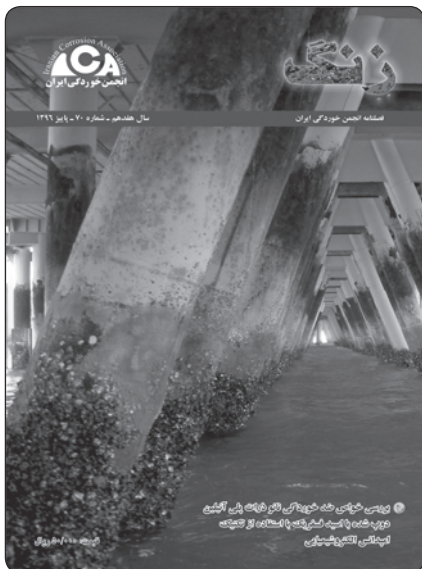


زنگ

سال هفدهم، شماره ۷۰، پاییز ۱۳۹۶
فصلنامه علمی، آموزشی، ترویجی انجمن خوردگی ایران



تصویر جلد: خوردگی پایل‌های دریایی در ناحیه جزر و مدی

فهرست مطالب

سخن آغازین	۲
تربیتون صنعت	۳
مقاله:	
بررسی خواص ضد خوردگی نانو ذرات پلی آنیلین دوپ شده با فسفریک اسید با استفاده از روش امپدانس الکتروشیمیایی	۸
دنیای خوردگی:	
واژه‌های خوردگی و حفاظت فلزات	۱۶
معرفی کتاب	۱۷
روی خط اینترنت	۱۸
فهرست مقاله‌های مجله MP	۲۰
بیشتر بدانیم:	
پرونده ویژه	۲۲
خوردگی در صنایع	۲۴
پوشش	۳۰
کمی‌سازی آثار خوردگی	۳۷
پایش خوردگی	۴۳
اخبار انجمن:	
آموزش	۵۰
اخبار انجمن	۵۱
فهرست کتاب‌های موجود در انجمن	۵۳
اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران	۵۵

بسم الله الرحمن الرحيم

زنگ

صاحب امتیاز: انجمن خوردگی ایران
مدیر مسئول: دکتر هادی عادل‌خانی
سر دبیر: مهندس احمدرضا بحرانی

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

دکتر شاهرخ آهنگرانی
دکتر حمید امیدوار
دکتر محمود پیکری
دکتر ابراهیم حشمت‌دهکردی
دکتر فرشته رضایی
مهندس محمدرضا قدیمی
مهندس سیدمحمود کثیریها
مهندس کاظم کوزه‌کنانی
دکتر جابر نشاطی

گرافیک و صفحه‌آراء: حجت عباسیان

همکاران اجرایی (به ترتیب حروف الفبا):

نجمه سخنور، مجید شاه‌میرزآلو، مهندس نجمه عظیم‌زاده، مهندس محمدرضا نفری

ناشر: انجمن خوردگی ایران

امور بازرگانی و چاپ: کیان حاجیلو

زنگ، فصلنامه علمی، آموزشی، ترویجی انجمن خوردگی ایران با هدف ارتقای سطح دانش خوردگی دانشجویان، متخصصان و دست‌اندرکاران علم و مهندسی خوردگی، ایجاد انگیزه در دانشجویان جهت پرداختن به فعالیت‌های پژوهشی و تحقیقاتی، 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.
- مقاله‌ها دریافتی به هیچ عنوان عودت داده نمی‌شود.
- مسئولیت صحت مطالب، ارقام و نمودارها بر عهده نویسندگان و مترجمان مقاله‌ها خواهد بود.
- مقاله‌ها و دیدگاه‌های مندرج در فصلنامه زنگ، لزوماً به معنای تایید آن از طرف انجمن خوردگی ایران نمی‌باشد.
- اقتباس و نقل مطالب و استفاده از تصاویر فصلنامه با ذکر ماخذ آزاد است.

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

کوچه بهبهان، پلاک ۱۱، واحد ۳

تلفن: ۸۸۳۴۴۲۸۷-۸ و ۸۸۲۷۳۳۴

دورنگار: ۸۸۳۴۷۷۴۹ و ۸۸۲۷۳۳۴

پایگاه اینترنتی: www.ica.ir

پست الکترونیک: zangjournal@ica.ir

قیمت: ۵۰۰۰۰ ریال

سخن آغازین

به نام خدا

با عرض سلام و ادای احترام خدمت خوانندگان محترم هفتادمین مجله زنگ و شرکت کنندگان در هجدهمین کنگره ملی خوردگی و آرزوی سلامت و سعادت برای تمامی اساتید، صنعت‌گران، دانشجویان علم خوردگی و مواد.

بی شک همه از تغییرات اقلیمی شگرفی که در زمین با سرعت شتاب یافته‌ای در حال انجام است با خبر هستند و هنوز کشورهایی در راستای پیشگیری از این تغییرات اقلیمی از مشارکت خود در مجامع بین‌المللی سرباز می‌زنند که نتیجه این تغییرات اقلیمی به وجود آمده منجر به کمبود بارندگی، آلودگی هوا، ایجاد ریزگردها، زلزله‌های شدید و نا امن کردن محیط زیست شده است.

خوردگی فلزات در مناطق جنوبی و شمالی کشور نیز می‌تواند به صدمات ناشی از زلزله در مناطق مختلف به ویژه دریایی اثر مضاعف بگذارد. این تغییرات منجر به استفاده از آب‌های آلوده برای سامانه‌های خنک‌کن صنعت کشور و همچنین آلودگی جو منجر به تسریع خوردگی جوی در مناطق صنعتی و حتی شهری گردیده است. از این رو متخصصان علم خوردگی وظائفی بیش از گذشته در تأمین آب خنک‌کننده صنایع و تهیه هوای تمیز برای جوامع شهری و جلوگیری از خوردگی را به عهده دارند و شرایط به گونه‌ای است که علم خوردگی را باید به سمت جو دوستدار محیط زیست سوق داد (Environment Friendly).

همه ما باور داریم که هزینه‌های خوردگی بسیار است و در کشور ما به چند درصد تولید ناخالص ملی می‌رسد. با این اعتقاد و این آگاهی که خوردگی و واپایش آن در صنایع بیشتر به دست متخصصان خوردگی مهار می‌شود، اما در زندگی شهری که من و شما عضوی از آن هستیم و هر روز با سامانه‌های گرمایشی یا سرمایشی خود در خانه مثل شوفاژخانه، پکیج و یا سامانه لوله‌کشی و AC در ساختمان سروکار داریم. هزینه خوردگی تحمیلی به خانواده‌ها که در مجتمع‌های مسکونی زندگی می‌کنند بعضی اوقات سرسام‌آور است و برای این معضل نیز باید چاره‌ای اندیشید و متخصصان خوردگی در این زمینه را به ارائه طریق واداشت تا هزینه‌های هنگفتی را از دوش آحاد افراد جامعه برداشت. این خود یک وظیفه ملی است تا در این راه مبارزه شود و انجمن خوردگی با قدمت بیش از ۲۵ سال تأسیس و حضور اساتید ملی و بین‌المللی که خیلی از آن‌ها در جهان زبانزد هستند به این هدف ارزنده برسد.

در تاریخ ۶ آبان ۱۳۹۶ مطابق مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دوازدهمین انتخابات هیات مدیره انجمن خوردگی ایران صورت گرفت و همکاران در این راستا برای فعالیت سه ساله انتخاب شدند که هیئت مدیره جدید از هیئت مدیره قبلی تشکر می‌نماید و ضمن آرزوی سلامت و سعادت همکاری این عزیزان را در پیشبرد امور انجمن طلب می‌نماید.

به امید موفقیت در راستای کاهش صدمات و هزینه‌های ناشی از خوردگی.

با احترام

ابراهیم حشمت‌دهکردی



دکتر ابراهیم حشمت‌دهکردی

منتخب دوازدهمین دوره هیات مدیره
انجمن خوردگی ایران



تریبون صنعت

مصاحبه با جناب آقای مهندس نصری، مدیرعامل شرکت برنا الکترونیک

■ چه شد که به ساخت آند روی آوردید و از رشته برق وارد دنیای خوردگی و متالورژی شدید؟

لازم است که به صورت کلی برای شما تعریف کنم و توضیح دهم که چه شد تا شرکت برنا الکترونیک وارد بحث طراحی، تامین متربال و اجرای سامانه‌های حفاظت کاتدی شده است و توانایی انجام پروژه‌ها به صورت EPC را پیدا کرده است. به طور مثال می‌توانم به پروژه‌های حفاظت کاتدی فازهای ۱۵-۱۶ و فاز ۲۰-۲۱ در پارس جنوبی اشاره کنم که پیمانکار EPC کل پالایشگاه هستیم. تمامی بحث‌های مهندسی نیز در داخل شرکت انجام شده است. در سال ۱۳۷۰ هدف تولید رکتیفایر بود. به مرور که وارد این صنعت شدیم با صورت مساله‌های جدیدی مواجه شدیم و یکی یکی نیازهای تولید داخل خود را نشان داد. به طور مثال آندهای آهنی سیلیکون بالا، یا آند منیزیم، یا باکس‌های مربوط به سامانه حفاظت کاتدی و دیگر اقلام مورد نیاز این صنعت. تقاضاهای متعددی در مورد اقلام مورد نیاز حفاظت کاتدی به ما ارجاع می‌شد. در نتیجه با یک کشش بسیار مناسب از سمت بازار مواجه شدیم. مصرف کننده علاقه دارد تمام سبد کالای مربوط به سامانه حفاظت کاتدی را از یک مجموعه دریافت کند، اعم از کانکتور، باکس و غیره. پس از مطالعه بازار و مشاهده این پتانسیل، به این بازار وارد شدیم. در گام نخست واحد ریخته‌گری در داخل مجموعه برنا الکترونیک تاسیس شد. پروژه ساخت آند منیزیم که پروژه بسیار سنگین و خطرناکی نیز بود در سال ۷۳ الی ۷۵ به شکل جدی پیگیری شد. در سال ۷۵ پس از یک سال کار تحقیقاتی و یک سال فعالیت عملیاتی، این پروژه به بار نشست و آند منیزیمی تولید گردید. شایان ذکر است با توجه به سیاست شرکت برنا مبنی بر استفاده از توان داخلی تمامی مراحل علمی، تحقیقاتی و مهندسی ساخت آند منیزیمی در واحد تحقیق و توسعه توسط کارشناسان داخلی شرکت انجام شد.

