجرد رسیدن به سرعت بحرانی به شدت افزایش یابد. شکل ۱ چند مثال را در این مورد نشان می‌دهد، افزایش سرعت از یک تا ۴ ft/sec تأثیر کمی بر نرخ خوردگی داشته ولی در سرعت ۲۷ ft/sec خوردگی شدیدی به وجود آمده است. در مورد فلزات پایین جدول سرعت بالای فوق‌الذکر کمتر از سرعت بحرانی برای آن‌ها می‌باشد.

افزایش سرعت بسته به اثر آن بر سازوکار خوردگی، ممکن است باعث افزایش و یا کاهش نرخ خوردگی گردد.

تلاطم یا توربولانس [۳]

اکثر انهدام‌های ناشی از خوردگی سایشی در اثر توربولانس یا جریان اغتشاشی می‌باشد. توربولانس باعث بهم زدن و تلاطم بیشتر مایع روی سطح فلز نسبت به جریان لامینار (جریان آرام) می‌گردد. توربولانس باعث تماس بیشتر بین محیط و فلز گردیده و در نتیجه می‌تواند عامل افزایش خوردگی سایشی باشد.

نوع جریان به سرعت و مقدار مایع و همچنین به شکل هندسی و نوع طراحی بستگی دارد. علاوه بر سرعت، لبه‌های تیز، شیارها، رسوبات، تغییر سریع سطح مقطع و موانع دیگر که جریان لامینار را مختل نمایند ممکن است باعث خوردگی سایشی گردد. پروانه‌ها اجزائی هستند که تحت شرایط جریان‌های اغتشاشی کار می‌کنند.

برخورد [۳]

بیشتر انهدام‌ها، ناشی از برخورد مایع با سطح فلز می‌باشند. جامدات معلق و گاهی اوقات حباب‌های گاز در مایع، اثر برخوردی را افزایش می‌دهند. حباب‌های هوا فاکتور مهمی در تسریع خوردگی سایشی هستند.

نوع فلز یا آلیاژ [۱ و ۳]

مقاومت فلزات و آلیاژها در برابر خوردگی سایشی بستگی به ترکیب شیمیایی، مقاومت خوردگی، سختی و تاریخچه متالورژیکی آن‌ها دارد. مقاومت خوردگی فلزات و آلیاژها عمدتاً به وسیله ترکیب شیمیایی تعیین می‌گردد. چنانچه فلز فعال باشد، یا آلیاژی که از عناصر فعال تشکیل شده باشد، مقاومت خوردگی آن عمدتاً بستگی به توانایی تشکیل نگهداری پوسته محافظ دارد. اگر فلز نجیب‌تری باشد، دارای مقاومت به خوردگی ذاتی خوبی می‌باشد. بنابراین چنانچه کلیه عوامل دیگر مساوی باشند، فلزی که دارای مقاومت در برابر خوردگی سایشی بالاتری است، مقاوم‌تر خواهد بود. مثلاً آلیاژ ۸۰ درصد نیکل و ۲۰ درصد کروم مقاوم‌تر از آلیاژ ۸۰ درصد آهن و ۲۰ درصد کروم است زیرا نیکل دارای مقاومت ذاتی بیشتری نسبت به آهن می‌باشد. به همین دلیل آلیاژ نیکل - مس مقاومت به خوردگی بهتری از آلیاژ روی - مس دارد.

فلزات نرم از نظر خوردگی سایشی ضعیف‌ترند، زیرا مقاومت سایشی

از داخل به سمت خارج نشیمنگاه شیر رخ داده است؛ این کندگی ها در لبه های قطعه آب بند نیز مشاهده شد (شکل ۲). همچنین کاهش ضخامت تقریباً تا ۱/۳ برابر در نواحی از مواضع تخریب شده در شیر کارکرده نسبت به شیر سالم ارزیابی شد. همانطور که مشخص می باشد نواحی تخریب شده با تغییر جهت و کاهش قطر در طراحی و همچنین تماس قطعه آب بند و نشیمنگاه شیر مواجه اند.

نتایج آزمون تعیین ترکیب شیمیایی به روش اسپکترومتری نشری از عناصر تشکیل دهنده مورد استفاده در نواحی که دچار تخریب شده اند نیز نشان داد که از آلیاژ برنج برای ساخت این نواحی استفاده شده است که این نتایج در جدول ۱ قابل مشاهده می باشد. با توجه به ترکیب شیمیایی، مشخص شد که آلیاژ مورد استفاده در تولید قطعه با استاندارد BS EN 12165 (2011) Grade CuZn40Pb2 (CW617N) با ترکیب شیمیایی جدول ۲ مطابقت دارد.

نتایج آزمون سختی سنجی میکرو که به منظور مقایسه سختی و استحکام نواحی تخریب شده و مغز نمونه صورت گرفت نیز در جدول ۳ مشاهده می شود. همان طور که مشخص است افت میزان سختی نواحی تخریب شده نسبت به نواحی مرکزی مشهود می باشد. مطالعات میکروسکوپ نوری از مقطع تهیه شده از نمونه کار کرده و

۲- مواد و روش تحقیق

مطالعات اولیه توسط بازرسی چشمی از سطوح نمونه فلوتر موردنظر نشان دهنده خوردگی و تخریب به شکل کندگی و فرورفتگی به همراه حفره ها از داخل به سمت خارج نشیمنگاه شیر آن بود؛ این کندگی ها در لبه های قطعه آب بند نیز مشاهده شد. جهت تعیین ترکیب شیمیایی و تطبیق با استاندارد ساخت، آزمون های اسپکترومتری نشری روی شیر فلوتر موردنظر انجام گرفت. آزمون سختی سنجی میکرو از نواحی تخریب شده و مغز نمونه نیز صورت گرفت. مطالعات میکروسکوپ نوری و بررسی های ساختاری از مقطع تهیه شده از نمونه کار کرده و سالم انجام گرفت. ساختار میکروسکوپی نمونه توسط محلول کاپر اچانت $(FeCl_3 + HCl)$ ظاهر گردید. مطالعات میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از مقطع تهیه شده از نمونه شیر فلوتر کار کرده و توپولوژی سطح داخلی آن صورت گرفت. آنالیز عنصری (EDS-SEM) نیز از محصولات خوردگی جهت شناسایی اجزاء آن صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

بازرسی چشمی صورت گرفته از نمونه فلوتر تخریب شده نشان داد که خوردگی و تخریب به شکل کندگی و فرورفتگی به همراه حفره ها



شکل ۲ - نواحی خوردگی و تخریب به صورت آثار کندگی، فرو رفتگی و حفره در فلوتر تخریب شده.

جدول ۱ - ترکیب شیمیایی عناصر تشکیل دهنده مورد استفاده در نواحی تخریب شده.

Zn	Pb	Sn	P	Mn	Fe	Ni	Si	Cr	Al	S
39.2	1.8	0.21	0.008	0.01	0.22	0.06	0.01	Trace	Trace	None
Ag	Co	Cu								
0.01	< 0.01	58.47								

جدول ۲ - ترکیب شیمیایی (BS EN 12165 (2011) Grade CuZn40Pb2 (CW617N).

	Cu	Al	Fe	Ni	Sn	Pb	Zn	other total
Min	57.0	*	*	*	*	1.60	*	*
Max	59.0	0.05	0.30	0.30	0.30	2.50	Rem	0.20

جدول ۳ - نتایج آزمون میکرو سختی نواحی تخریب شده و مغز نمونه.

عدد سختی (HV)				نیروی اعمالی (grf)	موقعیت سختی سنجی
میانگین	سختی ۳	سختی ۲	سختی ۱		
۱۲۶	۱۲۶	۱۲۸	۱۲۴	۲۵	مغز نمونه تخریب شده
۶۲	۶۵	۵۸	۶۲	۲۵	ناحیه تخریب شده

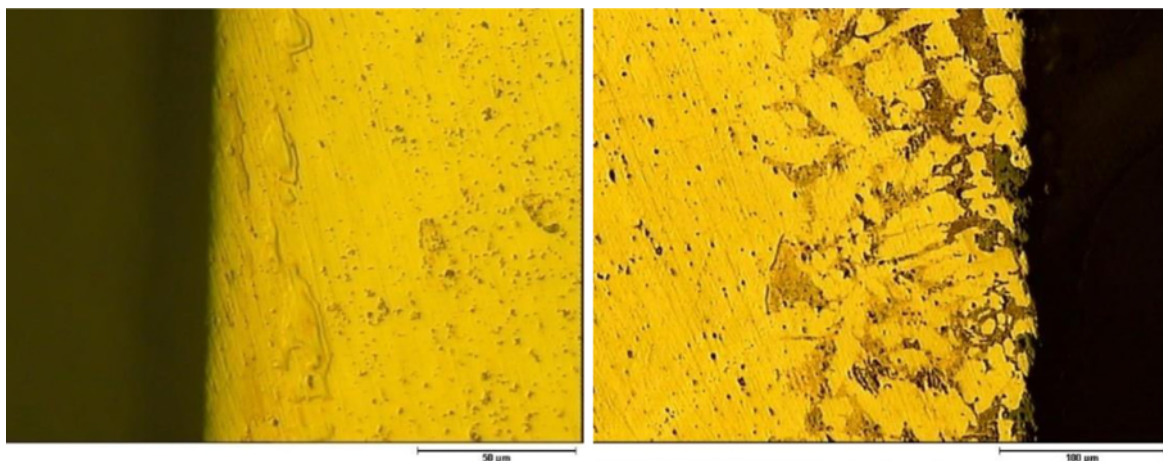
سیال آب عبوری از شیر و یا احتمالاً ناشی از محلول اچ مورد استفاده جهت مطالعات میکروسکوپ نوری دانست. به منظور مطالعات بیشتر، تمرکز بیشتر در اجزای مشاهده شده در ناحیه سطح نمونه صورت گرفت به طوریکه آنالیز EDS از نقاط B و C در این ناحیه صورت پذیرفت (شکل ۱۰) که نکته قابل توجه از نتایج اولاً وجود کلر در هر دو آنالیز و ثانیاً خالی شدن ناحیه B از عنصر روی بود که می‌توان وقوع پدیده خوردگی زدایش روی در نواحی سطحی در اثر محیط کلرایدی دانست که پیامد آن ساختار مسی متخلخل، کاهش استحکام ساختار و مستعد بودن آن برای پدیده خوردگی سایشی یا رفتگی می‌باشد.



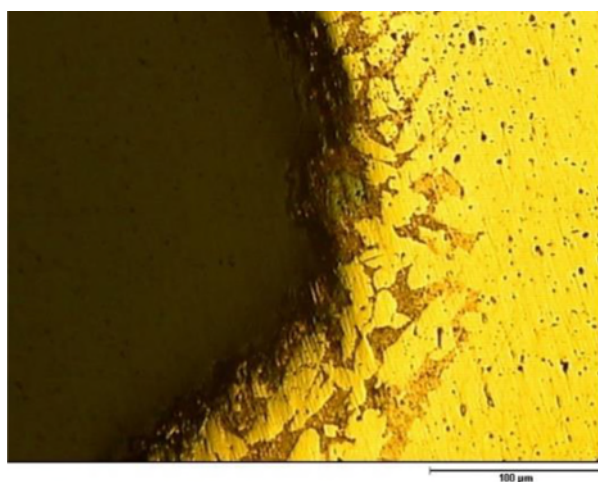
شکل ۳ - ساختار میکروسکوپی مغز نمونه مورد نظر.

سالم انجام گرفت. در این مطالعات مشخص شد که ساختار نمونه شامل نواحی سفید رنگ و سوزنی آلفا به همراه فاز سیاه رنگ بتا می‌باشد (شکل ۳) که ساختار متداول آلیاژهای ریختگی برنج می‌باشد. لازم به ذکر است که ساختار میکروسکوپی نمونه توسط محلول کاپر اچانت ($\text{FeCl}_3 + \text{HCl}$) ظاهر گردید. مطلب مهمی که در مطالعات میکروسکوپ نوری حاصل شد اختلاف در ساختار سطح با مغز ناحیه داخلی نمونه کارکرده بود که این اختلاف در ساختار در نمونه سالم مشاهده نشد. (شکل ۴) همچنین وقوع خوردگی و ایجاد فرورفتگی در سطح داخلی نمونه کارکرده کاملاً مشهود بود (شکل ۵). بررسی لایه‌های پوششی در سطح داخلی و خارجی نمونه سالم نیز نشان داد که این نواحی خارجی از پوشش با ضخامت بیشتری برخوردار می‌باشند (شکل ۶).

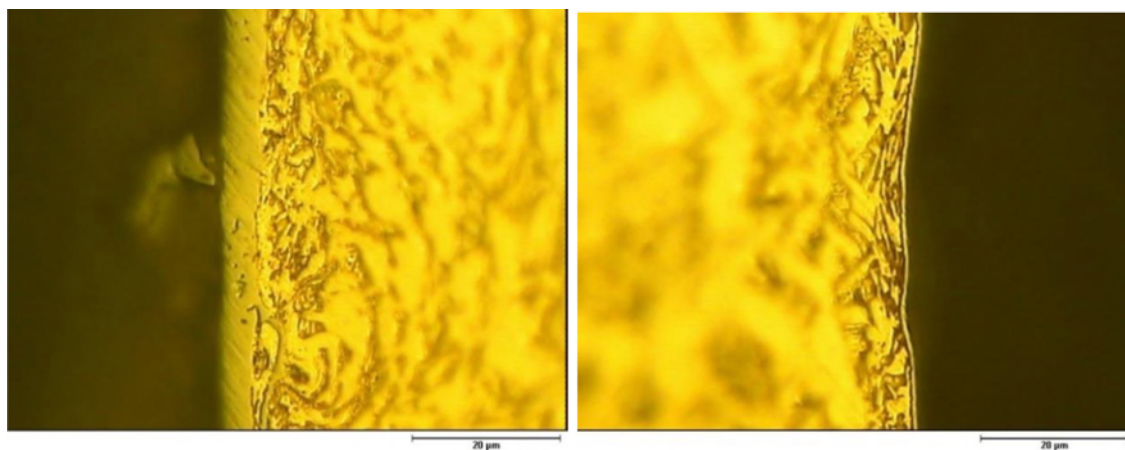
مطالعات میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از مقطع تهیه شده از نمونه شیر فلوتر کارکرده و توپولوژی سطح داخلی آن، نفوذ خوردگی در قالب ایجاد حفره و کندگی از سطح داخلی به سمت مغز را به خوبی نمایش می‌دهد (شکل ۷). همچنین در شکل ۸ اختلاف در ساختار سطح و مغز نمونه کارکرده به خوبی مشخص است. آنالیز EDS انجام گرفته از نواحی سطح با ساختار متفاوت از مغز در شکل ۹ قابل مشاهده می‌باشد. وجود عناصر مس، روی و کلر در این آنالیز حائز اهمیت می‌باشد که مس و روی را می‌توان ناشی از برنجی بودن نمونه و کلر را می‌توان ناشی از



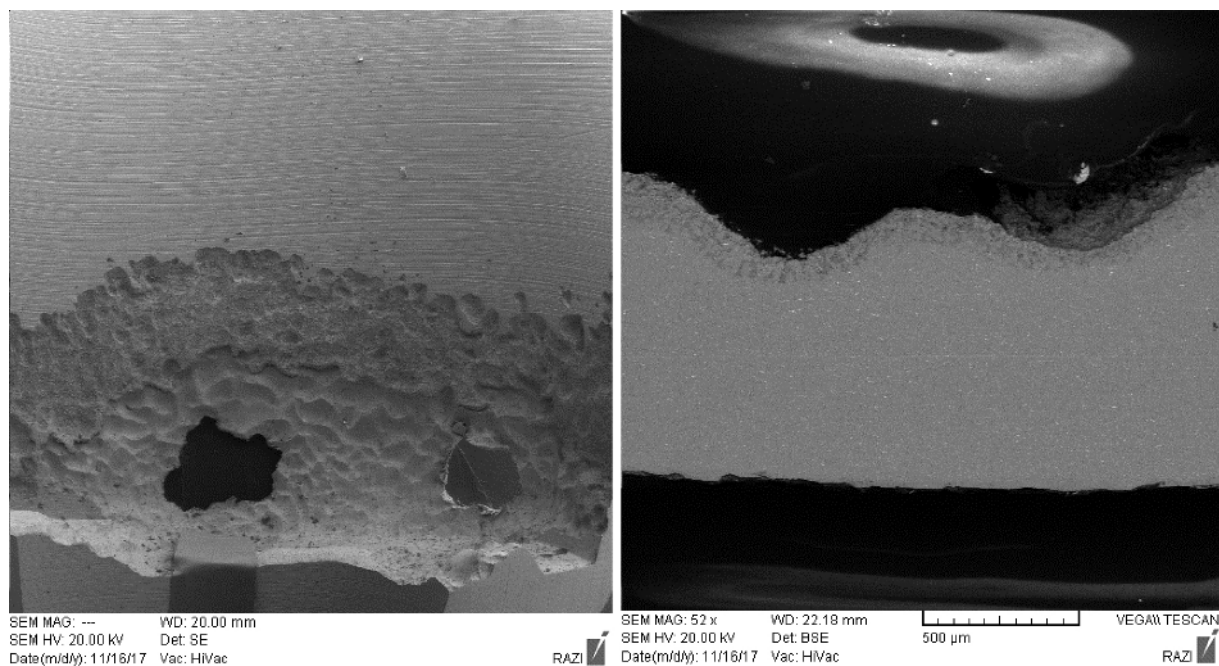
شکل ۴ - اختلاف در ساختار میکروسکوپی سطح و مغز نمونه کار کرده (سمت راست) و عدم اختلاف در ساختار میکروسکوپی سطح و مغز نمونه سالم (سمت چپ).



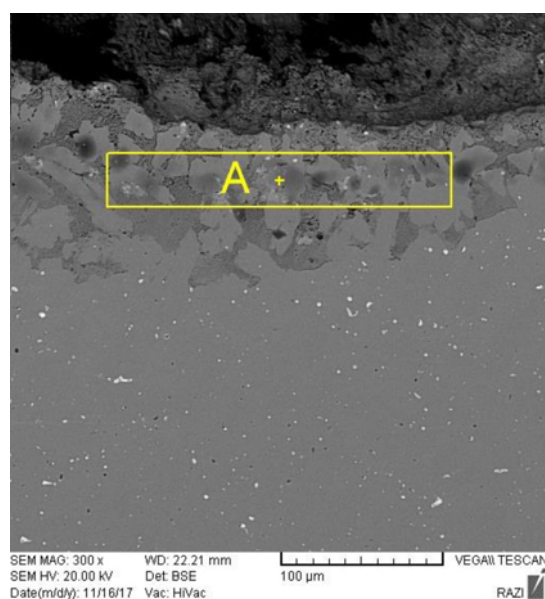
شکل ۵ - وقوع خوردگی و ایجاد فرورفتگی در سطح داخلی نمونه کار کرده.



شکل ۶ - اختلاف در ضخامت لایه پوشش سطح داخلی (سمت راست) و سطح خارجی (سمت چپ).



شکل ۷ - نفوذ خوردگی به صورت ایجاد حفره و کندگی از سطح داخلی به سمت مغز شیر؛ سمت راست تصویر از مقطع و سمت چپ توپولوژی سطح داخل شیر.



شکل ۸ - اختلاف در ساختار سطح و مغز نمونه شیر کارکرده.

Spectra: 1-A

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Carbon	K series	3.89	4.43	18.25
Oxygen	K series	2.56	2.92	9.03
Sulfur	K series	0.47	0.53	0.83
Chlorine	K series	1.08	1.23	1.72
Iron	K series	0.24	0.27	0.24
Copper	K series	60.41	68.76	53.56
Zinc	K series	18.91	21.52	16.29
Lead	L series	0.29	0.33	0.08
Total:		87.9 %		

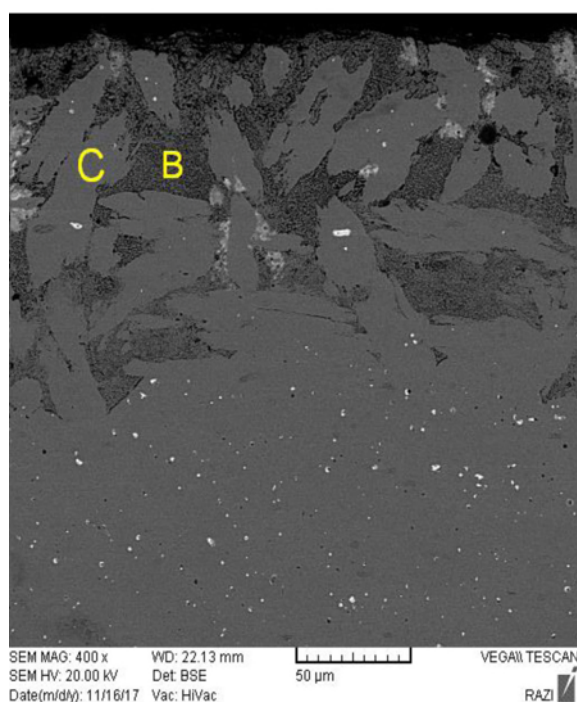
شکل ۹ - آنالیز EDS انجام گرفته از نواحی سطح با ساختار متفاوت از مغز (ناحیه A در شکل ۱۰).

مستعد تخریب‌های بعدی می‌باشد. نتایج آزمون میکروسختی نیز به خوبی کاهش میزان استحکام و سختی در نواحی تخریب شده نسبت به مغز نمونه را نشان داد. از طرفی بازرسی چشمی از شیر فلوتر نشان داد که درست در محل تخریب رخ داده، قطعه با تغییر قطر در طراحی مواجه است. این تغییر قطر از حیث ایجاد شرایط مستعد برای بروز خوردگی سایشی یا رفتگی به دلیل ایجاد اغتشاش و تلاطم سیال در این ناحیه دارای اهمیت است.

اکثر انهدام‌های ناشی از خوردگی سایشی در اثر توربولانس یا جریان توربولانت می‌باشد. توربولانس باعث بهم زدن و تلاطم بیشتر مایع روی سطح فلز نسبت به جریان لامینار (خطوط جریان مستقیم) می‌گردد. توربولانس باعث تماس بیشتر بین محیط و فلز گردیده و در نتیجه عامل افزایش دایر خوردگی سایشی می‌تواند باشد. نوع جریان به سرعت و مقدار مایع و همچنین به شکل هندسی و نوع طراحی بستگی دارد. علاوه بر سرعت، لبه‌های تیز، شیارها، رسوبات، تغییر سریع سطح مقطع و موانع دیگر که جریان لامینار را مختل نمایند ممکن است باعث خوردگی سایشی گردد [۲]. همچنین لبه‌های آب‌بند نیز تحت تاثیر محیط کلرایدی و ضربه و تماس با نشیمنگاه شیر دچار خوردگی و تخریب شده است.

به منظور اطمینان از این مساله که بخشی از میزان کلر شناسایی شده در مقطع متالوگرافی اچ شده نمونه شیر فلوتر کارکرده ناشی از محلول اچ نمی‌باشد، از محصولات خوردگی تشکیل شده در لبه‌های آب‌بند نیز آنالیز EDS صورت پذیرفت و مشخص شد که در محصولات خوردگی نیز کلر موجود می‌باشد (شکل ۱۱). اندازه‌گیری ضخامت پوشش سطح داخلی و خارجی شیر نیز نشان داد که میزان ضخامت در سطح خارجی تقریباً بیش از ۱۲ برابر سطح داخلی می‌باشد (شکل ۱۲). آنالیز EDS انجام شده از این پوشش‌ها جهت تعیین ماهیت آن‌ها نیز مشخص نمود که از جنس نیکل می‌باشند (شکل ۱۳).

با توجه به کلر شناسایی شده در محصولات خوردگی، منشا احتمالی آن را سیال آبی که از داخل شیر عبور می‌کند می‌توان دانست. وجود کلر از این نظر حائز اهمیت می‌باشد که برنج‌ها در حضور کلر می‌توانند دچار خوردگی زدایش روی شوند. همانطور که بیان شد این نوع خوردگی ترجیحاً در مورد آلیاژهای غنی از روی (برنج زرد) با بیش از ۱۵ تا ۲۰ درصد روی و در آب‌های حاوی Cl^- رخ می‌دهد. انحلال روی باعث می‌شود که یک جرم متخلخل و ترد از مس، با استحکام مکانیکی کم باقی بماند که



Spectra: 1-B

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Sulfur	K series	0.24	0.25	0.48
Chlorine	K series	1.32	1.34	2.39
Copper	K series	93.44	94.98	94.13
Zinc	K series	2.92	2.97	2.86
Lead	L series	0.46	0.46	0.14
Total:		98.4 %		

Spectra: 1-C

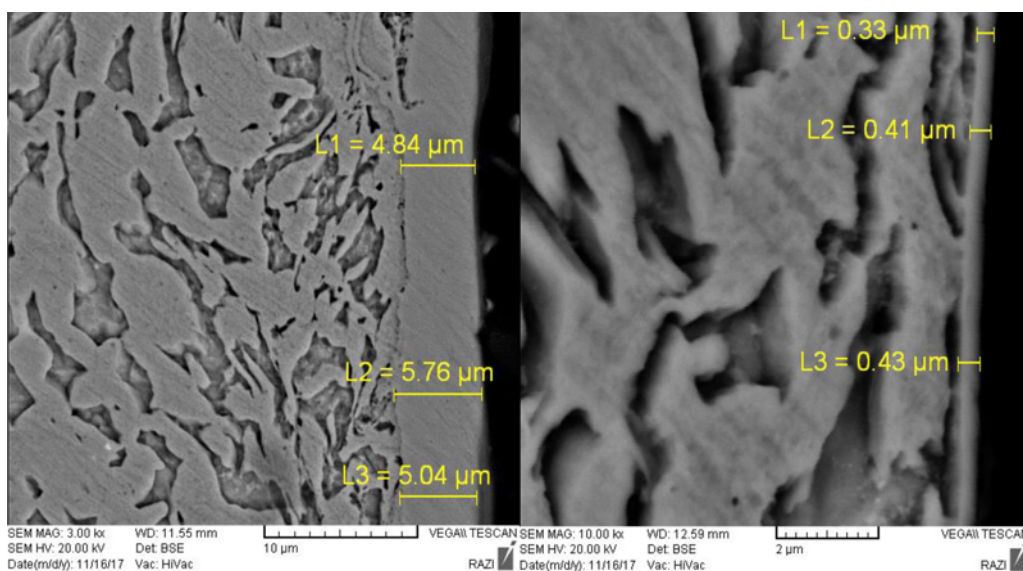
Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Chlorine	K series	0.78	0.78	1.41
Copper	K series	64.60	65.16	65.38
Zinc	K series	33.77	34.06	33.21
Total:		99.2 %		

شکل ۱۰ - آنالیز EDS از دو ناحیه B و C و وجود اختلاف در مقادیر مس و روی.

Spectra: 1-2

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Carbon	K series	6.23	7.39	21.94
Oxygen	K series	12.12	14.39	32.06
Silicon	K series	1.06	1.26	1.60
Sulfur	K series	0.46	0.54	0.61
Chlorine	K series	0.97	1.16	1.16
Potassium	K series	0.62	0.74	0.67
Calcium	K series	1.25	1.48	1.32
Iron	K series	0.68	0.81	0.51
Copper	K series	51.94	61.66	34.60
Zinc	K series	8.36	9.92	5.41
Lead	L series	0.55	0.66	0.11
Total:		84.2 %		

شکل ۱۱ - آنالیز EDS انجام شده از محصولات خوردگی تشکیل شده در لبه‌های آب‌بند.



شکل ۱۲ - ضخامت پوشش در سطح داخلی (سمت راست) و خارجی (سمت چپ) شیر.

Spectra: 2-OUT-COAT-2

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Nickel	K series	90.60	100.00	100.00
Total:		90.6 %		

Spectra: 2-IN-COAT

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Nickel	K series	44.70	48.13	50.42
Copper	K series	27.33	29.43	28.48
Zinc	K series	20.85	22.44	21.10
Total:		92.9 %		

شکل ۱۳ - آنالیز EDS انجام شده از پوشش لبه‌های داخلی و خارجی.

نتیجه گیری

در قالب نتیجه گیری دلایل خوردگی و تخریب شیر فلوتر را این گونه می توان جمع بندی نمود که پوشش نیکل در سطح داخلی شیر به دلیل ضخامت کم در اثر ایجاد اغتشاش و تلاطم سیال در شرایط سرویس به مرور زمان از بین رفته و سیال که حاوی اکسیژن و کلر احتمالی می باشد با برنج زیر لایه در معرض مستقیم قرار گرفته است و متعاقب آن برنج زیر لایه تحت تاثیر اکسیژن سیال و محیط و یون کلر احتمالی در سیال دچار خوردگی زدایش روی شده است؛ ساختار متخلخل مسی باقیمانده و با استحکام پایین مجددا تحت تاثیر اغتشاش و تلاطم سیال در موضع موردنظر دچار خوردگی سایشی یا رفتگی شده که نتیجه آن تخریب قطعه موردنظر بوده است.

منابع

- [۱] ر. زمانیان، "خوردگی و روش های کنترل آن"، موسسه انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، ۱۳۸۸.
- [۲] د. ل. پیرون، "الکتروشیمی خوردگی"، ترجمه دکتر محمدعلی گلزار با همکاری دکتر احمدرضا ریاحی، دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ سوم، زمستان ۱۳۸۷.
- [3] M. G. Fontana, Corrosion Engineering, McGraw-Hill, 3rd Edition, 1986.
- [4] API RP 571, "Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment In The Refining Industry", 2011.
- [5] R. J. Ferrara and T. E. Caton - "Review Of De-Alloying Of Cast Aluminum Bronze And Nickel Aluminum Bronze Alloys" - Materials Performance, vol. 21, No. 2, 1982, Pp. 30-34.
- [6] I. McCue, E. Benn, B. Gaskey, and J. Erlebacher, "Dealloying And Dealloyed Materials", Annual Review of Materials Research, Vol. 46, 2016, Pp. 263-286.
- [7] Q. Chen and K. Sieradzki, "Mechanisms And Morphology Evolution In Dealloying", The Electrochemical Society, Vol. 160, No 6, 2013, Pp. C226-C231.
- [8] J. F. Liu, M. J. Esmacher and D. Kotwica, "Denickelification And Dezincification Of Copper Alloys In Water Environments", Microscopy And Microanalysis, Vol. 21, No. Suppl 3, 2015, Pp. 277-278.
- [9] S. GUPTA, R. R. MISHRA, M. NAGARAJ and RAJESHA S., "An Overview On Modes Of Failure Of Brass Components", International Journal of Mechanical And Production Engineering, Vol. 2, 2014, Pp. 33-36.
- [10] S. Gunji and A. Yoshitsugu, "Dealuminification Of Cu-Al-Fe-Ni Alloy By Sea Water Corrosion", Materials Transactions, Vol. 4, No. 4, 1963. Pp. 231-236.
- [11] K. H. Park, "Dezincification Corrosion And Its Prevention For Copper/Brass Radiators", SAE Transactions, Vol. 92, 1983, Pp. 1175-1183.

بازرسی و پایش خوردگی

مطالعه رفتار خوردگی فولادهای X70، X65 و X80 در محیط خورنده شبیه‌سازی شده گاز ورودی به پالایشگاه شرکت پالایش گاز پارسین

یارالله برهانی^۱، محمد حسین همتی^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مواد و متالورژی گرایش خوردگی و حفاظت از مواد، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران.
^۲ استادیار، مرکز تحقیقات فناوری و فراورش مواد نو، واحد نیشابور، دانشگاه آزاد اسلامی، نیشابور، ایران.

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: mhhemmaty@gmail.com

چکیده

در این پژوهش، رفتار خوردگی لوله‌های فولادی X70، X65 و X80 در محلول آبی مستخرج شده همراه گاز طبیعی با کمک آزمون‌های قطبش پتانسیودینامیک و امپدانس الکتروشیمیایی در شرایط هیدرودینامیک بررسی شده است. به منظور بررسی تأثیر دما، آزمون‌های قطبش پتانسیودینامیک و امپدانس الکتروشیمیایی در دو دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس و در سرعت چرخش ۵۰۰ دور بر دقیقه انجام گرفت. نتایج حاصل نشان داد که افزایش دما سبب افزایش سرعت خوردگی و کاهش مقاومت قطبش فولاد X65 می‌شود. به منظور بررسی اثر جریان سیال خورنده بر روی رفتار خوردگی، آزمون‌های الکتروشیمیایی در سرعت‌های ۲۵، ۵۰، و ۲۴۰۰ دور بر دقیقه انجام پذیرفت. بر اساس نتایج کسب شده، افزایش سرعت چرخش سبب افزایش نرخ خوردگی و کاهش مقاومت قطبش فولاد X65 شده است. در انتها مقاومت به خوردگی هر سه فولاد در شرایط عملیاتی مختلف مورد مطالعه قرار می‌گیرد. نتایج آزمون قطبش نشان داد که فولاد X65 در شرایط مختلف عملیاتی نرخ خوردگی برابر یا حتی کمتر از فولادهای X70 و X80 دارد. اگرچه مطابق آزمون امپدانس الکتروشیمیایی فولاد X70 و X80 بیش‌ترین مقاومت به خوردگی و فولاد X65 کم‌ترین آن را دارا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: فولاد X65، فولاد X70، فولاد X80، قطبش، امپدانس الکتروشیمیایی، سرعت خوردگی، مقاومت به خوردگی؛