■ یعنی تحت لیسانس یک شرکت خارجی این محصول تولید نشد؟

همانگونه که عرض کردم اصلاً سیاست برنا این نبود. سیاست استفاده از توان داخل بود و خوشبختانه در تمامی محصولات برنا خیلی خوب جواب داده است تا وابستگی به خارج نداشته باشیم. در مقاطع و مراحل هم که با خارجی‌ها ارتباط برقرار شده ارتباط از نوع پایین به بالا نبوده است. به طور مثال اینگونه نبوده که ما از پایین متقاضی خدمات یا محصولی از بالا شویم. ارتباط هم‌رده بوده به صورتیکه با توجه به توانمندی‌های دو طرف ارتباط برقرار می‌شود و شراکت صورت می‌گیرد.

■ و در ادامه روند به چه صورت بوده؟

پس از پروژه تولید منیزیم و حاصل موفقیت‌آمیز آن، پروژه تولید آند

لطفاً خودتان را معرفی فرمایید و از سوابق و تحصیلات خود بفرمایید.

من محسن نصری مدیرعامل شرکت برنا الکترونیک و رئیس هیأت مدیره برناگاز هستم. بنده لیسانس مهندسی برق از دانشگاه علم و صنعت دارم و در سال ۱۳۷۰ فارغ‌التحصیل شدم.

■ تاسیس برنا الکترونیک از چه تاریخی بوده و بنیان‌گذار شرکت چه کسی بوده است؟

فعالیت برنا الکترونیک از سال ۱۳۶۳ آغاز شده است. جناب آقای دکتر میرغوریان که دکترای برق از دانشگاه منچستر دارند و استاده بنده نیز در دانشگاه بودند، موسس شرکت برنا الکترونیک هستند.

■ در مورد فعالیت شرکت خواهشمند است توضیحاتی ارائه فرمایید.

همان‌گونه که از نام شرکت برمی‌آید کار برنا الکترونیک ساخت تجهیزات برق و الکترونیک صنعتی بود. که محصولات تولید شده در دهه ۶۰ انواع رله‌های الکترونیکی و تجهیزات الکترونیکی صنعتی بوده که عموماً در تابلوهای برق و سامانه‌های کنترلی استفاده می‌شود.

■ چرا برنا الکترونیک به سمت بحث خوردگی و حفاظت کاتدی آمد؟

اواخر دهه ۶۰ و اوایل دهه ۷۰ دوران سازندگی آغاز گردید و سیاست کلی حاکم بر صنعت نفت کشور رو به استفاده از تولیدات داخل کشور نمود. در سال ۶۹ با یک مناقصه بین‌المللی ترانس رکتیفایرهای حفاظت کاتدی روبرو شدیم. تا آن زمان، اینگونه ترانس رکتیفایرها در خارج از کشور ساخته می‌شد. با حمایت شرکت ملی گاز ایران کار تولید ترانس رکتیفایر آغاز گردید. در گام اول مدارک و نقشه‌های فنی مورد نیاز تهیه گردید. پیرو آن بازدیدهای خارجی انجام شد و نمونه‌های خارجی بررسی گردید و در نهایت نمونه‌سازی انجام شد. سپس تست و بازرسی‌های مختلف با همکاری دانشگاه صنعتی امیرکبیر و انجام آزمایش‌های مربوطه انجام پذیرفت. این فرآیند تقریباً ۲ سال به طول انجامید و در واقع آن مناقصه - که البته خرید آن انجام شد - و در اصل نیاز موجود، نقطه شروع و پایه‌ای برای ساخت ترانس رکتیفایر حفاظت کاتدی در داخل کشور شد. اواخر سال ۷۱ نمونه تولید شده ۱۰۰٪ تأیید گردید. در آن زمان شرکت ملی گاز ایران و شرکت کالای نفت، هر دو ترانس ساخته شده را کد داخلی کرده و اقدام به خرید نمودند.

■ پس با توجه به نیاز کشور برنا وارد زمینه حفاظت کاتدی شد؟

رسالت شرکت تولید تجهیزات برق و الکترونیک بود. ما با تولید ترانس رکتیفایر وارد این عرصه شدیم. در آن زمان تنها ایده ما تولید ترانس رکتیفایر بود و نگاه خوردگی وجود نداشت حال در ادامه توضیح خواهم داد چگونه شد که وارد حیطه کاری خوردگی شدیم.

گواهی نامه‌ها نشان داده شود. در حال حاضر شرکت برناگاز با بیش از ۲۰ سال سابقه در زمینه تولید انواع آندها و تجهیزات حفاظت کاتدیک منجمله آندهای تزریق جریان (آند MMO، چندن پرسیلیسیوم و ..) و آندهای فداشونده (روی، منیزیم و آلومینیوم) و دیگر اقلام حفاظت کاتدیک اعم از: سامانه تزریق جریان ضدخزه (آنتی فولینگ) الکترودهای مرجع، کک متالورژی (۸۰ درصد)، کک پترولیوم (۹۰ و ۹۵ درصد)، زینک ارتینگ سل، زینک الکترو و انواع ساینز کابل کاینار HMWPE/PVDF در حال فعالیت است. همچنین این محصولات جهت تطابق با استانداردهای ملی و بین‌المللی مانند استانداردهای IPS-NACE-BS-ASTM به‌طور دقیق در آزمایشگاه کنترل کیفیت شرکت و آزمایشگاه‌های معتبر داخلی تحت آزمایش قرار می‌گیرند تا محصولاتی با کیفیت و استاندارد به مشتری ارائه گردد. تأییدیه‌ها و گواهی‌های متعدد دریافت شده از مؤسسات و شرکت‌های معتبر، موید این مطلب می‌باشد.

■ لطفا در مورد تولیدات و نوآوری‌های جدید سال‌های اخیر شرکت برناگاز توضیح دهید.

همان‌طور که مطلع هستید پروژه تحقیقاتی پیرامون تولید آندهای MMO از سال ۱۳۸۹ در برنا الکترونیک کلید خورد و از سال ۱۳۹۲ این آندها در شرکت برناگاز به مرحله تولید و تجاری‌سازی رسید. به‌طور خلاصه آندهای MMO برناگاز از دو بخش فلز پایه و پوشش تشکیل شده‌اند. از تیتانیوم به‌عنوان فلز پایه استفاده شده بدین علت که این فلز خواص مورد نیاز جهت مقابله با محیط‌های شیمیایی خورنده را داشته و برای انتقال جریان مناسب می‌باشد. پوشش آندهای MMO بسیار نازک و در حد چند میکرون بوده که بر روی فلز پایه، به روش‌های مختلف قابل اعمال است. این پوشش بسته به نوع کاربرد می‌تواند تلفیقی از دو یا چند اکسید فلزی شامل اکسیدهای ایریدیوم، تانتالوم، روتنیوم و تیتانیوم باشد. این آند در اشکال مختلف لوله‌ای، سیمی، مش، صفحه‌ای، نواری و پروبی بسته به کاربرد آند، سفارش و نیاز مشتری تولید می‌شود. کاربرد اصلی این آندها در سامانه‌های حفاظت کاتدی تزریق جریان به منظور مقابله با خوردگی سازه‌های پایه فلزی است. بیشترین کاربرد این آندها در تعمیر و نگهداری پل‌ها، سازه‌های دریایی، سکوهای دریایی، کف مخازن ذخیره سازی، خطوط لوله مدفون در خاک یا غوطه‌ور در آب و سازه‌های بتونی می‌باشد. مفتخریم که در حال حاضر این شرکت با اخذ تأییدیه شرکت ملی گاز ایران تأمین کننده اصلی آند MMO مورد نیاز صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و صنعت آب و فاضلاب کشور می‌باشد. مفتخریم که با تلاش کارشناسان مجموعه، این محصول به همراه آند سیلیکونی و آندهای فداشونده در چندین سال اخیر توانسته است که به تأیید شرکت ملی گاز ایران و دیگر زیرمجموعه‌های وزارت نفت اعم از شرکت ملی صنایع پتروشیمی ایران دست یابد.