۱ - مقدمه

امروزه صنعت نفت و گاز در کشورهای تولید کننده، به عنوان یکی از صنایع راهبردی آن کشور تلقی می‌شود. از آن جا که کشور ایران، کشور نفت خیزی است و اقتصاد کشور تا حد زیادی وابسته به درآمدهای نفتی است، سرمایه‌گذاری‌های عظیمی در این صنعت انجام می‌گیرد. در شرایط فعلی نگهداری، مقاوم‌سازی و بهسازی تجهیزات این صنایع از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. فولادهای X60 و X70 به دلیل استحکام و چقرمگی بالا در ساخت خطوط لوله بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰، بیش‌ترین فشار گاز ارسالی در خطوط لوله انتقال گاز $6/3 \text{ MPa}$ بود، در حالی که در دهه‌های ۸۰ - ۷۰ و سپس دهه ۹۰، این عدد به 10 MPa و 14 MPa رسید. در قرن ۲۱ عملیات فشار گاز خطوط لوله به مقدار $20-15 \text{ MPa}$ و حتی بیش‌تر از این مقدار رسید. در دهه ۱۹۶۰ از فولادهای X52، در دهه ۱۹۷۰ از فولادهای X65 به طور گسترده استفاده می‌شد. امروزه فولادهای X70 بیش‌ترین استفاده را در صنایع نفت و گاز دارا می‌باشند. اگرچه فولادهای X80 نیز اخیراً مورد توجه قرار گرفته‌اند [۱]. این فولادها به دلیل قرار گرفتن در محیط‌های خورنده، دچار انواع خوردگی از جمله خوردگی تنشی، حفره‌ای و هیدروژن تردی می‌شوند. تفاوت عمده این فولادها به تفاوت در میزان عناصر آلیاژی بر می‌گردد. مقدار C, P, S در فولاد X80 کمتر از فولاد X70 است، در حالی که Mo, Ni, Mn و Nb مقادیر بیشتری دارد. عناصری مثل C, P, S و اثر منفی بر روی مقاومت به خوردگی فلزات و آلیاژها دارند، در صورتی که عناصر فلزی مثل Mo و Nb به بهبود مقاومت به خوردگی خطوط لوله فولادی کمک می‌کنند [۶-۱]. محمد و همکارانش [۶]. رفتار خوردگی حفره‌ای فولاد کربنی X65 را با استفاده از قطبش پتانسیواستاتیک بررسی نمودند. نتایج پتانسیواستاتیک و SEM وقوع همزمان خوردگی حفره‌ای و خوردگی یکنواخت را نشان داد. قابل ذکر است که با افزایش پتانسیل اعمالی، هر دو مقدار خوردگی حفره‌ای و خوردگی یکنواخت با مقادیر مختلف افزایش یافت. همچنین آنالیز XRD در سطح فولاد، بیان‌گر حضور کاربید آهن (Fe_3C) به علت انحلال ترجیحی فاز فریت در ریزساختار بود. به تازگی ژانگ و همکارانش [۷] مکانیزم خوردگی حفره‌ای خطوط لوله فولادی X80 را در محیط ناخالص فوق بحرانی CO_2 بررسی کردند. نتایج نشان داد که در محیط‌های فوق بحرانی اشباع - آبی $CO_2-SO_2-NO_2-O_2$ ، عمق حفرات پس از سه روز پایدار شده‌اند که بیان‌گر رشد آهسته و ناپایدار حفرات است. همچنین با افزایش زمان غوطه‌وری، نرخ خوردگی حفره‌ای و نرخ خوردگی یکنواخت کاهش یافت. این امر به دلیل اثر حفاظتی محصولات خوردگی و کاهش گونه‌های خورنده در نواحی خورده شده بوده است. بررسی‌های سرعت چرخش نیز نشان می‌دهد که افزایش سرعت در نرخ خوردگی حفره‌ای تأثیری ندارد در حالی که سبب افزایش نرخ خوردگی یکنواخت - اگرچه به مقدار کم - شده است.

تأثیر فشار بر روی رفتار خوردگی فولادهای کربنی X60، X65، X70 و X80 در محیط فوق بحرانی غیر اشباع - آبی CO_2 مطالعه شده است [۸]. با افزایش مقدار آب در محیط، نرخ خوردگی فولادهای مذکور افزایش یافته است. همچنین درجه خوردگی یکنواخت فولادها در مقدار آب ثابت 2000 ppm در فشار 8 MPa بیش‌تر از فولادهایی است که در معرض فشار 10 MPa و 12 MPa هستند.

در هر پالایشگاه، تاسیسات ابتدایی دریافت کننده گاز (اسلگ کچر) که از جنس فولادهای X65 می‌باشند، از اهمیت ویژه و بالایی برخوردار هستند. چرا که استمرار دریافت گاز و سرویس‌دهی مابقی تاسیسات وابسته به آن می‌باشد و نقش کلیدی در ادامه تولید هر پالایشگاه دارند. حال با وجود تاسیسات تفکیک کننده، عملاً گاز دریافتی با ناخالصی‌هایی معضل‌آفرین از جمله نمک‌های کلراید، H_2S و CO_2 ، در اولین واحد ابتدایی (سیلاب‌گیر) مواجه بوده است. از این رو وجود این ناخالصی‌ها، شرایط لازم برای وقوع واکنش‌های خوردگی فراهم می‌کنند [۹]. در این پژوهش، علل خوردگی لوله‌های اسلگ کچر واحد ۴۰ گاز ورودی به پالایشگاه شرکت پالایش گاز پارسیان از جنس فولاد کربنی X65 در دماهای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس مطالعه شد. همچنین با توجه به جریان سیال در طول لوله، با شبیه‌سازی شرایط حرکت سیال در لوله‌ها، رفتار خوردگی در سرعت‌های و در سرعت‌های چرخش ۲۵، ۵۰۰ و 2400 rpm بررسی شد. در ادامه، رفتار خوردگی فولادهای X70 و X80 در شرایط مختلف مطالعه و به مقایسه مقاومت به خوردگی هر سه آلیاژ پرداخته شد.

۲ - روش تحقیق

۲-۱ - آماده‌سازی نمونه و سل الکتروشیمیایی

جنس نمونه‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر، فولاد کربنی X70، X65 و X80 است. ترکیب شیمیایی این سه آلیاژ به روش کوانتومتری تعیین شده و نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است. درصد وزنی عناصر، نتیجه حاصل از سه اسپارک است که مقدار میانگین آن‌ها در جدول مذکور آمده است.

جهت ساخت الکترو دیسک چرخان، میله‌ی از جنس فولادهای مذکور به قطر ۸ میلی‌متر با روش وایرکات تهیه گردید. سپس با استفاده از پلی‌آمید به مشخصه (SA66-PLA)، نمونه مانت گردید. سپس یک شافت فولاد زنگ‌نزن ۳۰۴ شش‌گوش مشخصه فنی پیچ (G28، $1/4 \text{ in}$) در ابعاد ($L=41 \text{ mm}$ و $D=13 \text{ mm}$) ساخته شد. شافت مذکور از انتهای نمونه مانت شده به داخل آن پیچ شد، به طوری که علاوه بر نقش محور انتقال نیرو، اتصال الکتریکی را نیز بین الکترو د و دستگاه پتانسیواستات ایجاد می‌کرد. شافت موردنظر به یک موتور الکتریکی که با جریان DC و قابلیت کنترل سرعت چرخش، متصل گردید. پیش از اجرای هر گونه آزمون خوردگی، سطح الکترودها به وسیله سنباده‌های سیلیکون کاربید، تا شماره ۱۲۰۰ تحت عملیات

کاری (نمونه مورد بررسی) انجام شد. جهت کنترل دمای محلول، سل خوردگی درون محفظه بن‌ماری قرار داده و دمای آن حین آزمون با استفاده از ترموکوپل و گرم‌کن المنتی ثابت نگه داشته شد.

۲-۲- آزمون قطبش پتانسیودینامیک

پیش از انجام هر آزمون، با هدف دست‌یابی به پتانسیل پایدار نمونه در محلول و اندازه‌گیری پتانسیل مدار باز، نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در محلول قرار گرفتند و پتانسیل آن‌ها ثبت شد. سپس پتانسیل الکتروود از ۲۵۰ mV پایین‌تر از پتانسیل مدار باز تا ۲۵۰ mV بالاتر از آن، با نرخ 1 mV.s^{-1} روبش شد. با توجه به دمای کاری خط لوله، جهت شبیه‌سازی فرآیند، تمامی آزمون‌ها در دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس انجام شد. همچنین جهت

سنباده‌زنی تر قرار گرفت. سپس سطح الکتروودها با آب مقطر شسته و در نهایت با دمش هوای گرم خشک گردیدند. به منظور بررسی اثرات مخرب مواد مضره همراه گاز شامل (کل و لای، آب، میعانات گازی) بر روی خوردگی لوله‌های اسلگ کچر واحد ۴۰۰ گاز ورودی به پالایشگاه شرکت پالایش گاز پارسیان، حدود ۴۰ لیتر از محلول فوق از پالایشگاه تهیه گردید. مخلوط موردنظر با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر با دقت 0.1 mg/l مورد آنالیز قرار گرفت. آنالیز محلول گاز موردنظر در جدول ۲ آمده است.

به منظور بررسی رفتار خوردگی، کلیه آزمون‌ها با استفاده از دستگاه پتانسیواستات IviumStat و روش متداول سه الکتروودی شامل الکتروود مرجع (الکتروود کالومل اشباع)، الکتروود شمارنده و الکتروود

جدول ۱ - ترکیب شیمیایی فولادهای X65، X70 و X80 به دست آمده از روش آنالیز کوانتومتری.

عنصر شیمیایی	درصد وزنی فولاد X65 (%)	درصد وزنی فولاد X70 (%)	درصد وزنی فولاد X80 (%)
C	۰/۰۹۲	۰/۰۶۱	۰/۰۵۱
Si	۰/۳۶۹	۰/۳۶۰	۰/۳۱۴
Mn	۰/۳۰۳	۱/۶۰۰	۱/۵۹۸
P	۰/۰۲۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸
S	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
Cr	۰/۰۸۵	۰/۱۱۲	۰/۱۱۵
Mo	۰/۰۱۴	۰/۱۹۰	۰/۱۸۲
Ni	۰	۰/۱۱۱	۰/۱۰۶
Nb	۰/۰۵۳	۰/۰۵۲	۰/۰۳۷
Cu	۰/۰۱۲	۰/۱۲۹	۰/۱۲۴
N	۰/۰۲۴	۰/۰۲۴	۰/۰۰۴
Fe	پایه	پایه	پایه

جدول ۲ - آنالیز محلول داخل لوله‌های گاز واحد اسلگ کچر.

نام واحد	Mn^{2+} (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Fe^{2+} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	HCO_3^- (mg/l)	S^{2-} (mg/l)	pH
U-400	۱/۱	۱۳۰۰	۲۷۶	۹۵۸۵	۳/۴	۱۱۰	۴۲	۰	۵/۹۵

۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی تأثیر دما

همان‌گونه که در بخش‌های پیشین ذکر شد، از روش برون‌یابی تافل می‌توان برای تعیین سرعت خوردگی یک فلز هنگامی که فرآیند انحلالش تحت کنترل فعال‌سازی است، استفاده کرد. بر این اساس سرعت خوردگی از طریق برون‌یابی منحنی‌های قطبش آندی و کاتدی تعیین شد. شکل ۱ نمودار قطبش آزمون پتانسیودینامیک فولاد X65 را در دماهای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس در شرایط هیدرودینامیکی با سرعت چرخش ۵۰۰ rpm نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱ و جدول ۳ سرعت خوردگی فولاد X65 در دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس به ترتیب 0.15 mA/cm^2 و 0.20 mA/cm^2 به دست آمد. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، با افزایش دما، نرخ خوردگی افزایش یافته است. با توجه به رابطه (۱) افزایش سرعت خوردگی با افزایش دما مورد انتظار است [۹].

$$i_{corr} = k \cdot \exp\left(-\frac{\Delta E}{RT}\right) \quad (1)$$

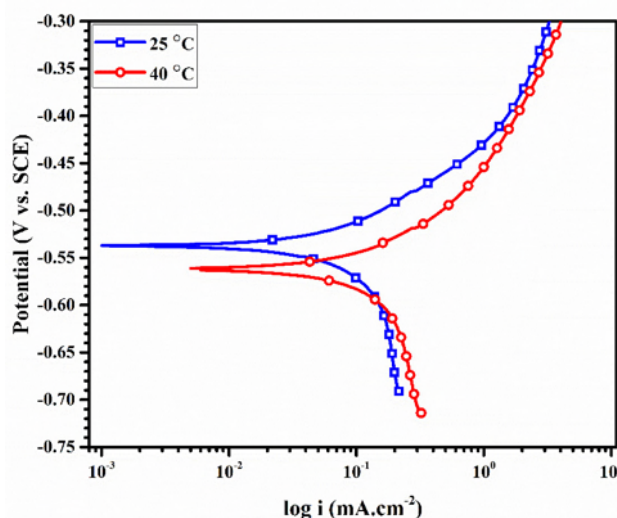
پتانسیل خوردگی فولاد مذکور در دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس به ترتیب -0.535 V و -0.560 V می‌باشد. به عبارتی دیگر، با افزایش دما، پتانسیل خوردگی فولاد X65 به مقادیر منفی‌تر کاهش یافته است.

تعیین تأثیر شرایط هیدرودینامیکی بر رفتار خوردگی، سرعت‌های چرخش ۲۵ rpm (در شرایط کاری صفر)، ۵۰۰ rpm و ۲۴۰۰ rpm اعمال گردید (انتخاب سرعت‌ها با توجه به شرایط حرکتی سیال خورنده در طول لوله‌ها بود).

۳-۲- آزمون امپدانس الکتروشیمیایی

به منظور دستیابی و انجام آزمون‌های الکتروشیمیایی در شرایط پایدار، نمونه‌ها قبل از هر آزمون به مدت ۲۰ دقیقه در محلول غوطه‌ور شده و هم‌زمان پتانسیل مدار باز یا پتانسیل خوردگی آن توسط دستگاه پتانسیواستات اندازه‌گیری و ثبت شد. پس از آن، آزمون امپدانس الکتروشیمیایی با هدف اندازه‌گیری مقاومت به خوردگی اجرا شد. بدین منظور، جریان متناوب با موج سینوسی با دامنه ۱۰ میلی‌ولت نسبت به پتانسیل خوردگی به نمونه در محدوده فرکانس ۱۰۰۰۰۰ هرتز تا ۰/۱ هرتز اعمال گردید. لازم به ذکر است جهت مدل کردن و به دست آوردن داده‌های کمی از نتایج امپدانس، از نرم‌افزار EIS Analyzer استفاده گردید.

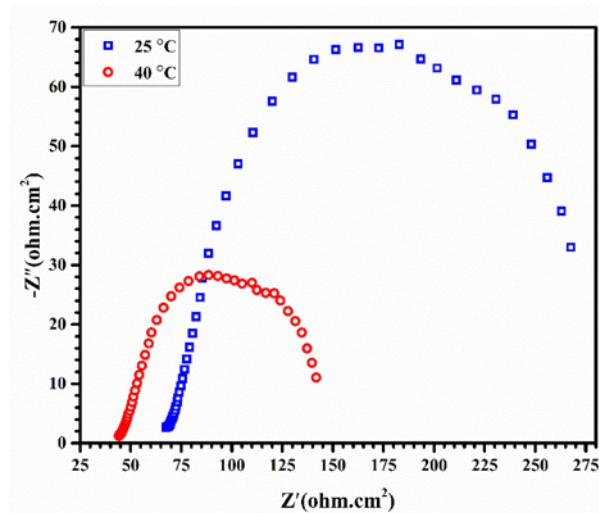
با توجه به دمای کاری خط لوله، جهت شبیه‌سازی فرآیند، تمامی آزمون‌ها در دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس انجام شد. همچنین با توجه به این که سرعت سیال در حالت عملیاتی درون لوله‌ها به صورت خطی می‌باشد، می‌بایست سرعت خطی تبدیل به دور بر دقیقه شود. بدین منظور جهت تأثیر شرایط هیدرودینامیکی بر رفتار خوردگی، سرعت‌های چرخش ۲۵ rpm (در شرایط کاری صفر)، ۵۰۰ rpm و ۲۴۰۰ rpm اعمال گردید.



شکل ۱- نمودار قطبش پتانسیودینامیک فولاد X65 با سرعت چرخش ۵۰۰ rpm در دو دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس.

جدول ۳- پارامترهای الکتروشیمیایی به دست آمده از آزمون قطبش در دماهای مختلف در سرعت چرخش ۵۰۰ rpm.

دما	$i_{corr} (\text{mA.cm}^{-2})$	$E_{corr} (\text{V vs. SCE})$	$R_p (\Omega.\text{cm}^2)$	$R_s (\Omega.\text{cm}^2)$	n	P ($\mu\text{F.cm}^{-2}$)	$C_{dl} (\mu\text{F.cm}^{-2})$
۲۵ °C	۰/۱۵	-۰/۵۳۵	۱۴۳/۱	۷۵	۰/۹۸	۵۰۰	۳۴۸
۴۰ °C	۰/۲	-۰/۵۶	۸۰	۴۵	۰/۹۹	۵۰۰	۴۸۴



شکل ۲ - نمودار نایکوئیست فولاد X65 به دست آمده از آزمون امپدانس الکتروشیمیایی با سرعت ۵۰۰ rpm در دو دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس.

با وارد کردن مدل مورد نظر در نرم‌افزار EIS Analyzer، می‌توان مقادیر کمی پارامترهای الکتروشیمیایی مدار معادل را با تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی در نرم‌افزار به دست آورد. همچنین ظرفیت خازن لایه دوگانه با کمک پارامترهای P ، n و R_p توسط رابطه (۳) محاسبه می‌شود [۱۲].

$$Z_{CPE}(\omega) = \frac{1}{P(i\omega)^n} \quad (3)$$

در عبارات فوق، p و n به ترتیب مقدار CPE و پارامتر انحراف از حالت ایده آل برای یک خازن می‌باشند.

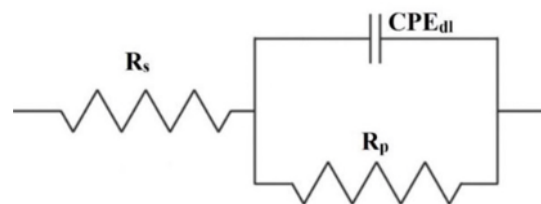
از تکنیک امپدانس به منظور تعیین مقاومت به خوردگی فولادهای کربنی در دماهای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس استفاده شد. شکل ۲ نمودار نایکوئیست فولاد X65 در دماهای مذکور با سرعت چرخش ۵۰۰ rpm نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش دما قطر نیم‌دایره‌ی امپدانس کاهش می‌یابد. قطر این نیم‌دایره‌ها عموماً به میزان مقاومت به خوردگی فولاد در آن محیط مربوط می‌شود، که مقدار بیشتر آن به بالاتر بودن میزان مقاومت به خوردگی اشاره دارد [۱۱].

با توجه به شکل ۲ و جدول ۳ می‌توان استنباط نمود که با افزایش دما از ۲۵ تا ۴۰ درجه سلسیوس، مقاومت محلول (R_s) از ۷۵ به $45 \Omega \cdot \text{cm}^2$ و مقاومت انتقال بار یا همان مقاومت قطبش (R_p) از $143/1$ به $80 \Omega \cdot \text{cm}^2$ کاهش پیدا کرده است. در منحنی امپدانس، کاهش مقاومت قطبش با کاهش قطر نیم‌دایره امپدانس و کاهش مقاومت محلول با انتقال نیم‌دایره به سمت مقادیر کمتر Z' نمود پیدا کرده است. محققین زیادی نشان دادند که افزایش دما سبب تسریع واکنش‌های شیمیایی، الکتروشیمیایی و فرآیندهای انتقال بار می‌شود، بنابراین فرآیند خوردگی نیز تسریع می‌یابد [۱۳-۱۵].

مطابق با رابطه (۴)، روشن است که مقاومت قطبش رابطه معکوس

نمودارهای نایکوئیست فولاد X65 در شکل ۲ نشان دهنده وجود تنها یک نیم‌دایره در حوزه‌ی فرکانسی که تست در آن انجام شده، است. برای یک واکنش خوردگی که تحت کنترل فرآیند انتقال بار می‌باشد، می‌توان رفتار امپدانس را با یک مدار معادل ساده، حاوی یک خازن مربوط به لایه دوگانه (CPE_{dl})، مقاومت انتقال بار (R_p) و مقاومت محلول (R_s) نشان داد. در این مدل، R_s به صورت سری با خازن لایه دوگانه و R_p بوده، درحالی‌که خازن لایه دوگانه و R_p موازی می‌باشند (شکل ۳). نکته قابل توجه در این مدار معادل این است که در آن به جای استفاده از خازن (C) از المانی بنام CPE استفاده شده است. دلیل آن را می‌توان این‌گونه بیان کرد که لایه دوگانه که در فصل مشترک فلز/محلول تشکیل می‌شوند معمولاً به صورت یک یک خازن ایده‌آل عمل نمی‌کنند. مهم‌ترین دلیل آن ناهموار و غیرهمگن بودن سطح فلز می‌باشد. بدین سبب CPE در مدار الکتروشیمیایی به عنوان یک رفتار خازنی غیر ایده‌آل تعریف شده که در مقایسه با حالت ایده آل آن، دارای پارامترهایی شامل n و P می‌باشد. مقدار n از ۱ مربوط به رفتار یک خازن ایده‌آل تا صفر که یک رفتار مقاومتی می‌باشد تغییر می‌کند و پارامتر P مستقیماً به ظرفیت خازن مربوط می‌شود. بنابراین امپدانس یک CPE را می‌توان در مقایسه با حالت ایده‌آل به صورت زیر تعریف کرد [۱۰ و ۱۱].

$$Z_{dl} = P^{-1} R_p^{-1/n} \quad (2)$$

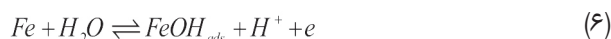


شکل ۳ - مدار معادل لایه دوگانه الکتریکی، R_p ، CPE_{dl} و R_s به ترتیب ظرفیت خازن مربوط به لایه دوگانه، مقاومت قطبش و مقاومت محلول است.

کاتدی محتمل فولاد X65 در محیط‌های آبی احیای اکسیژن می‌باشد:



قبل از واکنش احیای اکسیژن در سطح الکترو، مولکول‌های اکسیژن حل شده در محلول از میان لایه دوگانه نفوذ می‌کنند و به سطح فلز می‌رسند. بنابراین فرآیند انتقال جرم، نقش مهمی در فرآیند خوردگی فولاد بازی می‌کند، که در نهایت منجر به شدت جریان حد نفوذی در منحنی قطبش شاخه‌ی کاتدی می‌گردد. از سوی دیگر، با افزایش سرعت چرخش الکترو، نفوذ اکسیژن تسریع می‌یابد. از این‌رو شدت جریان کاتدی و شدت جریان خوردگی نیز افزایش می‌یابد [۹]. قابل ذکر است که واکنش‌های آندی در خوردگی CO_2 فولادها، واکنش انحلال فولاد بر اساس واکنش‌های زیر است [۱۶، ۱۷]:



تحقیقات نشان داده است که انحلال Fe در محلول‌های CO_2 بر اساس یک مکانیزم پی‌درپی توسط (FeOH) ads جذب شده صورت می‌گیرد [۱۶].

با هدف اندازه‌گیری مقاومت به خوردگی فولادهای X65، X70 و X80، آزمون امپدانس الکتروشیمیایی اجرا شد. نتایج مربوط به فولاد X65 در شکل ۵ آمده است. با توجه به اینکه شکل مذکور، حاکی از وجود یک نیم‌دایره امپدانس است، از این‌رو مدار معادل شکل ۳ در این سامانه صدق می‌کند. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد،

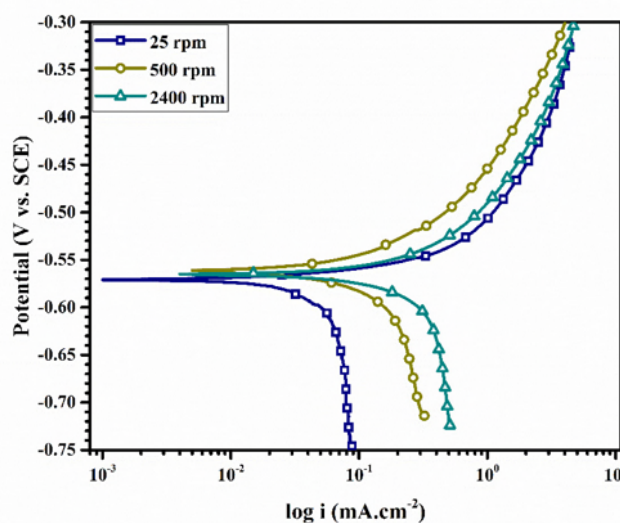
با نرخ خوردگی دارد. از این‌رو انتظار بر این است که با کاهش مقاومت قطبش، نرخ خوردگی افزایش یابد. نتایج آزمون قطبش پتانسیودینامیک فولاد X65 در شکل ۱ نیز در تأیید این موضوع می‌باشد.

$$i_{corr} = \frac{1}{2.303R_p \left(\frac{1}{b_a} + \frac{1}{|b_c|} \right)} \quad (4)$$

که در آن b_a شیب تافل آندی و b_c شیب تافل کاتدی است.

۳-۲- بررسی تأثیر سرعت چرخش

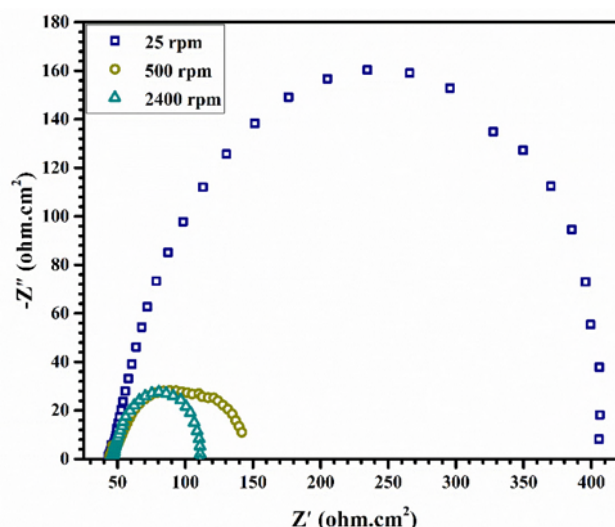
شکل ۴ نمودار قطبش فولاد X65 در سرعت‌های چرخش ۲۵، ۵۰۰ و ۲۴۰۰ rpm در دمای ۴۰ درجه سلسیوس (دمایی که نزدیک به دمای عملیاتی است) نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزایش سرعت چرخش شدت جریان کاتدی افزایش یافته و منحنی قطبش شاخه‌ی کاتدی به سمت راست حرکت کرده است. جدول ۴ مقدار سرعت خوردگی با استفاده از روش برون‌یابی تافل نشان می‌دهد. مطابق این جدول، سرعت خوردگی فولاد X65 در سرعت‌های ۲۵، ۵۰۰ و ۲۴۰۰ rpm به ترتیب برابر مقادیر ۰/۰۶، ۰/۲ و ۰/۳۵ $\Omega.cm^2$ است. به عبارتی با افزایش سرعت چرخش الکترو دیسک چرخان، نرخ خوردگی فولاد X65 افزایش می‌یابد. مقادیر پتانسیل خوردگی نیز به ترتیب افزایش سرعت برابر ۰/۵۷، -۰/۵۶ و -۰/۵۶ V (SCE) است، که نشان می‌دهد سرعت چرخش تأثیر چشم‌گیری بر روی پتانسیل خوردگی ندارد. علت افزایش نرخ خوردگی با افزایش سرعت چرخش می‌تواند افزایش نرخ واکنش کاتدی باشد. رابطه‌ی (۵) یکی از واکنش‌های



شکل ۴ - نمودار قطبش پتانسیودینامیک فولاد X65 در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و با سرعت چرخش ۲۵، ۵۰۰ و ۲۴۰۰ rpm.

جدول ۴ - پارامترهای الکتروشیمیایی به دست آمده از آزمون قطبش در سرعت‌های چرخش مختلف در ۴۰ درجه سلسیوس.

سرعت چرخش	i_{corr} (mA.cm ⁻²)	E_{corr} (V vs. SCE)	R_p (Ω .cm ²)	R_s (Ω .cm ²)	n	P (μ F.cm ⁻²)	C_{dl} (μ F.cm ⁻²)
۲۵ rpm	۰/۰۶	-۰/۵۷	۳۹۹/۵۵	۴۴	۰/۸۴	۴۰۰	۲۸۲
۵۰۰ rpm	۰/۲	-۰/۵۶	۸۰	۴۵	/۹۹	۵۰۰	۴۸۴
۲۴۰۰ rpm	۰/۳۵	-۰/۵۶	۵۵/۹	۴۴/۵	۱	۵۰۰	۵۰۰



شکل ۵ - نمودار نایکوئیست فولاد X65 به دست آمده از آزمون امپدانس الکتروشیمیایی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و با سرعت چرخش ۲۵، ۵۰۰ و ۲۴۰۰ rpm.

نزدیک به واحد عملیاتی گاز ورودی به پالایشگاه شرکت پالایش گاز پارسین مقایسه شود.

مقایسه رفتار خوردگی فولادهای X70، X65 و X80 در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت چرخش ۵۰۰ rpm در شکل ۶ آمده است. طبق شکل ۶ و جدول ۵ نرخ خوردگی فولادهای X70، X65 و X80 به ترتیب برابر ۲/۰، ۲/۵ و ۰/۲۵ mA.cm⁻² و پتانسیل خوردگی آن‌ها -۰/۵۶۰، -۰/۵۶۰ و -۰/۵۷۰ V (SCE) می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از برون‌یابی تافل، فولاد X65 با اختلاف کمی، بیش‌ترین مقاومت به خوردگی را دارا می‌باشد. پتانسیل خوردگی آن‌ها نیز تقریباً در یک محدوده قرار دارند. نمودار نایکوئیست آن‌ها در شکل ۷ آمده است. مطابق این شکل و جدول ۵ مقاومت قطبش فولادهای X70، X65 و X80 به ترتیب برابر ۸۰، ۱۰۷/۱۶ و ۱۰۳ Ω .cm² است. با تکیه بر نتایج آزمون امپدانس، در این شرایط کاری، فولاد X70 بیش‌ترین مقاومت به خوردگی و فولاد X65 کم‌ترین مقاومت به خوردگی را دارا می‌باشد.

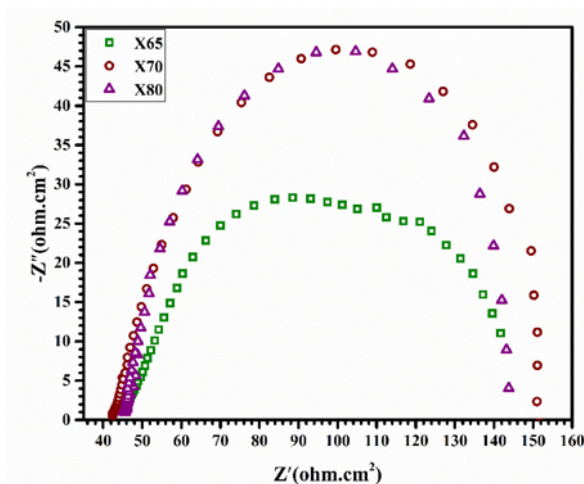
شاید علت عدم هم‌خوانی نتایج آزمون‌های قطبش پتانسیودینامیک و امپدانس الکتروشیمیایی، تفاوت در نحوه انجام آزمون‌ها در حین فرآیند

با افزایش سرعت چرخش قطر نیم‌دایره کاهش می‌یابد که دلالت بر کاهش مقاومت به خوردگی فولاد X65 دارد. اطلاعات مربوط نمودار نایکوئیست با استفاده از نرم‌افزار EIS Analyser محاسبه گردید و نتایج آن در جدول ۴ آمده است. طبق این جدول مقادیر مقاومت قطبش برای سرعت‌های ۲۵، ۵۰۰ و ۲۴۰۰ rpm به ترتیب برابر ۳۹۹/۵۵، ۸۰ و ۵۵ Ω .cm² است. تأثیر سرعت چرخش بر روی مقاومت به خوردگی فولاد بسیار بالا بوده به شدت سبب کاهش مقاومت قطبش می‌گردد. از طرفی سرعت چرخش تأثیر عمده‌ای بر روی مقاومت محلول نداشته و مقدار آن تقریباً ثابت است. ظرفیت خازن نیز با افزایش سرعت چرخش افزایش می‌یابد که در تأیید با کاهش مقاومت قطبش می‌باشد.

۳-۳ - مقایسه رفتارهای خوردگی فولادهای X70، X65 و X80

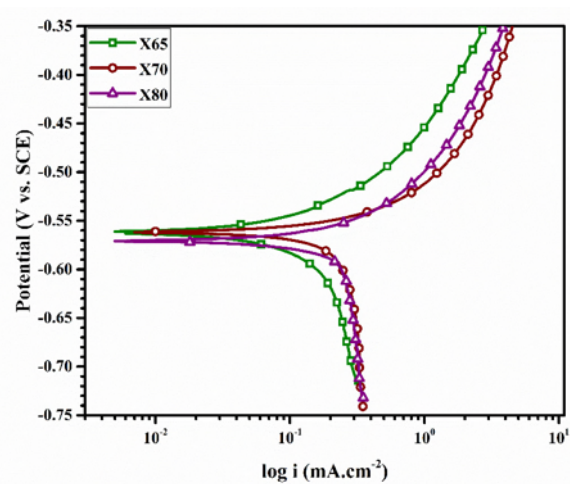
در این بخش از پژوهش به مطالعه رفتار خوردگی خطوط لوله فولادی X70، X65 و X80 در محیط مخرب حاوی یون‌های کلر، سولفات، نیترات و ... مطابق جدول ۲ پرداخته می‌شود. هدف از این بخش این است که رفتار خوردگی هر سه فولاد مذکور در شرایط

شکل ۸ نمودار قطبش فولادهای X70، X65 و X80 در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت چرخش ۲۴۰۰ rpm نمایش می‌دهد. مطابق این شکل ملاحظه می‌گردد که هر سه فولاد در شرایط مذکور رفتار یکسانی نشان داده‌اند. طبق جدول ۶ مقدار سرعت خوردگی برای فولادهای X70، X65 و X80 به ترتیب برابر ۰/۳۵، ۰/۴ و ۰/۵ mA/cm^2 است. فولاد X65 دارای کمترین نرخ خوردگی و فولاد X80 دارای بیشترین نرخ خوردگی بوده است. نمودار ناپکوئیست فولادهای مذکور در شکل ۹ آمده است. بر اساس شکل ۹ و جدول ۶ ملاحظه می‌گردد که هر سه فولاد تقریباً مقاومت به خوردگی برابری دارند. مقادیر R_p برای فولادهای X70، X65 و X80 به ترتیب برابر ۵۵/۹، ۶۲/۹ و ۷۰/۳ $\Omega.\text{cm}^2$ است. طبق این جدول فولاد X80 با اختلاف کمی دارای بیشترین مقاومت به قطبش است.



شکل ۷- نمودار ناپکوئیست فولادهای X70، X65 و X80 به دست آمده از آزمون امپدانس الکتروشیمیایی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت چرخش ۵۰۰ rpm.