■ برای اطمینان از کیفیت تولید این آندها چه تدابیری اتخاذ کرده‌اید؟

یک آزمایشگاه خوردگی بسیار مجهز در کارخانه برناگاز مستقر می‌باشد که قادر به انجام آزمایش‌های کوانتومتری و تست‌های الکتروشیمیایی می‌باشد که بر اساس استانداردهای موجود کیفیت آندها بررسی می‌شود. همچنین تعیین کیفیت پوشش و ارزیابی آزمون عمر آندهای MMO در

روی و آلومینیوم با همین روند به پیش رفت و تولید شد. در سال ۸۲، تقاضاهای آند بسیار بالا بود. در نتیجه واحد تولید آند به یک شرکت مستقل تحت عنوان برناگاز تبدیل گردید و به صورت تخصصی اقدام به تولید آندهای فداشونده و تزریق جریان حفاظت کاتدیک و ریخته‌گری پرداخت. به موازات این امر، بواسطه وجود تقاضا برای مابقی اقلام حفاظت کاتدی مانند الکترودهای مرجع، باکس‌ها و غیره در طی این سال‌ها اقلام مختلفی به سبد محصولات شرکت اضافه گردید اوایل دهه ۸۰ فعالیت‌های شرکت پروژه محور گردید. چرا که درخواست‌های متعدد EPC به شرکت ارجاع می‌گردید. چرا که در ۱۰ سال فعالیت، به‌عنوان تولید کننده معتبر در اغلب Vendor List‌ها شناخته شده بودیم. در آن زمان به طور مثال با این قضیه مواجه شدیم که نقشه یک پتروشیمی فرستاده شده و درخواست اجرای کامل سامانه حفاظت کاتدی در تمامی بخش‌ها اعم از مهندسی، تأمین مواد و اجرا می‌شد. این امر سبب گردید که انجام امور مهندسی مربوطه نیز در برنامه‌های شرکت قرار گیرد. البته در دهه ۷۰ چندین پروژه کوچک انجام شده بود ولی در دهه ۸۰ خود را تجهیز کردیم تا پروژه‌های EPC انجام شود. سال ۸۳ پروژه پتروشیمی فجر به‌صورت EPC انجام شد که به نوبه خود پروژه بزرگی به شمار می‌رفت. سال ۸۶ پروژه حفاظت کاتدی پالایشگاه سازند اراک مطرح شد و سپس پروژه پتروشیمی جم انجام پذیرفت. در سال ۱۳۸۷، شرکت برنا اولین شرکتی بود که در پارس جنوبی پروژه EPC حفاظت کاتدی فاز ۱۵-۱۶ واگذار گردید که هم‌اکنون در مرحله راه‌اندازی است.

در سال ۹۱ پروژه فاز ۲۰-۲۱ دستور کار قرار گرفت و البته پروژه‌های کوچک دیگری نیز انجام شده است. خوشبختانه از منظر مهندسی، مخصوصاً بحث طراحی، مجموعه بسیار قوی مشتمل بر ۱۳ متخصص گردهم آمده‌اند که ترکیب خوبی از کارشناسان ارشد مهندسی مواد، خوردگی، برق و دیگر کارشناسان رشته‌ها می‌باشند. در بحث مهندسی پروژه فاز ۱۵-۱۶ یکی از شروط کارفرما، وجود یک Joint خارجی معتبر بود که شرکت انگلیسی Corpro به عنوان Joint خارجی انتخاب گردید. این شرکت یک شرکت معتبر بین‌المللی در زمینه حفاظت کاتدی است. این همکاری برای حفاظت کاتدی تانک‌های کندانس فازهای ۱۴ و ۲۲-۲۴، در بخش مهندسی نیز ادامه داشت که سبب انتقال دانش فنی به بخش مهندسی شده است. البته همان‌گونه که پیشتر عرض کردم ارتباط ما با این شرکت دو سویه است و ما نیز متعهد به ارائه خدمات و صادرات کالا به مشتری‌های این شرکت بین‌المللی در حوزه منطقه خاورمیانه می‌باشیم. در حال حاضر به بازار عراق، نیجریه، افغانستان، و آذربایجان صادرات کالا صورت گرفته است. هدف آتی صدور خدمات فنی و مهندسی به خارج از کشور، در آینده نزدیک می‌باشد.

■ لطفا در مورد شرکت برناگاز نیز توضیح دهید.

در حال حاضر شرکت برناگاز تولید کننده انواع آندهای حفاظت کاتدیک می‌باشد. به‌طور کلی صنایع نفت، گاز و دریایی مصرف کننده بزرگ محصولات ما هستند. تمامی آندهای فداشونده روی، آلومینیوم و منیزیم دارای گواهی‌نامه GL است. ضمناً گواهی‌نامه شرکت‌های رده‌بندی ایرانیان و آسیا نیز اخذ شده است. سعی بر آن بوده که اعتبار کالاها با این

مختلف صنعت شاهد هستیم. که این امر نشأت گرفته از سطح آگاهی یک مجموعه یا یک سامانه نسبت به خوردگی و خطرات و خسارت‌های ناشی از آن می‌باشد. هرچقدر سطح آگاهی بالاتر باشد بالطبع اقدامات موثرتری جهت کنترل خوردگی در کل مجموعه و در تمام سطوح، چه مدیریتی و چه اجرایی، انجام می‌پذیرد. با این حال مورد یا مشکل دوم را سهل‌انگاری می‌دانم. چراکه بعضاً با این مورد مواجه می‌شویم که برخی حفاظت کاتدی را بسیار ساده و سهل می‌پندارند و بدون انجام مطالعات و کار مهندسی صحیح و دقیق، اقدام به حفاظت کاتدی ناقص یک سامانه و یا حتی عدم استفاده از آن و بسنده کردن به سامانه‌های منحصراً رنگ و پوشش‌های مختلف نموده‌اند. در حالیکه سهم اصلی حفاظت کاتدی جهت ایمن نمودن سازه از پدیده خوردگی نزدیک به ۷۰ درصد است. مشکل سوم در عدم آموزش صحیح و کامل نیروهای بهره‌بردار می‌باشد. یکی دیگر از موارد مطرح، قرار گرفتن حفاظت کاتدی در درجه اهمیت کمتر در نزد مدیران می‌باشد و بعضاً بالا رفتن درصد پیشرفت فیزیکی پروژه اولویت بیشتری بر انجام کامل سامانه حفاظت کاتدی دارد. این امر منتهی به این می‌شود که پس از افتتاح یک واحد صنعتی، به علت عدم اجرای صحیح سامانه حفاظت کاتدی و در نتیجه عدم کارایی آن، مناقصات بازسازی سامانه حفاظت کاتدی برگزار می‌گردد. ضمناً عدم سیاست‌های حمایت کننده از تولیدکنندگان نیز مزید بر علت می‌باشد.

■ آینده بازار فعالیت خود را در صنعت خوردگی چه طور می‌بینید؟

با توجه به توسعه شرکت در چند بخش خوشبختانه توانسته‌ایم سهم خوبی در بازار کسب کنیم. ولی به شکل جدی تلاش می‌کنیم که به سمت خارج از مرزها برویم.

■ نظر شما درباره انجمن خوردگی چیست؟ چه توقعی از یک انجمن علمی دارید؟

تقریباً بیش از ۱۰ سال در انجمن عضو هستیم و از خدمات آموزشی مانند تهیه منابع علمی و شرکت در کنگره‌ها و سمینارها بهره‌مند شده‌ایم. پیشنهاد من به انجمن، تبدیل شدن به مرجع مهندسی خوردگی در صنعت است. در واقع یک نظام مهندسی خوردگی می‌بایست تشکیل شود به صورتی که مرجعی برای کارفرمایان و پیمانکاران گردد. شرکت‌ها را بر اساس توانمندی‌شان رده‌بندی کند و افراد شاغل در علم خوردگی را رتبه بندی نماید.

■ و در انتها نظراتان را در باره نشریه رنگ بفرمایید.

نشریه رنگ را معمولاً مطالعه می‌کنم و به عنوان یک نشریه صنعتی موفق بوده است. البته امیدوارم که بیش از ۴ شماره در سال منتشر گردد. از حسن توجه شما سپاسگزارم.

از مدیریت محترم شرکت برنا الکترونیک
جناب آقای مهندس نصری
کمال تشکر را داریم

با آرزوی موفقیت‌های روزافزون برای ایشان و شرکت‌های
برنا الکترونیک و برنا گداز

این شرکت با پیشرفته ترین تجهیزات قابل انجام می‌باشد. البته هدف تجهیز مستمر این آزمایشگاه می‌باشد تا به عنوان یک آزمایشگاه مجهز و مرجع خدمات مختلفی به خارج از مجموعه ارائه دهد.

■ در برنا الکترونیک چه برنامه و هدفی دارید؟

در برنا الکترونیک در بخش حفاظت کاتدی همواره سعی شده نسل‌ها و مدل‌های جدید ترانس رکتیفایر تولید شود. در حال حاضر، چندین سال است که ساخت ترانس رکتیفایرهای هوشمند انجام می‌شود.

■ آیا در مورد پایش خوردگی و تجهیزات مربوطه برنامه‌ای دارید؟

بینید این موضوع به واسطه جدید بودن، هنوز به شکل جدی تقاضایی در بازار ندارد. البته شایان ذکر است که از سال ۸۲ محصولات مربوط به پایش خوردگی در مجموعه برنا تولید شده است. درهمین راستا با یک شرکت فنلادی به نام F. F. Automation توافق‌نامه همکاری امضا شده که در زمینه ادوات پایش خوردگی همکاری‌هایی داشته باشیم. البته با توجه به توانمندی دو طرف قرارداد تنظیم شده است تا در صورت وجود پروژه، خدمات در منطقه توسط شرکت برنا انجام شود.

■ ارتباط شما با مراکز پژوهشگاهی و تحقیقاتی چیست؟ چه مشکلاتی در این مورد وجود دارد؟

در ابتدا جا دارد که از زحمات مرحوم دکتر میرغفورین بسیار سپاسگزار باشم که متأسفانه فقدان ایشان مجموعه را با شوک بزرگی مواجه نمود. با توجه به اینکه جناب آقای دکتر میرغفورین به عنوان کارآفرین نمونه کشور یک شخصیت، آکادمیک، مدرس دانشگاه و عضو هیات علمی جهاد دانشگاهی بودند، ارتباط با مراکز تحقیقاتی را برای مجموعه برنا تسهیل کردند. از طرفی دیگر سیاست برنا بر مبنای توسعه داخلی و بومی می‌باشد. با توجه به بعد علمی و روحیه آقای دکتر میرغفورین، ایشان هیچ علاقه‌ای به استفاده از کالاهای وارداتی نداشتند و هدف طراحی، مهندسی و تولید در داخل کشور می‌باشد. در نتیجه ارتباطات خوب و موثری بین شرکت‌های برنا الکترونیک و برنا گداز و مراکز ذکر شده وجود دارد.

■ می‌توانید چند مثال بزنید؟

به طور مثال می‌توانم به ارتباط با دانشگاه امیرکبیر جهت تولید رکتیفایر، و یا انجام آزمایش‌های مختلف در دانشگاه صنعتی شریف جهت تولید رله‌های الکترونیکی اشاره کنم. همچنین شرکت برنا گداز همکاری نزدیکی با شرکت تحقیقاتی رنگ امیرکبیر (مترا) و آزمایشگاه خوردگی دانشگاه تربیت مدرس دارد.

■ آیا طرح تحقیقاتی وجود داشته که با یک همکاری مشترک به تولید برسد؟

خیر، همکاری‌ها حول محور آزمایش و تأیید محصولات شرکت با دانشگاه‌های مختلف بوده است.

چه مشکلاتی در ارتباط صنعت و دانشگاه وجود دارد؟

مشکل اصلی همکاری، در دید دانشگاه‌ها است که بیشتر به یک پروژه از دید صنعتی و کاربردی نمی‌نگرند و به دنبال مثلاً تولید مقالات ISI می‌باشند تا صنعتی سازی یک طرح.

■ چه مشکلاتی در مهندسی خوردگی در کشور وجود دارد؟ چطور

می‌توان خسارات ناشی از خوردگی را کم کرد؟

در مورد خوردگی و کنترل آن، رویکردهای متفاوتی را در قسمت‌های

هجدهمین همایش ملی مهندسی سطح و



چهارمین همایش تخصصی

فراوری مواد با لیزر

با محوریت بومی سازی تعمیر، بازسازی و ساخت افزایشی
قطعات صنعتی با فناوری های مهندسی سطح

اتاق بازرگانی اصفهان ۲۴ و ۲۵ بهمن ۱۳۹۶

**18th National Conference on
Surface Engineering &
4th Conference on
Laser Material Processing**

13-14 Feb. 2018

همایش مشترک



دانشگاه صنعتی اصفهان



دانشگاه آزاد اسلامی



انجمن علمی تکنولوژی سطح ایران



صنعت دولتی سازی مواد فلزی



زمینه های موضوعی همایش:

- ✓ تعمیر و بازسازی قطعات در صنایع نظامی،
هوایی، نیروگاهی، نفت، گاز، پتروشیمی و سیمان
- روکش کاری لیزری
- جوشکاری سطحی
- پاشش حرارتی (APS, HVOF و ...)
- ✓ اصلاح سازی سطح و پوشش ها
- فناوری نانو در مهندسی سطح
- لایه نازک (CVD, PVD و ...)
- سخت کاری سطحی
- پوشش های نفوذی
- عملیات سطحی لیزری
- پوشش دهی الکتروشیمیایی
- ارزیابی و آسیب شناسی سطوح و پوشش ها
- شبیه سازی در فرایندهای مهندسی سطح
- ✓ ساخت افزایشی و پرینترهای سه بعدی
- رسوب دهی مستقیم فلزی (DMD)
- ذوب و زینتر انتخابی لیزری (SLM و SLS)
- استریولیتو گرافی لیزری (SLA)
- ساخت افزایشی با پرتو الکترونی (EBM)
- پرینترهای سه بعدی FDM
- مواد اولیه با کاربرد ساخت افزایشی (رزین، پودر و سیم)
- ✓ گزارش ها و ایده های فنی از کارشناسان صنعت در قالب مقاله کوتاه

دیرخانه همایش:

اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی مواد

انجمن علوم و تکنولوژی سطح ایران تلفن: ۳۳۹۱۲۷۸۷-۳۱

www.surfaceseminar.ir

issst@cc.iut.ac.ir



مقاله‌ها

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 مقالات باید طبق دستورنامه موجود در بخش راهنمای نگارش مقاله موجود در پایگاه اینترنتی مجله نوشته شوند.

مدیر مسئول: دکتر هادی عادخانی، سردبیر: دکتر محمدعلی گل‌گذار

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 جابر نشاطی، سردبیر: مهندس احمدرضا بحرانی

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

شماره تماس: ۸ - ۸۷ ۴۲ ۳۴ ۸۸ (داخلی ۲)

بررسی خواص ضد خوردگی نانو ذرات پلی آنیلین دوپ شده با فسفریک اسید با استفاده از روش امپدانس الکتروشیمیایی

قاسم ابراهیمی^۱، فرشته رضایی^{۱*}، جابر نشاطی^۱

^۱ پژوهشکده حفاظت صنعتی پژوهشگاه صنعت نفت ایران، تهران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: rezaeif@ripi.ir

۱- مقدمه

تحقیقات زیادی برای روشن شدن سازوکار حفاظت از خوردگی پوشش‌های حاوی پلی آنیلین انجام شده است. تحقیقات نشان می‌دهد پلی آنیلینی که به روش شیمیایی سنتز می‌شود، تشکیل فیلم اکسیدی را به سطح القا می‌کند و پتانسیل خوردگی فلز را به سمت پتانسیل فلزات نجیب می‌برد و در نتیجه جریان خوردگی کاهش می‌یابد. در تحقیقات دیگری نشان داده شده است که حضور پلیمرهای هادی می‌تواند حفره‌های القایی روی سطح را رویین نماید و نرخ خوردگی را به شدت کاهش دهد. برخی از محققان بر این عقیده‌اند که پلی آنیلین از طریق سازوکار سدکنندگی از خوردگی جلوگیری می‌کند و عده‌ای دیگر بر این باورند که عملکرد آن از طریق تشکیل لایه اکسیدی رویین و یا تشکیل زنگ آهن پایدار به وسیله واکنش‌های اکسایش و کاهش می‌باشد. پلی آنیلین آهن را به شکل Fe^{+2} اکسید کرده، خود به فرم احیا شده ی لوکوامرالدین تبدیل می‌شود. سپس در ادامه ی فرآیند اکسایش، یون‌های آهن تبدیل به Fe_2O_3 شده و اکسیژن سبب اکسایش مجدد فرم لوکوی پلی آنیلین و تبدیل آن به نمک امرالدین می‌شود [۴ - ۱].

دوپ شدن پلی آنیلین با یک دوپانت اسیدی می‌تواند رسانایی الکتریکی بالاتر و در نتیجه خواص حفاظتی بهتری در پلی آنیلین ایجاد کند. با تغییر درجه‌ی دوپ شدن میزان رسانایی الکتریکی پلی آنیلین تغییر می‌کند. مجموع مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد مهم‌ترین عامل در تاثیرپذیری پلی آنیلین به‌عنوان یک ماده ضدخوردگی میزان رسانایی الکتریکی آن است. زیرا رسانایی الکتریکی بهتر در زنجیره پلیمری می‌تواند قدرت اکسندگی آن را افزایش داده و پتانسیل سطح را در محدوده حفاظت نگه دارد. عوامل متعددی مانند نوع و غلظت دوپنت، میزان بلوری شدن پلیمر می‌تواند این رسانایی الکتریکی را تحت تاثیر قرار دهد با افزودن دوپانت اسیدی هیدروژن می‌تواند روی محل‌های ایمنی قرار گیرد و به این ترتیب در زنجیره ی پلیمری تعدادی حفره خواهیم داشت که انتقال الکترونی و به تناسب آن رسانایی الکتریکی بیشتر خواهد شد. به همین دلیل در اثر دوپ شدن با اسیدهای

چکیده:

در تحقیق انجام شده تاثیر نانوذرات پلی آنیلین دوپ شده با فسفریک اسید و سنتز شده بدون دوپانت در بهبود خواص حفاظتی پوشش اپوکسی نووالاک اعمال شده بر روی فولاد کربنی ساده با استفاده از مومن امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) مقایسه شده است. نتایج آزمون امپدانس نشان داد ۱ درصد پلی آنیلین دوپ شده با فسفریک اسید می‌تواند بهترین مقاومت را در پوشش ایجاد کند. این پلیمر هادی به علت توانایی انتقال الکترون می‌تواند الکترون مصرف شده در اثر کاهش اکسیژن را جبران نموده و مانع کاهش پتانسیل سطح و انحلال بیشتر فلز گشته است. همچنین یون فسفات موجود در ساختار با فلز آهن تشکیل یک هم‌تافت داده که به صورت فیلمی محافظ و بازدارنده روی سطح قرار می‌گیرد.