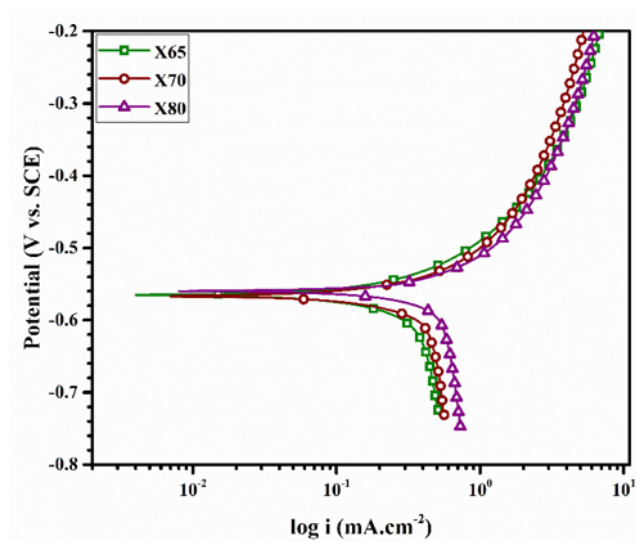
باشد. آزمون EIS از طریق تکنیک جریان اعمالی AC و آزمون PDP توسط جریان DC انجام می‌گیرد. در اندازه‌گیری سرعت خوردگی به روش تافل، ابتدا بر روی سطح نمونه واکنش کاتدی انجام می‌گیرد که این امر موجب تغییر کیفیت سطح الکتروکاتدی می‌گردد. ضمن این که نرخ روبش نیز در تعیین سرعت خوردگی از طریق روش تافل موثر است، ژانگ [۱۸] و همکارانش نشان دادند که هر چه نرخ روبش بیش‌تر شود، نرخ خوردگی به دست آمده از روش تافل نیز بیش‌تر می‌شود. از این رو به نظر می‌رسد، سرعت خوردگی به دست آمده از آزمون EIS بیش‌تر به شرایط کاری نزدیک باشد، چرا که این آزمون در پتانسیل مدار باز (OCP) انجام می‌شود. به عبارتی دیگر، در آزمون امپدانس الکتروشیمیایی، عوامل تأثیرگذار خارجی از جمله نرخ روبش، واکنش کاتدی و ... نمی‌توانند تداخلی در تعیین مقاومت خوردگی ایجاد کنند.



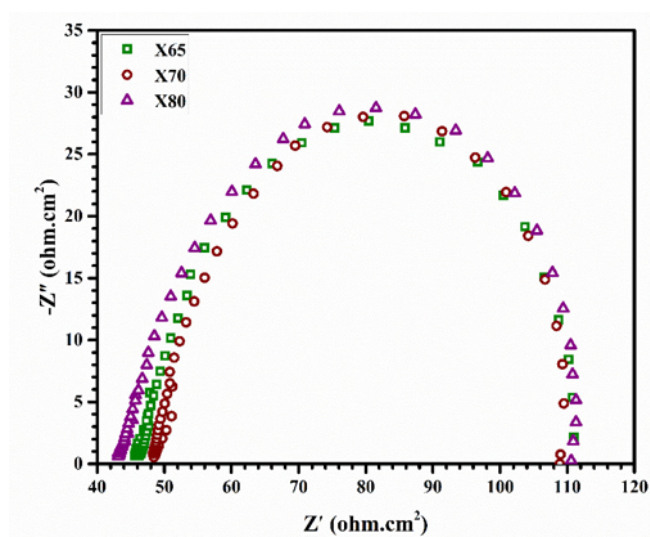
شکل ۶- نمودار قطبش پتانسیودینامیک فولادهای X70، X65 و X80 در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت چرخش ۵۰۰ rpm.

جدول ۵- پارامترهای الکتروشیمیایی فولادهای X70، X65 و X80 به دست آمده از آزمون قطبش و امپدانس الکتروشیمیایی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت چرخش ۵۰۰ rpm.

	فولاد X65	فولاد X70	فولاد X80
$i_{\text{corr}} (\text{mA}.\text{cm}^{-2})$	۰/۲	۰/۲۵	۰/۲۵
$E_{\text{corr}} (\text{V vs. SCE})$	-۰/۵۶۰	-۰/۵۶۰	-۰/۵۷۰
$R_p (\Omega.\text{cm}^2)$	۸۰	۱۰۷/۱۶	۱۰۳
$R_s (\Omega.\text{cm}^2)$	۴۵	۴۴/۳	۴۶
n	۰/۹۹	۰/۹۱	۱
P ($\mu\text{F}.\text{cm}^{-2}$)	۵۰۰	۲۰۰	۵۰۰
$C_{\text{dl}} (\mu\text{F}.\text{cm}^{-2})$	۴۸۴	۱۱۶	۵۰۰



شکل ۸ - نمودار قطبش پتانسیودینامیک فولادهای X70، X65 و X80 در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت چرخش rpm ۲۴۰۰.



شکل ۹ - نمودار نایکوئیست فولادهای X70، X65 و X80 به دست آمده از آزمون امپدانس الکتروشیمیایی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت چرخش rpm ۲۴۰۰.

جدول ۶ - پارامترهای الکتروشیمیایی فولادهای X70، X65 و X80 به دست آمده از آزمون قطبش و امپدانس الکتروشیمیایی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت چرخش rpm ۲۴۰۰.

	فولاد X65	فولاد X70	فولاد X80
i_{corr} (mA.cm ⁻²)	۰/۳۵	۰/۴	۰/۵
E_{corr} (V vs. SCE)	-۰/۵۶۰	-۰/۵۶۰	-۰/۵۶۰
R_p (Ω.cm ²)	۵۵/۹	۶۲/۹	۷۰/۳
R_s (Ω.cm ²)	۴۴/۵	۴۸/۹	۴۴
n	۱	۰/۹۱	۰/۸۵
P (μF.cm ⁻²)	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰
C_{dl} (μF.cm ⁻²)	۵۰۰	۳۵۵	۲۷۶

۱) (ترکیب شیمیایی) مراجعه شود، مشاهده می‌شود مقدار عنصر Nb برای فولادهای X70، X65 و X80 به ترتیب برابر ۰/۰۵۳، ۰/۰۵۲ و ۰/۰۳۷ و مقدار عنصر Mo به ترتیب برابر ۰/۰۱۴، ۰/۰۱۹۰ و ۰/۰۱۸۲ است. بنابراین انتظار می‌رود که تفاوت مقاومت به خوردگی این سه فولاد نباید خیلی چشم‌گیر باشد. اما با توجه به مقدار عنصر Mo که برای فولادهای X70 و X80 حدود ۱۰ برابر فولاد X65 است، افزایش مقاومت به خوردگی فولادهای X70 و X80 نسبت به X65 قابل توجیه است. در منابع گزارش شده است که فولاد X80 در مقایسه با فولاد X70 مقاومت به خوردگی بالایی در محلول شبیه‌سازی خاک دارد [۱]. با توجه به جدول ۲ که آنالیز محلول آبی درون خطوط لوله را نشان می‌دهد، ملاحظه می‌گردد که سهم عمده‌ی یون‌های مخرب را یون کلراید تشکیل می‌دهد (حدود ۱۰۰۰۰ mg/L). از این‌رو احتمال می‌رود فولادهای موردنظر در این محیط به شدت دچار خوردگی حفره‌ای شود.

در این بخش رفتار خوردگی فولادهای X70، X65 و X80 در شرایط عملیاتی مختلف بررسی شد. نتایج آزمون قطبش پتانسیودینامیک نشان داد که فولاد X65 نرخ خوردگی کم‌تری دارد. اما نتایج آزمون امپدانس الکتروشیمیایی رفتار دیگری نشان داد. طبق نتایج حاصل، فولاد X70 در شرایط دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت چرخش ۵۰۰ rpm، مقاومت به خوردگی بالاتری نسبت به سایر فولادها دارد و در شرایط دمای ۴۰ درجه سلسیوس و سرعت چرخش ۲۴۰۰ rpm، مقاومت به خوردگی فولاد X80 با اختلاف کمی بیش‌تر از سایر فولادها می‌باشد. با تکیه بر نتایج امپدانس می‌توان گفت فولادهای X70 و X80 در محیط آبی مخرب، عملکرد بهتری داشته است. اگرچه با عطف به اینکه اختلاف مقادیر مقاومت قطبش، خیلی چشم‌گیر نمی‌باشد، شاید تغییر جنس فولاد خیلی مقرون به صرفه نباشد. با توجه به این امر که عناصر Mo و Nb در مقاومت به خوردگی فولاد موثر است [۱۹]، اگر به جدول

نتیجه‌گیری

در این پژوهش علل خوردگی لوله‌های اسلگ‌کچر واحد ۴۰ گاز ورودی به پالایشگاه شرکت پالایش گاز پارسین در محیط خورنده عملیاتی حاوی آنیون‌های مهاجم توسط آزمون‌های قطبش پتانسیودینامیک و امپدانس الکتروشیمیایی بررسی شد و رفتار خوردگی فولاد X65 با دو فولاد با قابلیت مشابه مقایسه گردید. نتایج حاصل از آن به طور خلاصه شامل موارد زیر است:

۱) طبق نتایج قطبش، با افزایش دما از ۲۵ درجه تا ۴۰ درجه سلسیوس، سرعت خوردگی فولاد X65 از ۰/۱۵ mA/cm² به ۰/۲۰ mA/cm² افزایش می‌یابد. نتایج امپدانس نشان می‌دهد که با افزایش دما، مقاومت قطبش فولاد X65 (R_p) از ۱۴۳/۱ به ۸۰ Ω.cm² کاهش پیدا کرده است.

۲) افزایش سرعت چرخش از ۲۵ rpm تا ۲۴۰۰ rpm سبب افزایش نرخ خوردگی فولاد X65 شده است. نتایج حاصل از امپدانس نیز توافق خوبی با نتایج آزمون قطبش دارد و با افزایش سرعت چرخش از ۲۵ rpm تا ۲۴۰۰ rpm، مقاومت به خوردگی فولاد از ۳۹۹/۵۵ به ۵۵/۹ Ω.cm² کاهش یافته است.

۳) در انتها، رفتار خوردگی سه فولاد X70، X65 و X80 با کمک آزمون‌های قطبش و امپدانس الکتروشیمیایی مقایسه شد. نتایج آزمون قطبش نشان می‌دهد که تا حدودی فولاد X65 نرخ خوردگی کم‌تری نسبت به سایر فولادها دارد، اگرچه این اختلاف، مقدار کمی است. اما نتایج آزمون امپدانس الکتروشیمیایی حاکی از آن است که فولاد X70 و X80 دارای بیش‌ترین مقاومت به خوردگی به علت حضور مقادیر بیش‌تر عنصر آلیاژی Mo بوده و فولاد X65 کم‌ترین مقاومت به قطبش را داشته است.

تقدیر

این مقاله با حمایت و پشتیبانی شرکت ملی گاز ایران در شرکت گاز پالایش پارسین انجام شده است. لذا از همکاری صمیمانه مدیرعامل محترم و رئیس واحد پژوهش و تحقیقات و همچنین سایر همکاران تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- [1] X. Wang, X. Song, Y. Chen, Z. Wang, and L. Zhang, "Corrosion Behavior of X70 and X80 Pipeline Steels in Simulated Soil Solution," vol. 13, 2018, pp. 6436–6450.
- [2] P. Taylor et al., "Materials and Manufacturing Processes New Development of High Grade X80 to X120 Pipeline Steels New Development of High Grade X80 to X120 Pipeline Steels," no. December 2014, 2011, pp. 37–41.
- [3] R. W. Revie and S. Editor, Cracking of Pipelines. .

- [4] M. A. Hegazy, M. Abdallah, M. K. Awad, and M. Rezk, "Three novel di-quaternary ammonium salts as corrosion inhibitors for API X65 steel pipeline in acidic solution. Part I: Experimental results," *Corros. Sci.*, vol. 81, 2014, pp. 54–64.
- [5] C. W. Du, X. G. Li, P. Liang, Z. Y. Liu, G. F. Jia, and Y. F. Cheng, "Effects of Microstructure on Corrosion of X70 Pipe Steel in an Alkaline Soil," vol. 18, no. March, 2009, pp. 216–220.
- [6] S. Mohammed, Y. Hua, R. Barker, and A. Neville, "Applied Surface Science Investigating pitting in X65 carbon steel using potentiostatic polarisation," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 423, 2017, pp. 25–32.
- [7] Y. Xiang, C. Li, W. Hesitao, Z. Long, and W. Yan, "The Journal of Supercritical Fluids Understanding the pitting corrosion mechanism of pipeline steel in an impure supercritical CO₂ environment," *J. Supercrit. Fluids*, vol. 138, no. October 2017, 2018, pp. 132–142.
- [8] M. Xu, W. Li, Y. Zhou, X. Yang, Z. Wang, and Z. Li, "International Journal of Greenhouse Gas Control Effect of pressure on corrosion behavior of X60 , X65 , X70 , and X80 carbon steels in water-unsaturated supercritical CO₂ environments," *Int. J. Greenh. Gas Control*, vol. 51, 2016, pp. 357–368.
- [9] G. A. Zhang and Y. F. Cheng, "Electrochemical corrosion of X65 pipe steel in oil/water emulsion," *Corros. Sci.*, vol. 51, no. 4, 2009, pp. 901–907.
- [10] X.-Z. · Yuan, C. Song, H. Wang, and J. Zhang, *Electrochemical Impedance Spectroscopy in PEM Fuel Cells*. 2010.
- [11] M. E. Orazem and B. Tribollet, *Electrochemical Impedance Spectroscopy*, vol. 48. 2008.
- [12] B. Hirschorn, M. Orazem, B. Tribollet, ... V. V.-E., and undefined 2010, "Determination of effective capacitance and film thickness from constant-phase-element parameters," Elsevier.
- [13] G.A. Zhang, Y.F. Cheng, Electrochemical corrosion of X65 pipe steel in oil/water emulsion, *Corros. Sci.* vol. 51, 2009, pp. 901–907.
- [14] E. Sosa, V. García-Arriaga, H. Castaneda, Impedance distribution at the interface of the API steel X65 in marine environment, *Electrochim. Acta.* vol. 51, 2006, pp. 1855–1863.
- [15] Y.L. Zhang, M. Du, J. Zhang, J.Q. Du, Corrosion behavior of X65 carbon steel in simulated oilfield produced water, *Mater. Corros.* vol. 66, 2015, pp. 366–374.
- [16] Y.L. Zhang, M. Du, J. Zhang, J.Q. Du, Corrosion behavior of X65 carbon steel in simulated oilfield produced water, *Mater. Corros.* vol. 66, 2015, pp. 366–374.
- [17] C.W. Du, X.G. Li, P. Liang, Z.Y. Liu, G.F. Jia, Y.F. Cheng, Effects of Microstructure on Corrosion of X70 Pipe Steel in an Alkaline Soil, vol. 18, 2009, pp. 216–220.
- [18] X.L. Zhang, Z.H. Jiang, Z.P. Yao, Y. Song, Z.D. Wu, Effects of scan rate on the potentiodynamic polarization curve obtained to determine the Tafel slopes and corrosion current density, *Corros. Sci.* vol. 51, 2009, pp. 581–587.
- [19] F. Mohammadi, F.F. Eliyan, A. Alfantazi, Corrosion of simulated weld HAZ of API X-80 pipeline steel, *Corros. Sci.* vol. 63, 2012, pp. 323–333.

پرونده ویژه

بررسی رفتار الکتروشیمیایی فولاد زنگ نزن ۳۲۱ در نسبت‌های مختلف اتیلن گلیکول و آب

فرزاد بنی اسد آزاد^{۱*}، ساناز صادقی^۲، ایمان دانایی^۳

^۱ کارشناسی ارشد، مهندسی ایمنی و بازرسی فنی، دانشگاه صنعت نفت، آبادان.

^۲ کارشناسی ارشد، مهندسی ایمنی و بازرسی فنی، دانشگاه صنعت نفت، آبادان

^۳ دانشیار، گروه مهندسی ایمنی و بازرسی فنی، دانشگاه صنعت نفت، آبادان

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: f.baniasad@ait.put.ac.ir

چکیده

در این تحقیق رفتار خوردگی فولاد زنگ نزن ۳۲۱ در غلظت و دماهای مختلف محلول اتیلن گلیکول مورد بررسی قرار گرفت. آزمون‌های قطبش و اندازه‌گیری امپدانس الکتروشیمیایی نشان دادند که با افزایش غلظت اتیلن گلیکول جریان خوردگی فولاد کاهش یافته است، همچنین تصاویر روبش میکروسکوپ الکترونی (SEM) نتایج آزمون‌های الکتروشیمیایی را تایید می‌کنند. افزایش غلظت اتیلن گلیکول مقاومت به خوردگی فولاد را در اثر پوشاندگی بیشتر سطح افزایش داده است. افزایش دمای محلول موجب افزایش جریان خوردگی شده و پتانسیل خوردگی را به سمت مقادیر کم‌تری تغییر می‌دهد. پارامترهای ترمودینامیکی فولاد زنگ نزن ۳۲۱ بدست آمده مشخص می‌کنند که ΔS_a با افزایش غلظت اتیلن گلیکول کاهش یافته است، مقادیر منفی آنتروپی بیانگر این است که بی نظمی واکنش دهنده با جذب روی سطح کاسته شده است. مقادیر مثبت ΔH_a نشان می‌دهند که واکنش انحلال یک فرایند گرماگیر است.