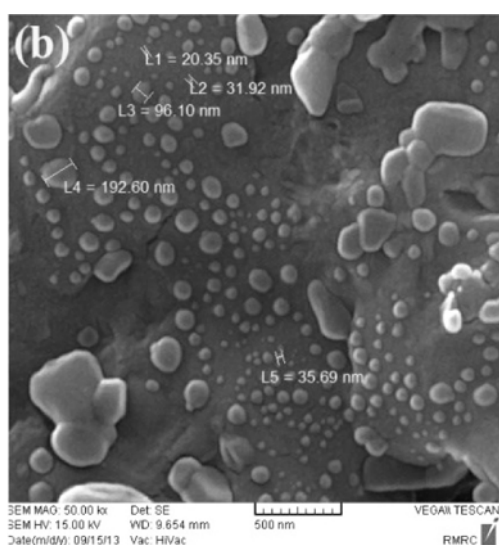
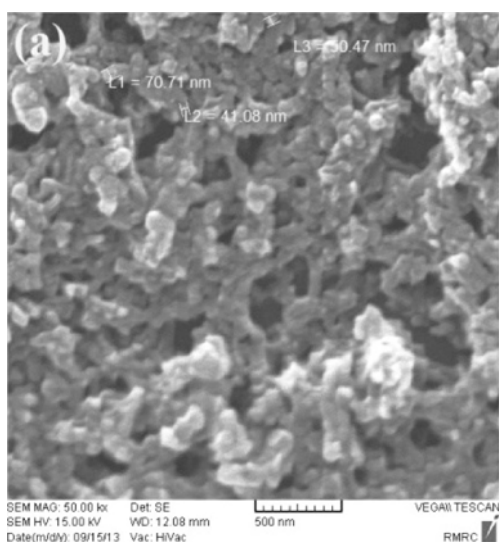
واژه‌های کلیدی: نانوذرات پلی آنیلین، اپوکسی نووالاک، پلی آنیلین دوپ شده، امپدانس الکتروشیمیایی؛

برای آزمون امپدانس الکتروشیمیایی از دستگاه پتانسیو استات گالوانو استات Autolab 84165 استفاده شد. الکترو د کاری فولاد پوشش داده شده با سطح ۷ سانتیمتر مربع، الکترو مرجع الکترو د کالومل اشباع شده و الکترو د کمکی از جنس گرافیت بود. همچنین محدوده بسامدی که در آن آزمون امپدانس انجام شد از ۰/۱ هرتز تا ۱۰۰ کیلو هرتز بوده است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱ - بررسی اندازه ذرات پلی آنیلین سنتز شده

شکل شماره ۱ تصاویر SEM ذرات پلی آنیلین سنتز شده می باشد. همان طور که مشاهده می شود متوسط اندازه ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر است و توزیع آن نیز یکنواخت می باشد.



شکل ۱- تصاویر SEM نانو ذرات پلی آنیلین سنتز شده (a) بدون دوپانت (b) سنتز شده با دوپانت فسفریک اسید.

با ۲ یا ۳ هیدروژن رسانایی الکتریکی پلیمر بیشتر از حالتی است که با اسیدهای یک هیدروژنه دوپ می شود [۶ - ۱]. در این تحقیق آزمون امپدانس الکتروشیمیایی بر روی نمونه های دارای پوشش اپوکسی حاوی نانو ذرات پلی آنیلین دوپ شده با فسفریک اسید و سنتز شده بدون دوپانت در محلول آب نمک ۳/۵ درصد تا ۲۵۰۰ ساعت انجام شد و اطلاعات پوشش های مختلف از روی منحنی های بدست آمده استخراج گردید. نتایج نشان داد ۱ درصد پلی آنیلین دوپ شده با فسفریک اسید می تواند بهترین مقاومت را در پوشش ایجاد کند.

۲- مواد و روش تحقیق

۲-۱ - مواد

مواد استفاده شده عبارتند از: رزین اپوکسی نوالاک D.E.N 431 با EEW مساوی ۱۷۵، هاردنر پلی آمین با $HW = 24$ ، آنیلین مرک دو بار تقطیر شده، آمونیوم پر اکسی دی آمونیوم سولفات (APS) مرک و فسفریک اسید ۹۹ درصد مرک آلمان.

۲-۲ - سنتز پلی آنیلین به روش بالک در حضور فسفریک اسید

۷ میلی مول آنیلین به محلول حاوی ۰/۷ میلی مول اسید فسفریک حل شده در ۸۰ میلی لیتر آب مقطر افزوده شد و محلول فوق به مدت ۱۰ دقیقه با دستگاه UIP 1000 HD شرکت Hielscher Ultrasound Technology سونیکیت شد. سپس ۸ میلی مول APS در ۱۰ میلی لیتر آب حل شد و به مدت ۵ دقیقه سونیکیت گردید. پس از آن در دمای ۰ تا ۵ درجه سانتی گراد به مدت ۶ ساعت تا تکمیل شدن فرآیند بسپارش درون یخچال نگهداری شد. در مرحله آخر شستشو، صافش و خشک کردن نانوذرات در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد صورت گرفت. برای سنتز پلی آنیلین بدون دوپانت در مرحله اول فسفریک اسید در آب حل نشد و بقیه مراحل یکسان بود. برای بررسی اندازه و ریخت شناسی ذرات سنتز شده تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از پودر حاصل با دستگاه Vega Tescan تهیه گردید.

۲-۳ - ساخت و اعمال پوشش نانوکامپوزیتی

نانو پلی آنیلین های سنتز شده به مقدار ۱ و ۵/۰ درصد وزنی رزین اضافه شد و به مدت ۲ ساعت با سرعت ۲۰۰۰ rpm مخلوط شدند. سپس هاردنر به اپوکسی به نسبت ۱ به ۱۳ اضافه شد. رنگ حاصل بر روی ورق های فولادی با ابعاد ۷ در ۱۰ سانتی متر اعمال شد. و نمونه های پوشش داده شده به مدت ۱۵ روز در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد نگه داری شدند تا پخت کامل گردد. ضخامت پوشش های ایجاد شده حدوداً ۳۰ میکرومتر بود.

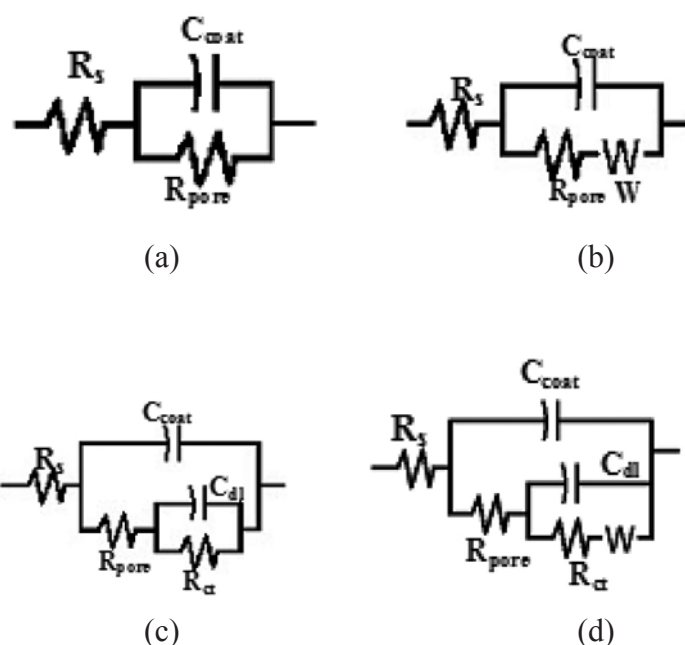
۲-۴ - آزمون امپدانس الکتروشیمیایی

۳-۲- طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS)

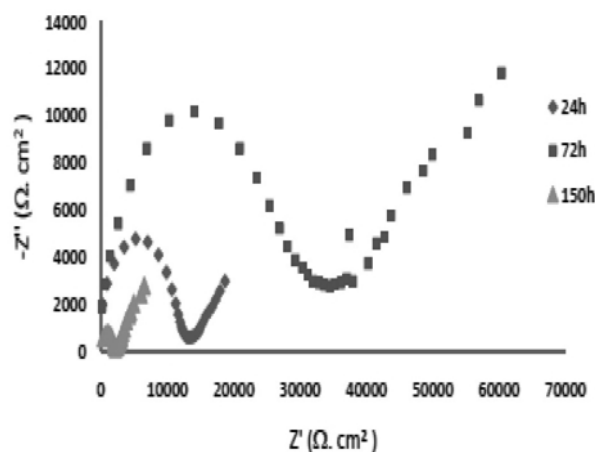
این آزمون یکی از مهم‌ترین آزمون‌ها در بررسی خواص ضد خوردگی پوشش است. در این آزمون، با سرعت بالا و به صورت کمی می‌توانیم پوشش‌های مختلف را با یکدیگر مقایسه کنیم. با این تست می‌توان ثابت دی الکتریک پوشش، مقاومت پوشش، ضریب نفوذ آب به داخل شبکه پلیمری و مقاومت قطبش را تعیین کرد [۷]. به این منظور سطح پوشش داده شده غوطه‌ور در محلول آب نمک ۳/۵ درصد وزنی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در جداول ۱ تا ۴ آمده است مدار معادل‌های پیشنهاد شده برای پوشش‌های مختلف حاوی درصد‌های

متفاوت پلی آنیلین‌های در زمان‌های متفاوت غوطه‌وری در شکل شماره ۲ آمده است.