واژه‌های کلیدی: فولاد زنگ‌نزن ۳۲۱، اتیلن گلیکول، قطبش، امپدانس الکتروشیمیایی، پارامترهای ترمودینامیکی، میکروسکوپ الکترونی روبشی؛

۱ - مقدمه

اتیلن گلیکول به طور گسترده‌ای به عنوان خنک‌کننده در مبدل‌های حرارتی و سامانه‌های خنک‌کننده در ترکیب با آب به دلیل خواص مطلوب ظرفیت جذب حرارتی استفاده می‌شود [۱ و ۲]. با توجه به جذب سطحی و خواص بازدارندگی، اتیلن گلیکول می‌تواند سبب جلوگیری از خوردگی اجزای فلزی تجهیزات و سامانه‌های حرارتی شود. اضافه کردن اتیلن گلیکول بسیاری از خواص فیزیکی و حرارتی مثل گرانشی، هدایت حرارتی و .. را بهبود می‌بخشد. اتیلن گلیکول خالص هدایت الکتریکی ضعیفی دارد و تقریباً در حد یک عایق است. بنابراین مقاومت ویژه محلول اتیلن گلیکول با افزایش غلظت آن افزایش می‌یابد، از طرفی افزودن آب به محلول منجر به سهولت برق‌کافت گروه هیدروکسیلی اتیلن گلیکول می‌شود و هدایت الکتریکی محلول را بالا می‌برد. بدین جهت اتیلن گلیکول یک سیال مناسب برای کاربردهای انتقال حرارتی در بسیاری از صنایع می‌باشد. افزودن اتیلن گلیکول به محلول ظرفیت سرمایشی سیال در حال چرخش را برای کاربرد تا دمای زیر صفر درجه افزایش می‌دهد [۳].

اضافه کردن عناصری مثل تیتانیوم و نیوبیوم که تمایل به ترکیب شیمیایی بیشتری با کربن نسبت به کروم دارند فولاد زنگ‌زن را تثبیت کرده. میزان عنصر تثبیت‌کننده تیتانیوم (Ti) بستگی به درصد کربن حاضر در فولاد دارد. فولاد زنگ‌زن ۳۲۱ چنین ویژگی را دارد. خوردگی فلزات و آلیاژها در محیط‌های مختلف علت اصلی بسیاری از تخریب‌ها در صنعت می‌باشد، معمولاً زمانی که فیلم محافظ روی سطح فلز دچار تخریب شده باشد حمله موضعی می‌تواند شروع شود و آنیون‌های مهاجم می‌توانند به ناحیه فعال در حال خورده شدن مهاجرت کرده و خوردگی حفره‌ای را تسریع بخشند [۵-۱]. تحقیقات نشان داده که حضور عناصر آلیاژی مانند Cr, Mo, N مقاومت به خوردگی موضعی فولاد‌های زنگ‌زن را بهبود می‌دهند [۶] و تیتانیوم با کربن در فولاد واکنش داده و از رسوب کاربید کروم در مرز دانه‌ها جلوگیری می‌کند و باعث می‌شود که خواص مقاومت خوردگی آن حفظ شود [۷].

هدف از انجام این تحقیق، بررسی رفتار خوردگی فولاد زنگ‌زن ۳۲۱ در نسبت‌های مختلف مخلوط اتیلن گلیکول - آب می‌باشد که در بیشتر صنایع (از جمله صنعت نفت) بکار برده می‌شود. بدین منظور تاثیر نسبت‌های متفاوت از اجزای محیط، اثر دما و سرعت‌های چرخشی متفاوت محلول بر نرخ خوردگی فولاد در محیط مذکور مورد

ارزیابی قرار گرفت تا میزان خوردگی و پتانسیل خوردگی به دست آید. پارامترهای همچون آنتالپی و آنتروپی به منظور بررسی خواص ترمودینامیکی نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

۲ - روش تحقیق

فلز مورد استفاده برای آزمایش‌های خوردگی از نوع فولاد زنگ‌زن AISI 321 با ترکیب شیمیایی ذکر شده در جدول ۱ می‌باشد. نمونه‌های آزمایش الکتروشیمیایی به وسیله دستگاه برش به ابعاد مکعب شکل درآمده‌اند و هر نمونه به وسیله رزین پلی استر به نحوی پوشانده شده است که سطحی برابر ۱ سانتیمتر مربع از آن در معرض محیط قرار گیرد. سطح مورد نظر با کاغذ سمباده مکانیکی با درجات ۲۲۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰ ساییده شده و در نهایت با اتانول و آب قبل از انجام آزمون شسته شده است. اتیلن گلیکول تولید LOBA Chemie بوده و از آب دوبار تقطیر شده در تمام آزمایشات استفاده شده است.

اندازه‌گیری‌های الکتروشیمیایی با روش سه الکترودی مرسوم مورد بررسی قرار گرفتند، الکترود پلاتین به عنوان الکترود کمکی، الکترود کالومل اشباع به عنوان الکترود مرجع مورد استفاده قرار گرفت. مطالعات قطبش به کمک دستگاه Auto Lab Model PGSTAT 302N انجام شد. در تمام آزمایشات الکتروشیمیایی قبل از اندازه‌گیری، الکترودها در پتانسیل حالت مدار باز به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه نگه داشته شده تا شرایط پایا بدست آید. نمودارهای قطبش با نرخ اسکن ۱ mV/s بدست آورده شدند و اندازه‌گیری امپدانس اسپکتروسکوپی الکتروشیمیایی در بازه فرکانس بین ۱۰۰ kHz تا ۱ mHz با دامنه ± 10 mV انجام شد [۸ و ۹]. مورفولوژی سطح الکترود با دستگاه SEM مدل VEGA TE SCAN در بزرگنمایی ۱۵۰۰ مورد بررسی قرار گرفته است. در مرحله اول آزمایشات منحنی‌های قطبش و امپدانس اسپکتروسکوپی الکتروشیمیایی در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول (۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۷۰ درصد حجمی) به دست آورده شد، سپس تاثیر دما و سرعت چرخش بر سامانه نیز مورد بررسی قرار گرفت و پارامترهای قطبش و ترمودینامیکی به کمک منحنی‌های قطبش محاسبه شدند. در نهایت تصاویر SEM از سطح فولاد زنگ‌زن ۳۲۱ که در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول با پتانسیل اعمالی ۰/۲ mV گرفته شد.

جدول ۱ - ترکیبات شیمیایی فولاد زنگ‌زن ۳۲۱ مورد استفاده.

عناصر	Cr	Ni	Mn	Mo	Si	Ti	Al
درصد وزنی	۱۷/۴	۹/۱	۱/۰۱	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۰۱۳
عناصر	Nb	V	S	C	Cu	Co	
درصد وزنی	۰/۰۱۷	۰/۰۲۲	۰/۰۰۳	۰/۰۵	۰/۳۷	۰/۱۳	

۳- نتایج و بررسی

۳-۱- تاثیر غلظت اتیلن گلیکول روی قطبش

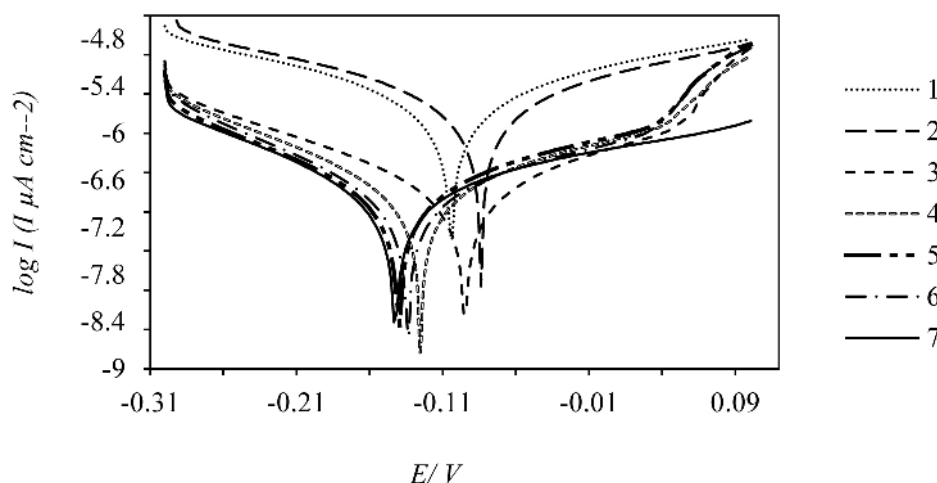
پتانسیودینامیک

شکل ۱ منحنی‌های قطبش پتانسیودینامیک فولاد زنگ نزن ۳۲۱ را در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نشان می‌دهد. پارامترهای قطبش در جدول ۲ لیست شده‌اند که E_{corr} ، I_{corr} ، R_p ، β_a ، β_c ، C ، R به ترتیب پتانسیل خوردگی، چگالی جریان خوردگی، مقاومت قطبش، ثابت آندی تافل، ثابت کاتدی تافل و نرخ خوردگی می‌باشند.

مطابق شکل ۱ پتانسیل خوردگی به سمت مقادیر منفی جابجا شده و با افزایش غلظت اتیلن گلیکول کاهش جریان خوردگی مقدار قابل توجهی روی نمونه فولاد زنگ نزن ۳۲۱ مشاهده می‌شود، علاوه بر این چگالی جریان کاتدی کاهش می‌یابد. از روی محاسبات

مشاهده می‌شود که جریان خوردگی با افزایش غلظت محلول از $1/28 \mu A.cm^{-2}$ به $0.76/0 \mu A.cm^{-2}$ تغییر می‌یابد. نتایج حاصل بیانگر این است که خوردگی نمونه الکترود در محلول اتیلن گلیکول رابطه نزدیکی با محتوی آب محلول دارد. در اثر افزایش غلظت اتیلن گلیکول مولکول‌های بیشتری از آن روی سطح جذب می‌شوند و منجر به کاهش جریان خوردگی شده [۳]. مقاومت قطبش با نرخ خوردگی رابطه نزدیکی دارد، زمانی که غلظت اتیلن گلیکول زیاد شود، R_p افزایش یافته و سطح فولاد توسط اتیلن گلیکول پوشانده شده و شاهد کاهش نرخ خوردگی می‌باشیم.

در شکل ۲ تصاویر میکروسکوپی SEM از سطح الکترود فولاد زنگ‌نزن ۳۲۱ در محلول اتیلن گلیکول با غلظت‌های مختلف (۰، ۱۰، ۳۰، ۵۰ درصد حجمی) بعد از نگه داشتن الکترود در پتانسیل مشخص نسبت به پتانسیل حالت مدار باز (OCP) به مدت ۵۰۰ ثانیه نشان داده شده است.



شکل ۱- منحنی‌های قطبش فولاد زنگ‌نزن ۳۲۱ در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول (۰، ۱۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ درصد حجمی)

جدول ۲- پارامترهای قطبش فولاد زنگ‌نزن ۳۲۱ در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول (۰، ۱۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۷۰ درصد حجمی)

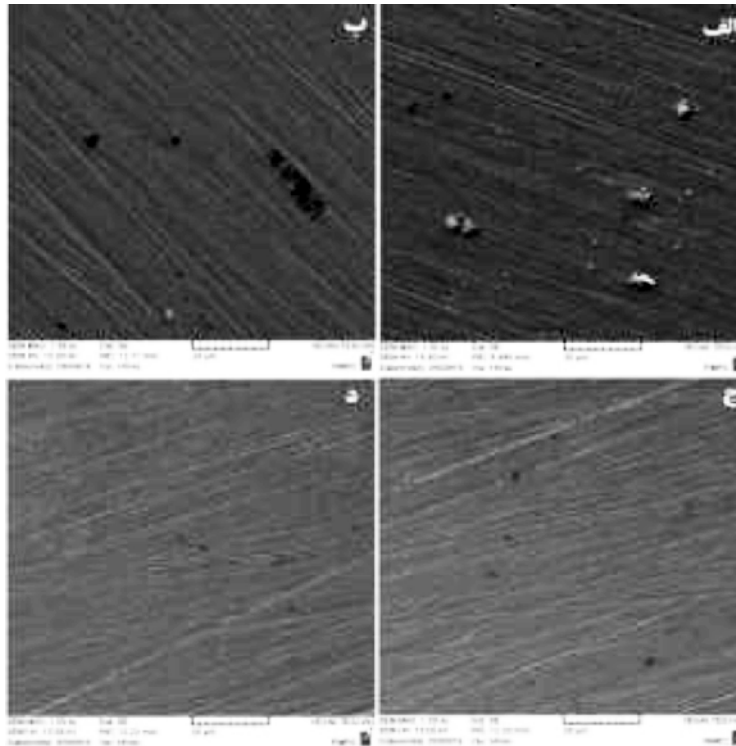
درصد حجمی اتیلن گلیکول	I_{corr} $\mu A.cm^{-2}$	$\beta_a(V/dec)$	$\beta_c(V/dec)$	$E_{corr} (V)$	$R_p \times 10^3$ $\Omega.cm^{-2}$	$C.R$ (mpy)
۰	۱/۲۸	۰/۱۱۶	۰/۱۳۴	-۰/۱۰۴	۵/۲۸۶	۱۵/۰۱
۱۰	۰/۹۹۸	۰/۰۸۶	۰/۰۹۵	-۰/۰۹۲	۳/۹۳	۱۰/۵۵
۲۰	۰/۸۲۹	۰/۰۹۳	۰/۱۰۸	-۰/۰۹۵	۴۶/۶۵	۱/۰۹
۳۰	۰/۱۰۴	۰/۰۸۹	۰/۱۳۲	-۰/۱۲۵	۴۸/۸	۱/۱۲
۴۰	۰/۰۹۵	۰/۰۸۵	۰/۱۲۲	-۰/۰۱۴	۴۹/۷۵	۱/۲۲
۵۰	۰/۰۹۶	۰/۰۸۸	۰/۱۴۸	-۰/۱۳۴	۵۴/۶۹	۱/۰۶۵
۷۰	۰/۰۷۶	۰/۰۷۷	۰/۱۲۵	-۰/۱۴۲	۵۸/۱	۰/۹

محلول، مقاومت انتقال بار و ظرفیت خازنی لایه دوگانه فولاد زنگ نزن، اندازه‌گیری‌های امپدانس الکتروشیمیایی در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۷۰ درصد حجمی) در پتانسیل مدار باز (OCP) بررسی شد، در شکل ۳ مشاهده می‌شود و نتایج منحنی‌های قطبش را تایید می‌کنند. با افزایش غلظت اتیلن گلیکول مقاومت انتقال بار R_{ct} به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. داده‌های نمودار امپدانس شامل حلقه خازنی لهیده که دربرگیرنده مقاومت انتقال بار و ظرفیت خازنی لایه دوگانه است و نمایانگر این است خوردگی فولاد زنگ‌نزن عمدتاً با انتقال بار کنترل می‌شود.

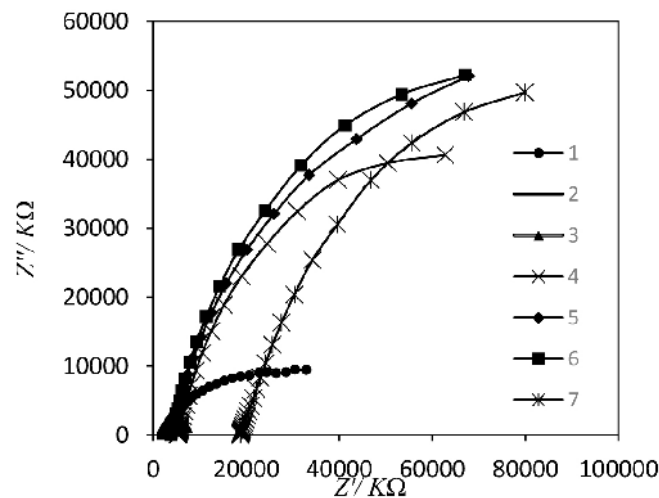
می‌توان نتیجه گرفت با افزایش غلظت اتیلن گلیکول تهاجم یون‌های خورنده و خوردگی سطح کاهش یافته است. در غلظت ۵۰ درصد اتیلن گلیکول سطح صاف و یکنواخت‌تری بدست آمده است. به عبارت دیگر در غلظت‌های بالاتر اتیلن گلیکول یک سطح هموارتری بدست آمده است که نمایانگر این است فرایند خوردگی کمتری روی سطح رخ داده است.

۳-۲- اندازه‌گیری‌های طیف امپدانس الکتروشیمیایی

جهت بدست آوردن اطلاعات بیشتر درباره فرایند خوردگی، مقاومت



شکل ۲- سطح فولاد زنگ‌نزن ۳۲۱ به وسیله متالوگرافی میکروسکوپی در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول - آب (الف: ۰، ب: ۱۰، ج: ۳۰ و د: ۵۰ درصد حجمی اتیلن گلیکول - آب)



شکل ۳- نمودارهای نایکوئیست فولاد زنگ نزن ۳۲۱ در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول - آب (الف: ۰، ب: ۱۰، ج: ۲۰، د: ۳۰، ه: ۴۰، و: ۵۰، ز: ۶۰، ح: ۷۰ درصد حجمی اتیلن گلیکول - آب)

دوگانه معیار مناسبی برای جذب اتیلن گلیکول روی سطح فولاد است. ظرفیت خازن با افزایش غلظت اتیلن گلیکول کاهش یافته، با جایگزینی مولکول‌های آب در فاصله میانی فلز - محلول با مولکول‌های بزرگتر اتیلن گلیکول با ثابت دی الکتریک کمتر ظرفیت خازنی و المان فاز ثابت کاهش می‌یابد.

۳-۳- اثر دما

شکل ۵ نتایج منحنی‌های قطبش فولاد زنگ‌نزن ۳۲۱ را در دماها و غلظت‌های مختلف نمایش می‌دهد. از روی نتایج به دست آمده مشخص می‌شود با افزایش دما پتانسیل خوردگی به سمت مقادیر مثبت جابجا شده، از طرف دیگر دانسیته جریان آندی و کاتدی هر دو به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته بنابراین سرعت واکنش‌های اکسایش و کاهش هر دو شتاب می‌گیرند [۱۳]. با افزایش غلظت اتیلن گلیکول مقدار بیشتری اتیلن گلیکول روی سطح الکتروود جذب شده و میزان پوشانندگی بیشتری روی سطح ایجاد می‌شود و خوردگی فولاد کم می‌شود. در دمای بالاتر انرژی فعالیت کاهش یافته و انحلال آندی الکتروود سرعت بیشتری به خود می‌گیرد. با افزایش دما، گرانروی اتیلن گلیکول از طرف دیگر انحلال اکسیژن در محلول کاهش می‌یابد که سبب کاهش وضعیت شدن لایه اکسیدی شده و نرخ خوردگی و انحلال الکتروود بیشتر می‌شود.

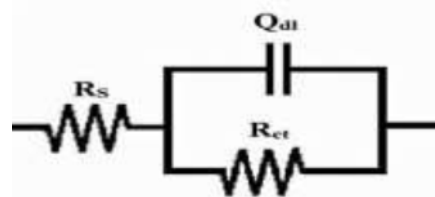
برای محاسبه پارامترهای ترمودینامیکی فرایند خوردگی از معادله آرنیوس (۲) و معادله حالت گذار (۳) استفاده می‌شود [۱۴].

$$I_{\text{Corr}} = K_a \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (2)$$

$$I_{\text{Corr}} = \frac{RT}{NH} \exp\left(\frac{\Delta S_a}{T}\right) \exp\left(\frac{-\Delta H_a}{RT}\right) \quad (3)$$

E_a انرژی آشکار فعالیت خوردگی، R ثابت عمومی گازها، K_a ثابت پیش‌نمایی آرنیوس، h ثابت پلانک، N عدد آووگادرو، ΔS_a آنتروپی فعالیت می‌باشند. تاثیر دما بر واکنش‌های خوردگی بسیار پیچیده است و تغییرات زیادی روی سطح فلز رخ می‌دهد. تغییرات جریان خوردگی در غلظت‌های مشخص محلول اتیلن گلیکول در دماهای مختلف در جدول ۴ لیست شده است.

مدار معادل الکتریکی سازگار با نمودار نایکویست در حضور اتیلن گلیکول در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴ - مدار الکتریکی معادل با داده‌های آزمایشگاهی امپدانس بدست آمده در شکل ۳ برای فولاد زنگ نزن ۳۲۱ در محلول اتیلن گلیکول

ساده ترین راه برای نمایش تابع انتقال $Z(w)$ به وسیله ترکیبی از مقاومت R_{ct} موازی با خازن C که در مجموع با یک مقاومت محلول R_s سری شده‌اند می‌باشد که در معادله (۱) نشان داده شده است [۱۰].

$$Z(w) = R_s + \frac{1}{\frac{1}{R_{ct}} + iwC} \quad (1)$$

برای بدست آوردن امپدانس شبیه‌سازی شده، خازن (c) با یک المان فاز ثابت CPE (Q) در مدار معادل جایگزین می‌شود. بهترین توجیه برای حضور المان فاز ثابت نیم دایره لهیده روی سطح الکتروود، وجود زبری میکروسکوپی است که موجب توزیع غیر یکنواخت مقاومت محلول و ظرفیت خازن لایه دوگانه می‌شود [۱۱]. جدول ۳ پارامترهای مدار معادل برای طیف امپدانس خوردگی فولاد زنگ‌نزن ۳۲۱ را در حضور غلظت از اتیلن گلیکول را نشان می‌دهد.

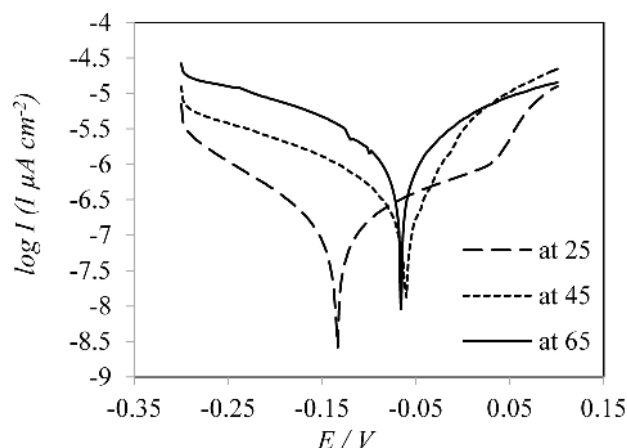
از روی جدول ۳ مشخص می‌شود با افزایش غلظت اتیلن گلیکول مقاومت محلول و مقاومت انتقال بار افزایش یافته است. اتیلن گلیکول خالص رسانایی الکتریکی ضعیفی دارد و با افزایش آب برق‌کافت گروه هیدوکسیل اتیلن گلیکول راحت‌تر صورت گیرد و منجر به افزایش رسانایی الکتریکی محلول می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود مقاومت قطبش فولاد زنگ‌نزن به مقاومت محلول وابسته است و با افزایش غلظت اتیلن گلیکول مقاومت محلول افزایش یافته و مقاومت قطبش زیاد می‌شود [۱۲]. اتیلن گلیکول همانند بیشتر ترکیبات آلی به راحتی بر روی سطح الکتروود جذب می‌شود [۱۳]. ظرفیت خازنی لایه

جدول ۳ - تخمین پارامترهای طیف امپدانس الکتروشیمیایی فولاد زنگ‌نزن نوع ۳۲۱ در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول - آب در پتانسیل مدار باز

N_{dl}	$Q_{dl} \times 10^{-4}$	$R_{ct} \times 10^{-4}$	R_s	درصد حجمی اتیلن گلیکول
۰/۵	۰/۹	۵/۳	۱۶۲۱	۰
۰/۷۸	۰/۸	۱۲/۳	۳۱/۵	۳۰
۰/۶۹	۰/۷	۱۶/۴	۱۲۷۵۵	۷۰

مقادیر انرژی آشکار اکتیواسیون E_a فولاد زنگ‌نزن در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول از روی شیب منحنی $\ln(I_{\text{corr}})$ در مقابل T^{-1} بدست می‌آید. همچنین نمودارهای $\ln(I_{\text{corr}} T^{-1})$ در مقابل T^{-1} یک خط مستقیم با شیب $(-\Delta H_a R^{-1})$ و عرض از مبدا $(\Delta S_a R^{-1} + \ln R N^{-1} h^{-1})$ را نتیجه می‌دهند [۱۵] و از روی یافته‌ها

در حضور اتیلن گلیکول با افزایش غلظت محلول جریان خوردگی فولاد زنگ‌نزن در هر دمای مشخص به دلیل پوشاندگی بیشتر سطح فلز کاهش یافته است و در غلظت مشخص جریان خوردگی با افزایش دما زیاد می‌شود زیرا گران‌روی اتیلن گلیکول و انحلال اکسیژن در محلول کاهش می‌یابد.



شکل ۵ - منحنی‌های قطبش فولاد زنگ‌نزن ۳۲۱ در ۵۰ درصد حجمی اتیلن گلیکول با دماهای مختلف (۲۵، ۴۵، ۶۵ درجه سلسیوس)

جدول ۴ - پارامترهای قطبش فولاد زنگ نزن ۳۲۱ در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول (۱۰، ۳۰، ۵۰ درصد حجمی) و دماهای مختلف (۲۵، ۴۵، ۶۵ درجه سلسیوس)

درصد حجمی اتیلن گلیکول	$I_{\text{corr}} \times 10^{-7} \text{ A cm}^{-2} (25^\circ\text{C})$	$I_{\text{corr}} \times 10^{-7} \text{ A cm}^{-2} (45^\circ\text{C})$	$I_{\text{corr}} \times 10^{-7} \text{ A cm}^{-2} (65^\circ\text{C})$
۱۰	۰/۸۹	۲/۰۲	۳/۹۴
۳۰	۱/۰۴	۱/۱۱	۱/۹۰
۵۰	۰/۹۱	۰/۹۹	۱/۶۳

جدول ۵ - مقادیر پارامترهای فعالیت ΔS_a ، E_a و ΔH_a برای فولاد زنگ نزن ۳۲۱ در غلظت‌های مختلف اتیلن گلیکول (۱۰، ۳۰، ۵۰ درصد حجمی)

درصد حجمی اتیلن گلیکول	$K_a \text{ A.cm}^{-2}$	$E_a \text{ kJ mol}^{-1}$	$\Delta H_a \text{ kJ mol}^{-1}$	$\Delta S_a \text{ kJ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
۱۰	۵/۳۱	۴۶/۰۲	۲۵/۳۳	-۰/۲۹
۳۰	۲۰/۴۰	۴۸/۳۲	۱۲/۶۱	-۰/۳۳
۵۰	۳۲/۲۵	۶۸/۸۴	۱۰/۶۴	-۰/۳۴

شکل ۶ آورده شده است.

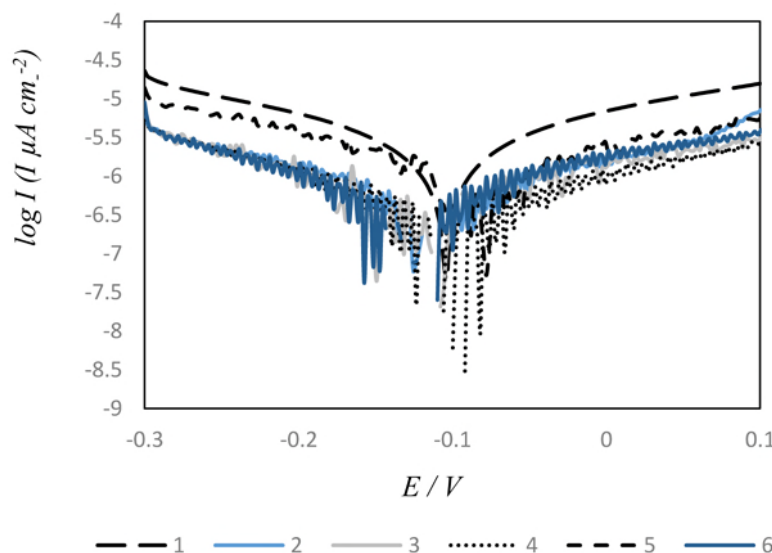
همانطور که از روی منحنی پلاریزاسیون مشاهده می‌شود تحت شرایط استاتیکی، خوردگی نمونه فولاد زنگ نزن به صورت قابل توجهی تحت کنترل نفوذ در واکنش کاتدی می‌باشد ولی در شرایط دینامیکی تحت کنترل نفوذ نمی‌باشد. با افزایش سرعت چرخش پتانسیل خوردگی به سمت مقادیر مثبت تغییر کرده و نفوذ اکسیژن به سمت سطح الکتروود سریع‌تر شده و اکسید شدن سطح نمونه با افزایش اکسید کننده‌ها افزایش می‌یابد و منجر به تولید لایه اکسیدی روی سطح فولاد زنگ نزن ۳۲۱ می‌شود و جریان انحلال آندی الکتروود فولاد زنگ نزن نیز کاهش می‌یابد. در حضور اکسیژن لایه اکسید آهنی که روی سطح فولاد تشکیل می‌شود تا سطح را از خوردگی محافظت کند در مقایسه با لایه اکسید تشکیل شده در عدم حضور یا کمبود اکسیژن، تراکم بیشتری دارد و مقاومت بیشتری در مقابل خوردگی از خود نشان می‌دهد.

مقادیر E_a و ΔH_a محاسبه شده و در جدول ۵ لیست شده‌اند.

ΔS_a با افزایش غلظت اتیلن گلیکول کاهش یافته و مقدار منفی آن نشان دهنده این است با جذب واکنش دهنده‌ها روی سطح بی‌نظمی سامانه کاهش می‌یابد. مقدار مثبت ΔH_a بدین معنی است که واکنش انحلال یک فرایند گرماگیر است و با افزایش غلظت اتیلن گلیکول مقادیر ΔH_a کمتر شده و انحلال با سرعت کمتری انجام می‌شود [۱۶]. E_a و ΔH_a به روند مشابهی تغییر می‌کنند از روی جدول می‌توان نتیجه گرفت که فرایند کلی تحت کنترل واکنش‌های سطحی فلز است و خوردگی با افزایش میزان اتیلن گلیکول کاهش می‌یابد [۱۷].

۳-۴ - اندازه‌گیری‌های هیدرودینامیکی (تأثیر سرعت چرخش محلول)

نتایج حاصل از منحنی‌های قطبش آندی و کاتدی فولاد زنگ نزن ۳۲۱ در محلول ۳۰ درصد اتیلن گلیکول با سرعت‌های چرخش متفاوت در



شکل ۶ - منحنی پلاریزاسیون چرخشی برای خوردگی فولاد زنگ‌نزن نوع ۳۲۱ در محلول ۳۰ درصد حجمی اتیلن گلیکول - آب در سرعت‌های چرخش متفاوت محلول

نتیجه‌گیری

سرعت خوردگی فولاد ۳۲۱ در محلول آبی اتیلن گلیکول به غلظت محلول بستگی دارد، به عبارتی مقاومت محلول فاکتوری است که سرعت خوردگی فولاد را مشخص می‌کند. با توجه به اینکه اتیلن گلیکول خالص هدایت الکتریکی ضعیفی دارد، مقاومت ویژه محلول آبی اتیلن گلیکول با افزایش غلظت آن افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت اتیلن گلیکول، مولکول‌های بیشتری روی سطح جذب شده در نتیجه جریان خوردگی و پتانسیل خوردگی فلز کاهش می‌دهد. در پتانسیل یکسان کاتدی طول ناحیه روئین شدن بیشتر می‌شود که به دلیل نفوذ بیشتر اکسیژن می‌باشد. با افزایش دما جریان خوردگی افزایش می‌یابد و ناحیه پسیو شدن کاهش می‌یابد. پارامترهای ترمودینامیکی فولاد زنگ‌نزن ۳۲۱ مشخص می‌کنند که ΔS_a با افزایش غلظت اتیلن گلیکول کاهش یافته است، مقادیر منفی آنتروپی بیانگر این است که بی‌نظمی با جذب واکنش دهنده روی سطح کم شده و مقدار مثبت ΔH_a نشان می‌دهد که واکنش انحلال یک فرایند گرماگیر است. اتیلن گلیکول به دلیل خواص مطلوب ترمودینامیکی، گرمای آب‌دهی بالا، پایداری حرارتی و گران‌روی مناسبی که دارد می‌تواند به عنوان جاذبی مؤثر در تجهیزات جذب حرارتی و سامانه‌های حرارتی مورد استفاده قرار گیرد.

- [1] L. Xu and Y. Cheng, "Electrochemical characterization and CFD simulation of flow-assisted corrosion of aluminum alloy in ethylene glycol–water solution," *Corrosion Science*, vol. 50, pp. 2094-2100, 2008.
- [2] S. Tierce, N. Pébere, C. Blanc, C. Casenave, G. Mankowski, and H. Robidou, "Corrosion behaviour of brazed multilayer material AA4343/AA3003/AA4343: Influence of coolant parameters," *Corrosion Science*, vol. 49, pp. 4581-4593, 2007.
- [3] I. Danaee, M. N. Khomami, and A. Attar, "Corrosion behavior of AISI 4130 steel alloy in ethylene glycol–water mixture in presence of molybdate," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 135, pp. 658-667, 2012.
- [4] A. I. Muñoz, J. G. Antón, S. L. Nuévalos, J. Guñón, and V. P. Herranz, "Corrosion studies of austenitic and duplex stainless steels in aqueous lithium bromide solution at different temperatures," *Corrosion science*, vol. 46, pp. 2955-2974, 2004.
- [5] S. Park, H. Ahn, G. Park, J. Kim, and Y. Lee, "Cycle mechanism and electrochemical properties of lithium manganese oxide prepared using different Mn sources," *Materials Chemistry and Physics*, vol. 112, pp. 696-701, 2008.
- [6] E. Darmiani, I. Danaee, M. Golozar, and M. Toroghinejad, "Corrosion investigation of Al–SiC nano-composite fabricated by accumulative roll bonding (ARB) process," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 552, pp. 31-39, 2013.
- [7] J. Ryl, A. Arutunow, M. T. Tobiszewski, and J. Wysocka, "Aspects of intergranular corrosion of AISI 321 stainless steel in high-carbon-containing environments," *Anti-Corrosion Methods and Materials*, vol. 61, pp. 328-333, 2014.
- [8] A. G5-14, "Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements," 2014.
- [9] P. Roberge, "Handbook of corrosion engineering," pp. 831-861, 1999.
- [10] I. Danaee, M. Jafarian, F. Forouzandeh, F. Gobal, and M. Mahjani, "Kinetic interpretation of a negative time constant impedance of glucose electrooxidation," *The Journal of Physical Chemistry B*, vol. 112, pp. 15933-15940, 2008.
- [11] I. Danaee, M. Jafarian, A. Mirzapoor, F. Gobal, and M. Mahjani, "Electrooxidation of methanol on NiMn alloy modified graphite electrode," *Electrochimica Acta*, vol. 55, pp. 2093-2100, 2010.
- [12] K. Ranjbar and A. Abasi, "Failure assessment of crude oil preheating tubes in mono ethylene glycol–water mixture solution," *Engineering Failure Analysis*, vol. 31, pp. 161-167, 2013.
- [13] C. A. V. de Almeida Machado, R. A. Antunes, E. J. Pessine, and O. V. Correa, "Influence of Testing Temperature on the Corrosion Behavior of API 5L X70 Pipeline Steel."
- [14] M. Morad and A. K. El-Dean, "2, 2'-Dithiobis (3-cyano-4, 6-dimethylpyridine): A new class of acid corrosion inhibitors for mild steel," *Corrosion science*, vol. 48, pp. 3398-3412, 2006.
- [15] I. Danaee, M. N. Khomami, and A. Attar, "Corrosion of AISI 4130 Steel Alloy under Hydrodynamic Condition in Ethylene Glycol+ Water+ NO₂– Solution," *Journal of Materials Science & Technology*, vol. 29, pp. 89-96, 2013.
- [16] O. Ghasemi, I. Danaee, G. Rashed, M. RashvandAvei, and M. Maddahy, "The inhibition effect of synthesized 4-hydroxybenzaldehyde-1, 3propandiamine on the corrosion of mild steel in 1 M HCl," *Journal of materials engineering and performance*, vol. 22, pp. 1054-1063, 2013.
- [17] E. Guilminot, F. Dalard, and C. Degrigny, "Mechanism of iron corrosion in water–polyethylene glycol (PEG 400) mixtures," *Corrosion science*, vol. 44, pp. 2199-2208, 2002.