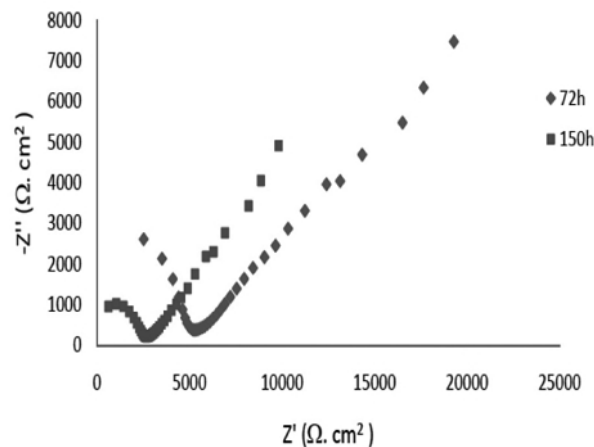
شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد که مقاومت پوشش‌های حاوی پلی آنیلین سنتز شده بدون دوپانت در همان ۱۵۰ ساعت اول به شدت افت کرده است. نفوذ برق کاف به سطح فلز در همان ۲۴ ساعت اولیه افتاد و بعد از آن پدیده وارپورگ در منحنی‌های نایکویست مشاهده گردید که بیانگر غالب بودن پدیده نفوذ یون‌ها می‌باشد. کاهش سریع مقاومت این پوشش‌ها به زیر $10^4 \Omega \cdot \text{cm}^2$ شان دهنده خواص ضعیف حفاظتی این پوشش‌هاست. تجزیه داده‌های امپدانس در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.



شکل ۲- مدار معادل‌های پیشنهاد شده برای فولادهای پوشش داده شده غوطه‌ور در آب نمک در زمان‌های مختلف.



شکل ۴- منحنی‌های نایکویست پوشش حاوی ۱ درصد پلی آنیلین سنتز شده بدون دوپانت.



شکل ۳- منحنی‌های نایکویست پوشش حاوی ۰/۵ درصد پلی آنیلین سنتز شده بدون دوپانت.

ادامه یافت و سپس در ۱۰۰۰ ساعت با یک افزایش روبرو شد که احتمالاً به دلیل تشکیل محصولات خوردگی زیر پوشش می باشد [۷ و ۸]. بعد از ۱۰۰۰ ساعت مقاومت پوشش مجدداً کاهش یافت. مقاومت به خوردگی در این حالت بیشتر از حالت قبل یعنی پلی آنیلین سنتز شده بدون دوپانت می باشد، (شکل ۵).

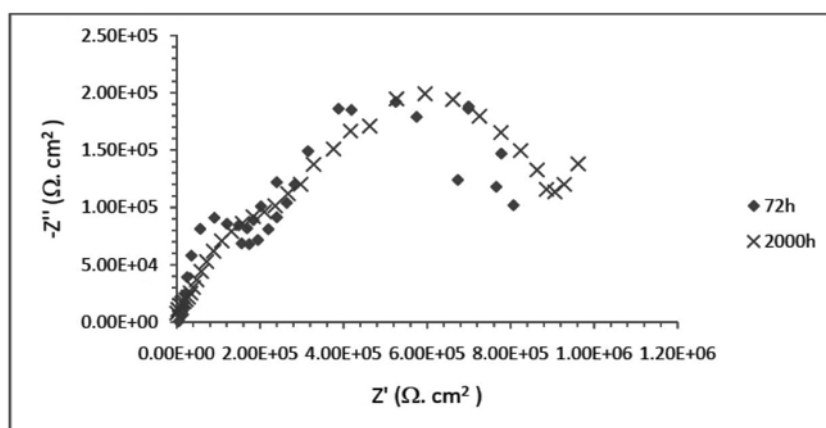
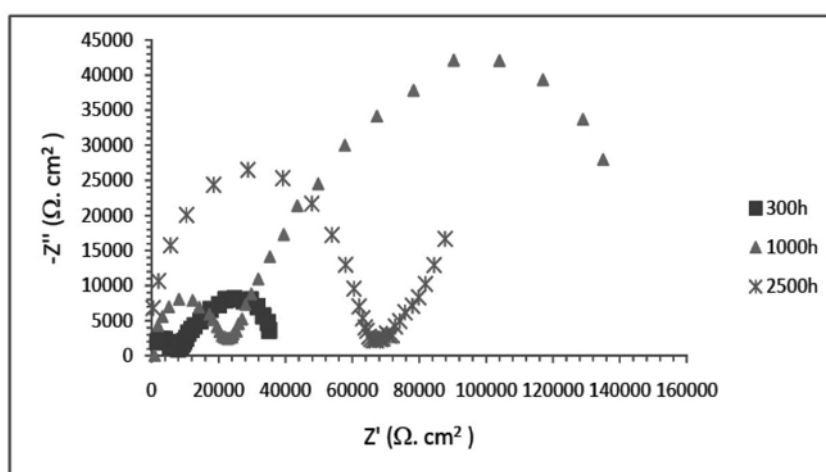
در پوشش‌های حاوی ۰/۵ درصد نانو پلی آنیلین سنتز شده با دوپانت فسفریک اسید نفوذ برق کاف به پوشش بعد از ۷۲ ساعت آغاز گردید و برق کاف به سطح فلز رسید و لایه دوگانه در سطح فلز تشکیل شد. در ۲۰۰۰ ساعت پدیده وارپورگ رویت گردید که محدود شدن نفوذ یون‌ها در سطح فلز را نشان می‌دهد [۷]. روند کاهش مقاومت پوشش تا ۷۲۰ ساعت

جدول ۱ - نتایج آزمون امپدانس پوشش حاوی ۵/۰ درصد پلی آنیلین سنتز شده بدون دوپانت

Time (hr)	C _{coat} (F cm ⁻²)	n	R _{pore} (Ω. Cm ²)	C _{dl} (F. cm ⁻²)	R _{ct} (Ω cm ²)	Z _w (Ω cm ²)	مدار معادل پیشنهاد شده
24	9.35E-11	1	1.59E+09	4.80E-06	4.49E+06	-	c
72	4.74E-10	1	4899	-	-	1.70E+04	b
150	1.70E-09	1	2470	-	-	3.50E+04	b

جدول ۲ - نتایج آزمون امپدانس پوشش حاوی ۱ درصد پلی آنیلین سنتز شده بدون دوپانت

Time (hr) ^a	C _{coat} (F cm ⁻²)	n	R _{pore} (Ω. Cm ²)	C _{dl} (F. cm ⁻²)	R _{ct} (Ω cm ²)	Z _w (Ω cm ²)	مدار معادل پیشنهاد شده
24	8.81E-10	1	1.27E+04	-	-	4.90E+04	b
72	9.90E-10	1	3.16E+04	-	-	9.60E+05	b
150	3.21E-09	1	2010	-	-	6.54E+04	b



شکل ۵ - منحنی‌های نایکویست پوشش حاوی ۰/۵ درصد پلی آنیلین سنتز شده با دوپانت فسفریک اسید

در ۲۰۰۰ ساعت افزایش یافته است اما قبل از آن به زیر $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$ رسیده است. این میزان مقاومت نزدیک به مقاومت فلز بدون پوشش در این محیط می باشد و نشان می دهد قبل از اینکه پلی آنیلین اثر کند خوردگی به میزان زیادی پیشرفت کرده است. در میان پوشش ها بالاترین مقاومت مربوط به پوشش حاوی ۱ درصد نانو پلی آنیلین دوپ شده با فسفریک اسید بوده است. در این پوشش پس از کاهش اولیه مقاومت در اثر نفوذ رسانایی دو مرحله افزایش مقاومت مشاهده می گردد. به نظر می رسد اولین افزایش به دلیل تشکیل لایه اکسیدی و افزایش دوم به دلیل حضور نانو پلی آنیلین می باشد. دو سازوکار در افزایش مقاومت به خوردگی در اثر حضور نانو پلی آنیلین دوپ شده با فسفریک اسید وجود دارد.

۱- پلیمر هادی به علت توانایی انتقال الکترون می تواند الکترون مصرف شده در اثر احیای اکسیژن را جبران نماید و مانع کاهش پتانسیل سطح و انحلال کاهش فلز گردد. در واقع با تبدیل نانو پلی آنیلین حالت نمک به حالت پایه و اهدای الکترون نوعی حفاظت آندی و نگه داشتن سطح فلز در منطقه ی حفاظت (رویین) صورت می گیرد.

۲- فسفات موجود در ساختار می تواند با فلز آهن تشکیل یک نمک دهد که به صورت فیلمی محافظ و بازدارنده روی سطح قرار می گیرد [۱۰ و ۹، ۳].

در پوشش های حاوی ۱ درصد نانو پلی آنیلین سنتز شده با دوپانت اسید فسفریک شکل ۶ نفوذ برق کاف به پوشش بعد از ۷۲ ساعت آغاز گردید و به سطح فلز رسید و لایه دوگانه در سطح فلز تشکیل شد. در ۱۵۰ ساعت پدیده وارپورگ مشاهده شد و بعد از آن نفوذ در سطح فلز محدود گردید. در ۳۰۰ ساعت افزایش مقاومت مشاهده گردید که احتمالاً به دلیل تشکیل محصولات خوردگی بود [۷ و ۸]. پس از آن در ۷۲۰ ساعت مقاومت کاهش یافت اما به کمتر از $10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}^2$ نرسید. در ۲۰۰۰ ساعت مجدداً افزایش مقاومت مشاهده گردید که این ثبات و افزایش مقاومت احتمالاً به دلیل حضور نانو پلی آنیلین و افزایش پتانسیل سطح توسط آن به دلیل رسانایی الکترونی آن بوده است. در ۲۵۰۰ ساعت شاهد کاهش دوباره پوشش و ادامه این روند کاهشی تا $10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$ بودیم. این میزان مقاومت نزدیک به مقاومت فلز بدون پوشش در این محیط می باشد [۷-۸].

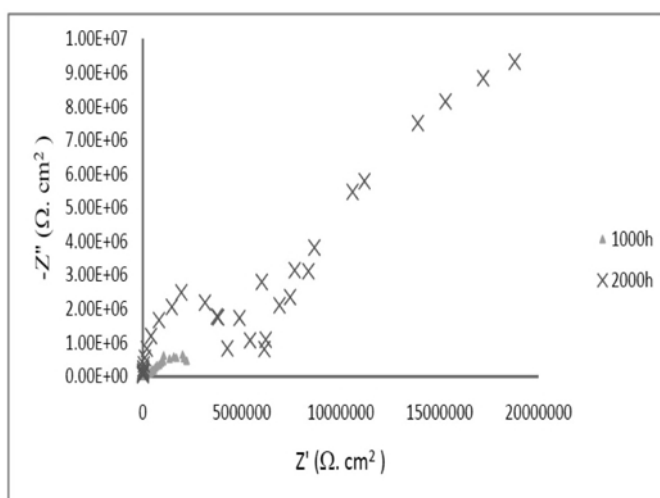
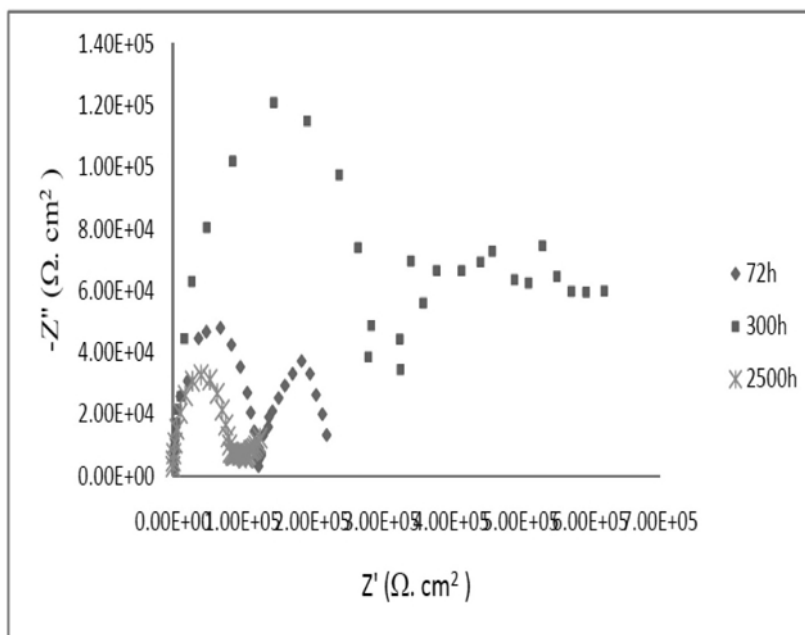
همان طور که مشاهده می شود، در نمودار شکل ۷ نمودارهای تغییر مقاومت پوشش های اپوکسی حاوی پلی آنیلین ۱ و ۰/۵ درصد وزنی سنتز شده با فسفریک اسید در محیط آب نمک ۳/۵ درصد وزنی با گذشت زمان نشان داده شده است. در حضور ۱ درصد پلی اتیلن افت مقاومت کمتر بوده است. مقاومت پوشش اپوکسی حاوی پلی آنیلین ۰/۵ درصد وزنی سنتز شده با فسفریک اسید پایین تر است و اگرچه

جدول ۳- نتایج آزمون امپدانس پوشش حاوی ۰/۵ درصد پلی آنیلین سنتز شده با دوپانت فسفریک اسید

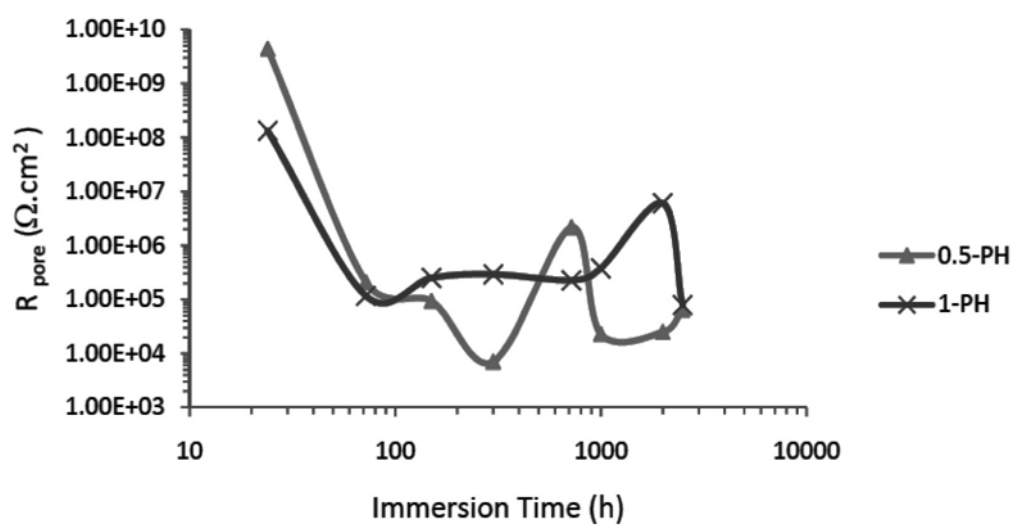
Time (hr) ^a	C _{coat} (F cm ⁻²)	n	R _{pore} (Ω. cm ²)	C _{dl} (F. cm ⁻²)	R _{ct} (Ω cm ²)	Z _w (Ω cm ²)	مدار معادل پیشنهاد شده
24	7.20E-10	1	4.40E+09	-	-	-	a
72	1.47E-09	1	2.10E+05	7.90E-07	5.10E+06	-	c
150	3.19E-10	1	9.40E+04	1.40E-06	3.60E+05	-	c
300	1.68E-09	1	7.05E+03	9.90E-06	2.17E+04	-	c
720	3.90E-10	1	2.18E+06	4.40E-07	7.90E+05	-	c
1000	7.40E-10	1	2.30E+04	7.50E-06	9.31E+04	-	c
2000	2.3E-10	1	2.5E+04	4.80E-08	3.1E+05	6.5E+05	d
2500	3.8E-10	1	6.5E+04	9.80E-07	4.3E+05	2.6E+04	d

جدول ۴- نتایج آزمون امپدانس پوشش حاوی ۱ درصد پلی آنیلین سنتز شده با دوپانت فسفریک اسید

Time (hr)	C _{coat} (F cm ⁻²)	n	R _{pore} × (Ω. cm ²)	C _{dl} (F. cm ⁻²)	R _{ct} (Ω cm ²)	Z _w (Ω cm ²)	مدار معادل پیشنهاد شده
24	5.80E-10	1	1.34E+08	-	-	-	a
72	5.70E-10	1	1.17E+05	1.26E-05	8.60E+04	-	c
150	6.12E-10	1	2.51E+05	-	-	3.19E+05	b
300	5.70E-10	1	2.93E+05	3.80E-07	2.45E+05	-	c
720	3.97E-10	1	2.27E+05	4.56E-06	1.55E+05	-	c
1000	5.70E-10	1	3.78E+05	2.60E-07	1.45E+06	-	c
2000	2.70E-10	1	6.1E+06	1.90E-07	1.5E+07	-	c
2500	5.80E-10	1	7.9E+04	8.10E-07	3.1E+05	-	c



شکل ۶ - منحنی‌های نایکویست پوشش حاوی ۱ درصد پلی آنیلین سنتز شده با دوپانت فسفریک اسید



شکل ۷ - منحنی‌های تغییر مقاومت پوشش‌های اپوکسی حاوی پلی آنیلین ۱ و ۰/۵ درصد وزنی سنتز شده با فسفریک اسید

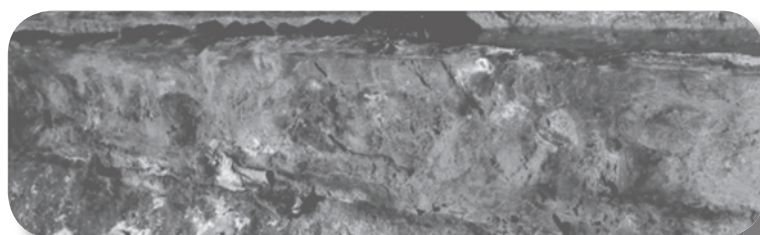
نتیجه‌گیری

نتایج آزمون امپدانس الکتروشیمیایی نشان داد ۱ درصد پلی آنیلین دوپ شده با فسفریک اسید می‌تواند بهترین مقاومت را در پوشش ایجاد کند. در واقع افزایش مقدار پلی آنیلین در پوشش از ۰/۵ درصد وزنی به ۱ درصد وزنی و همچنین حضور دوپانت اسید سولفوریک موجب بهبود خواص حفاظتی این پلیمر هادی شده است. حضور دوپانت اسیدی حین سنتز موجب افزایش هدایت الکتریکی و به تبع آن بهبود خواص ضد خوردگی پلی آنیلین می‌شود. از طرفی فسفات موجود در ساختار می‌تواند با فلز آهن تشکیل یک نمک دهد که به صورت فیلمی محافظ و بازدارنده روی سطح قرار می‌گیرد.