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	۲-۴ 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	۲۳-۲۷ اردیبهشت ۲۷-۳۱ خرداد ۳۱ 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:3&4	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

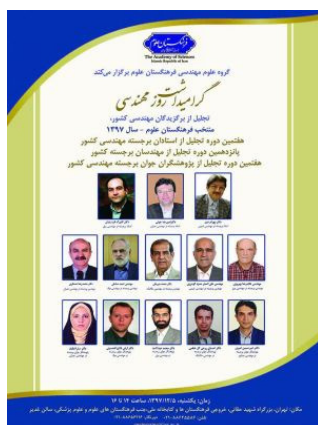
- شهریه دوره به حساب بانک اقتصاد نوین، شعبه سپهبد قرنی، کدشعبه ۱۷۸ به نام انجمن خوردگی ایران به صورت های زیر قابل پرداخت است:
کارت: ۶۲۷۴۱۲۱۹۴۰۰۳۵۲۹۸
شبا: IR۰۵۰۵۵۰۰۱۷۸۸۵۰۰۵۴۶۷۹۶۹۰۰۲
- برای شرکت کنندگان در هر دوره گواهی نامه معتبر دوزبانه (فارسی و انگلیسی) مورد تایید انجمن خوردگی ایران صادر می شود.
- اعضاء 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 نمابر 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



محمد نجمی از اعضای هیات مدیره به نمایندگی از این انجمن حضور داشتند. در ادامه از انجمن‌های برتر فعال کشور تجلیل به عمل آمد که انجمن خوردگی ایران در بین انجمن‌های فنی و مهندسی کشور با قرار گرفتن در رتبه چهارم مورد تقدیر قرار گرفت.



انجمن خوردگی ایران و عضو هیات علمی دانشگاه بوعلی پژوهشگر جوان برجسته در حوزه مهندسی مواد می‌باشند. انجمن خوردگی ایران

کسب این موفقیت را خدمت استاد برجسته تبریک عرض می‌نماید.

و پیوسته میان سازمان‌ها و شرکت‌های دولتی، خصوصی، دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و تحقیقاتی با اشخاص حقیقی فعال در حوزه خوردگی، اقدام به تقویت بخش تبلیغات در پایگاه اینترنتی انجمن نموده است.

برای اطلاع از نحوه درخواست درج، مشخصات و هزینه آگهی با انجمن خوردگی ایران تماس حاصل نمایید.

تلفن: ۸ - ۸۸۳۴۴۲۸۷ (داخلی ۲)



**کسب رتبه چهارم انجمن‌های
برتر فنی مهندسی کشور
توسط انجمن خوردگی ایران**

ششمین همایش پیشرفت و توسعه علمی کشور با عنوان رسالت انجمن‌های علمی در تبیین مسائل راهبردی کشور توسط شورای انجمن‌های علمی ایران در تاریخ ۳۰ بهمن‌ماه ۱۳۹۷ در دانشگاه خاتم برگزار شد. این همایش با حضور نمایندگان انجمن‌های علمی کشور و با سخنرانی دکتر اسحاق جهانگیری معاون اول رئیس‌جمهور و دکتر غلامی وزیر علوم، تحقیقات و فناوری آغاز گردید که در آن آقایان دکتر ابراهیم حشمت دهکردی رئیس انجمن خوردگی ایران و مهندس



**معرفی اساتید، حرفه‌مندان و
پژوهشگران برجسته مهندسی
کشور در سال ۹۷**

مراسم هفتمین دوره تجلیل از استادان برجسته مهندسی، پانزدهمین دوره تجلیل از مهندسان برجسته و هفتمین دوره تجلیل از پژوهشگران جوان برجسته مهندسی کشور، منتخب فرهنگستان علوم در سال ۱۳۹۷، روز یکشنبه پنجم اسفندماه همزمان با روز مهندسی در فرهنگستان علوم جمهوری اسلامی ایران برگزار می‌شود. جناب آقای دکتر آرش فتاح‌الحسینی، از اعضای برجسته



**تبلیغات در
پایگاه اینترنتی
انجمن خوردگی ایران**

انجمن خوردگی ایران بعنوان مرجع رسمی مهندسی و دانش خوردگی در کشور، با هدف ایجاد ارتباط هدفمند

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 نمائید. برای این‌منظور لطفاً به بخش تماس با ما در تارنمای اینترنتی انجمن به نشانی www.ica.ir مراجعه نمائید.

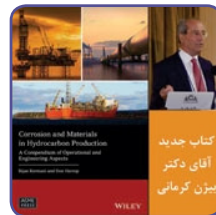
دریافت نظرات، ایده‌ها، پیشنهادات و انتقادات
ارتباط الکترونیک مستقیم با بازرس انجمن

این کتاب توسط انتشارات Wiley و در سال ۲۰۱۹ منتشر شده و جزییات و نحوه تهیه آن در تارنمای این موسسه به نشانی www.wiley.com قابل رویت است. کتاب در نوزده فصل و ۳۴۴ صفحه آماده شده و به دو صورت چاپی و الکترونیکی قابل تهیه است. توجه اصلی کتاب به خوردگی و انتخاب مواد در صنایع بالا دستی تولید از مخازن هیدروکربنی بوده و در آن ضمن بررسی انواع خوردگی در این صنایع، روش‌های جلوگیری و حذف خوردگی بحث و بررسی شده‌اند. یکپارچگی تأسیسات و مدیریت خوردگی از دیگر مباحث مورد توجه این کتاب می‌باشد. کتاب به گونه‌ای نگاشته شده است که قابل استفاده توسط هر دو گروه علاقمندان آشنا و غیر آشنا با مباحث خوردگی بوده و امکان بهره‌برداری از آن برای هر دو گروه فراهم است. انجمن خوردگی ایران ضمن تبریک به جناب آقای دکتر بیژن کرمانی و سایر همکاران ایشان جهت انتشار این کتاب ارزشمند، آرزومند است دکتر کرمانی همچون گذشته بنیانگذار مباحث نوین و پیشرفته خوردگی و افتخار آفرینی بیشتر برای کشور عزیزمان ایران باشند.

**نظرات،
ایده‌ها،
پیشنهادات و
انتقادات**

**دریافت
نظرات، ایده‌ها، پیشنهادات
و انتقادات**

قطعا بخش بزرگی از پیشرفت و مؤفقیت 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



**معرفی کتاب جدید آقای
دکتر بیژن کرمانی**

جدیدترین کتاب آقای دکتر بیژن کرمانی، عضو افتخاری و یار دیرین انجمن خوردگی ایران، NACE Fellow، استاد مدعو دانشگاه‌های Leeds و UCL انگلستان و پژوهشگر برجسته بین‌المللی علم خوردگی، منتشر شد. این کتاب با عنوان:

**Corrosion and Materials in Hydrocarbon:
Production A Compendium of Operational
and Engineering Aspects**

حاصل تلاش دکتر کرمانی و آقای Don Harrop بوده و در تهیه قسمتی از آن از همکاری دکتر علی موسوی دیگر متخصص برجسته خوردگی ایرانی نیز بهره‌مند شده است.

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 شهبازی 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 شهبازی فراهانی، دکتر علی اف خضایی و مهندس طاهر شهبازی فراهانی	۱۰۰۰۰
۳۵		راهنامه‌ی عملی واپایش شیمیایی برج‌های خنک‌کن	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰۰۰
۳۶		راهنامه‌ی عملی واپایش شیمیایی دیگ‌های بخار	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰۰۰
۳۷		راهنامه‌ی تجزیه و تحلیل از کارافتادگی سیستم آب برج‌های خنک‌کننده	مهندس محمدرضا نفری	۶۰۰۰
۳۸		راهنامه‌ی 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 ضدهفونی آبهای آشامیدنی بهداشتی و صنعتی	مهندس محمدرضا نفری	۳۹۰۰
۴۱		راهنامه‌ی کار دستگاه‌های فرایندی (مجموعه دو جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۱۰۰۰۰
۴۲		راهنامه‌ی 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		راهنامه‌ی 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 پوش	استانداردها، راهنمای آماده سازی سطوح و اعمال پوشش‌های حفاظتی	مهندس محمود کثیرپها	۷۰۰۰
۵۹		هوازدهی رنگ‌ها و پوشش‌ها	مهندس سید محمود کثیرپها، دکتر فرشته رضایی	۱۰۰۰۰
۶۰		مدیریت بازاریابی صنعتی	مهندس محمود کثیرپها	۵۰۰۰
۶۱		مواد افزودنی رنگ	مهندس سیدمحمود کثیرپها، مهندس طاهره سماعتی یکتا	۲۲۰۰
۶۲		پیگمنت‌ها	مهندس شمس الدین استوار	۸۰۰۰
۶۳		رزین‌های پلی یورتان	مهندس سید محمود کثیرپها، 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		آماده‌سازی سطح برای رنگ‌آمیزی صنعتی - با ابزارهای دستی، ابزارهای قدرتی، سانتیفریوژ، 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	سایر	سازه‌های ضد اسید	مهندس پوریا آذریخت	۱۸۰۰۰
۸۶		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	کتاب‌ها و سی‌دی‌های 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	۱۳۱۳۲۸۲۶۰۴
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	۳۱۳۳۳۲۵۲۴۱
۵۱۰۴	شرکت رنگسازی باژاک	رنگ‌سازی	تهران - خ ولی عصر - پایین تراز 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 جمع آوری آبهای سطحی و فاضلاب	تهران - بلوار کشاورز - خ حجاب - ص پ: ۱۴۱۵۵-۱۵۹۵	۸۸۹۶۶۰۷۰
۵۱۰۷	سرمایه گذاری صنایع شیمیایی	تولید مواد پتروشیمی - مواد اولیه ساخت شوینده ها - 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: ۶۱۳۳۵-۱۳۷	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	مهندسین 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: ۵۱۴-۱۴۳۳۵	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	۲۱۸۸۷۵۳۸۹۸

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 نوبخت - برج نوبخت 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 مطهر - 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	بندرامام - 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 شمش‌های بیلت، 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 فلاخی - 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 فرآورده‌های 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	۲۱۶۱۶۳۹۳۳۱
۵۱۷۶	شرکت فولاد خراسان	تولید انواع شمش‌های بیلت، 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	۵۵۱۰۲۴۵۳۲۱۰
۵۱۷۹	شرکت پالایش نفت لاوان	پالایش	شیراز - ص پ: ۷۱۳۶۵-۵۶۸	۷۱۳۲۲۴۹۹۲۶
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: ۱۶۶۷۸۴۶۱۱۱	۰۲۱۲۲۹۷۳۸۹۰
۵۱۸۵	شرکت ملی و مهندسی ساختمان نفت ایران	خطوط انتقال لوله - شرکت‌های 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	۰۳۱۳۲۲۵۲۴۶۷
۵۱۸۸	شرکت مهندسی خوردگی کیا	پوشش‌های 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 تست‌های غیر مخرب	تهران - ص پ: ۱۵۷۴۵۸۷۶ - تهران - خ مطهری - خ کوه‌نور نبش کوچه پنجم - پ ۱۸ - واحد ۱۱	۰۲۱۸۸۷۴۱۰۲۷
۵۱۹۰	شرکت مدیریت تولید نیروگاه‌های گازی جنوب غرب آبادان	نیروگاه‌های 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	نیروگاه‌های تولید برق فلزات و آلیاژسازی، اکتشافات، تولید و بهره‌برداری	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: ۸۱۴۶۵ 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: ۸۱۶۵۵-۶۶۴	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 خوردهای 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 رنگ سازی 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 - نیروگاه های 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، مهندسين مشاور، نظارت و اجرا، تصفيه آب و غيره	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 رسوب زدایی 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	۴۱۳۴۴۱۴۵۲۳
۵۳۰۴	شرکت پتروشیمی زاگرس	پتروشیمی	بوشهر - منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس - عسلویه - شرکت پتروشیمی زاگرس - صندوق پستی: ۳۶۴/۷۵۳۹۱	۰۷۷۲۷۲۳۳۳۰ 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 - کارخانه های 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 - نمایندگی های شرکت های خارجی - و مهندسين 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 مهندسین 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 سکزی - 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 خودروسازی - 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 نوبیناد - 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 آلیاژدار	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 اللهی - 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 آستوم - 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 خوردرگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۳۵۳	شرکت پتروآریوبان لیو	تجهیزات پایش و کنترل خوردرگی، 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 لوله سازی اسپرال - شرکت پوشش لوله کیوان جاوید	۰۳۱۲۷۸۶۶۲۱۲
۵۳۵۸	شرکت پاک گستر پرند	نماینده شرکت های خارجی	تهران - کوی نصر - خ کارگری (۲۹) - پلاک ۶۱ - طبقه همکف	۸۱۲۴۷۷۵۳
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 بهره برداری - صنایع رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردرگی - مراکز آموزشی - مراکز تحقیقاتی - نمایندگی شرکت های خارجی	تهران - شمال به جنوب بزرگراه کردستان - خیابان بیستم (ابطحی) - نیش بلوار آزادگان - پلاک ۱۱ - کد ۱۳۳۷۶۴۵۶۸۱	۲۱۸۸۸۰۱۱۰۲
۵۳۶۰	مجموعه آزمایشگاه، کنترل خوردرگی و شرکت بازرسی سینا آزمای 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	۲۱۸۸۹۵۱۰۳
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	۰۳۱-۰۲۱۶۶۳۸۳۰۶۱ ۳۳۸۰۲۱۹۷
۵۳۶۳	شرکت رنگ سازی 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 شرکت های خارجی	تهران - خیابان گاندی جنوبی - خیابان ۱۷ - پلاک ۱۶ - واحد ۲۰	۸۸۸۲۴۱۸
۵۳۶۵	شرکت فن اوران اطلس انرژی	تجهیزات و پایش خوردرگی - مراکز آموزشی - مراکز تحقیقات - نمایندگی شرکت های 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	۰۲۱۸۸۷۷۸۹۲
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 - کد پستی: ۷۹۱۵۹۹۶۴۸۹	۰۷۶۳۲۱۹۲۵۶۰
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 بهره برداری - صنایع رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردرگی - مراکز آموزشی - نمایندگی شرکت های 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 خوردرگی - نمایندگی شرکت های 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 کد پستی: 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 January 21st, 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 Persianal phabetical 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

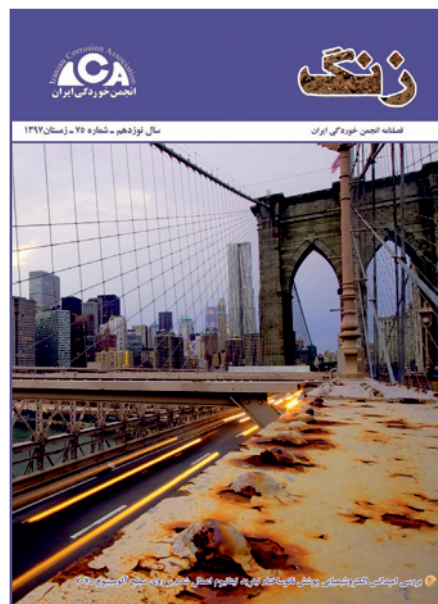
ZANG

The Scientific, Educational, Promotive Quarterly

Journal of Iranian Corrosion Association (ICA)

19th Year, Issue 75

Janury 2019



Content

Editorial	2
Report on holding Iran's first corrosive week	3
Industry tribune	9
Articl	
Investigation of electrochemical impedance of titanium nitride nanostructure coating applied on 7075 aluminum surface	12
The Word of Corrosion	
Corrosion Words	22
Corrosion Books Presentation	23
Corrosion Internet Sites	24
Tutorial	
Corrosion in industries	28
Corrosion inspection and monitoring	38
Special Case	49
Association News	
Training	58
News ICA	59
Book List	61
New Membership ICA	63