منابع

- [1] A.A.Dulaimi, Corrosion Protection of Carbon Steel Using Polyaniline Composite with Inorganic Pigments. Sains Malaysiana, 2011.
- [2] T. Ohtsuka, Corrosion Protection of Steels by Conducting Polymer Coating. International Journal of Corrosion, 2012.
- [3] P.J. Kinlen, V. Menon, A Mechanistic Investigation of Polyaniline Corrosion Protection Using the Scanning Reference Electrode Technique. Journal of The Electrochemical Society, 1999.
- [4] J.Fang, A study on mechanism of corrosion protection of polyaniline coating and its failure. Corrosion Science, 2007.
- [5] G.M. Spinks, Electroactive conducting polymers for corrosion control – Part 2, J Solid State Electrochem, 2002.
- [6] G. Ebrahimi, F. Rezaei, J. Neshati, Effect of HCl-doped polyaniline nanoparticles on the corrosion protection properties of epoxy coating, Cumhuriyet Journal of Science, 2015.
- [7] D.Loveday, P.Peterson, and B.Rodgers. "Evaluation of Organic Coatings with Electrochemical Impedance Spectroscopy", JCT CoatingsTech 2004.
- [8] M.Rashid, S.Sabir. "Polyaniline/Palm Oil Blend for Anticorrosion of Mild Steel in Saline Environment". Journal of Applied Chemistry. 2014.
- [9] S. Sathiyarayanan, R. Jeyaram. "Corrosion Protection Mechanism of Polyaniline Blended Organic Coating on Steel". Journal of The Electrochemical Society, 2009.
- [10] H. K. Chaudhari & D. S. Kelkar. "Investigation of Structure and Electrical Conductivity in Doped Polyaniline", Polymer International, 1997.

دنیای خوردگی



واژه‌های خوردگی و حفاظت فلزات

معرفی کتاب

روی خط اینترنت

فهرست مقاله‌های مجله MP

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 برون‌پذیر مهندسی خوردگی بررسی و در شورای واژه‌گزینی تصویب شده‌اند که به ترتیب حروف الفبا در مجله زنگ منتشر می‌گردد.

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

آ، ا

آلومینیم آندشی anodized

آلومینیومی که با فرایند آندش مقاومت به خوردگی آن افزایش می‌یابد

آلومینیم پوشانی calorising

ایجاد پوشش محافظ با استفاده از پودر آلومینیم بر روی سازه‌های آهنی و فولادی با حرارت‌دهی

آلیاژ alloy

فراورده‌های فلزی که دارای دو یا چند عنصر به‌صورت محلول جامد یا به‌صورت مخلوطی از فازهای فلزی باشد

آلیاژدایی

← خوردگی گزینشی

آمپر ولت‌سنجی چرخه‌ای کم‌دانه Small-amplitude cycle voltammetry, SACV

فنی برای اندازه‌گیری مقاومت به خوردگی و قطبش

آند anod

الکتروود مثبت که در آن واکنش اکسایش رخ می‌دهد

آند بی‌اثر inert anod

آندی که در برق کفا نامحلول است و فقط واکنش‌های آندی بر سطح آن انجام می‌شود

آند پیوسته continuous anode

آندی منفرد بدون ناپیوستگی‌های الکتریکی

آند حل‌پذیر soluble anode

آندی با قابلیت حل‌شوندگی زیاد در برق کاف که برای حفاظت از سازه‌های آسیب‌پذیر در مقابل خوردگی به کار می‌رود

آند دوربند bracelet anode

آند گالوانی دوتکه یا چندتکه با شکل مناسب برای اتصال مستقیم به دور لوله

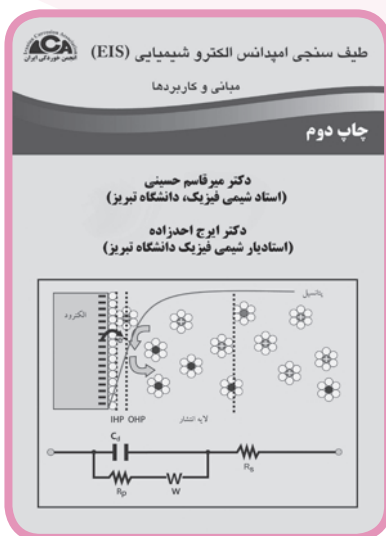
آندشی anodizing

فرایندی برق‌کافتی که در آن لایه‌ای پایدار را که عموماً اکسیدی و دارای خواص محافظتی یا تزییینی است بر سطح فلز می‌نشانند

آندشی سخت hard anodizing

فرایند فلز پوششی که از طریق اکسایش آندی که در آن برق کاف با شدت جریان بالا و دمای پایین انجام می‌شود و پوششی ایجاد می‌کند که در مقابل خوردگی و سایش و فرسایش مقاوم است

معرفی کتاب



نام کتاب: طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) مبانی و کاربردها - چاپ دوم
مؤلفان: دکتر میرقاسم حسینی و دکتر ایرج احدزاده
ناشر: انجمن خوردگی ایران

استقبال دانشجویان از چاپ اول این کتاب و پیگیری‌های مستمر آن‌ها و تشویق‌های انجمن خوردگی ایران، مؤلفان را بر آن داشت که اقدام به چاپ دوم البته با تجدید نظر آن نمایند. 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 محققان داخلی نیز نظیر محققان خارجی از این قافله عقب نمانده و بهره کافی از این علم در تحقیقاتشان ببرند. لذا با گذشت مدت کوتاه از چاپ اول آن، مؤلفان اقدام به چاپ دوم نمودند. کتاب حاضر با زبان ساده نوشته شده است و برای دانشجویان مبتدی، بدون نیاز به استاد، قابل استفاده و مفید می‌باشد و حاصل تحقیقات و تدریس دوره‌های تخصصی در دانشگاه می‌باشد که با نگاه کاربردی و به دور از پیچیدگی‌های تخصصی جهت استفاده مهندسان و علوم پایه در موضوعات مرتبط با خوردگی، پوشش و الکتروشیمی نگارش شده است.

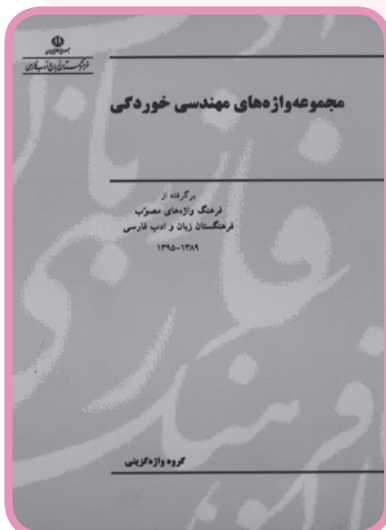
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه، سال نشر (چاپ دوم): ۱۳۹۶، تعداد صفحه: ۳۴۳، قیمت: ۲۲۰/۰۰۰ ریال



نام کتاب: پوشش‌های مقاوم به خوردگی جوی در مهندسی سطح
مؤلف: ایشیرو سوزوکی
مترجم: دکتر کریم زنگنه مدار
ناشر: انجمن خوردگی ایران

کتاب حاضر شامل شش فصل است. در فصل اول، اصول حفاظت از خوردگی توسط پوشش‌ها بر مبنای علم الکتروشیمی توضیح داده شده است. در فصل‌های دوم تا ششم به بررسی انواع پوشش‌ها پرداخته شده است، بدین صورت که پوشش‌های فلزی فداشونده، در فصل دوم، پوشش‌های فلزی نجیب در فصل‌های سوم و چهارم، پوشش‌های تبدیلی در فصل پنجم و رنگ‌ها/پوشش‌های آلی در فصل ششم تشریح شده‌اند. در فصل اول، معیارهای حفاظت از خوردگی مربوط به هر دسته از پوشش‌های فوق، به اختصار بیان شده است. فصل‌های دوم تا ششم شامل بخش‌هایی راجع به جنبه‌های عملی حفاظت از خوردگی توسط پوشش‌ها، روش‌های پوشش‌دهی، توان حفاظتی پوشش‌ها و همچنین میزان خوردگی محیط می‌باشند. در سایر بخش‌ها نیز به کاربردهای مختلف پوشش‌های مقاوم به خوردگی اشاره شده است. این کتاب شامل شکل‌ها، جداول و اطلاعات زیادی است که با مجوز سازمان‌ها، انجمن‌ها و مجامع مختلف مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند.

شمارگان: ۵۰۰ نسخه، سال نشر: ۱۳۹۶، تعداد صفحه: ۳۶۶، قیمت: ۲۷۰/۰۰۰ ریال



نام کتاب: مجموعه‌واژه‌های مهندسی خوردگی
مؤلفین: گروه واژه‌گزینی، پژوهشکده مطالعات واژه‌گزینی
ناشر: فرهنگستان زبان و ادب فارسی

مجموعه حاضر شامل واژه‌هایی است که از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۵، با همکاری انجمن خوردگی ایران، در کارگروه برون‌پذیر مهندسی خوردگی بررسی و در شورای واژه‌گزینی تصویب شده است.

این مجموعه شامل ۶۷۸ واژه است که به شرح زیر تنظیم شده است:

۱ - واژه‌نامه توصیفی به ترتیب الفبای فارسی، که شامل ضبط فرنگی واژه بیگانه، معادل مصوب فرهنگستان و تعریف واژه است. تعریف واژه‌ها را اعضای کارگروه در اختیار فرهنگستان قرار داده‌اند. البته، با صلاحدید فرهنگستان، تعریف‌ها عمومی شده و قابل درک برای افرادی با تحصیلات کارشناسی است و صرفاً برای روشن شدن مطلب ارائه شده و تعریف دقیق و جامع علمی نیست؛

۲ - فهرست واژه‌ها به ترتیب الفبای لاتین.

شمارگان: ۵۰۰ نسخه، سال نشر: ۱۳۹۶، تعداد صفحه: ۱۳۴، قیمت: ۱۳۰/۰۰۰ ریال

روی خط اینترنت

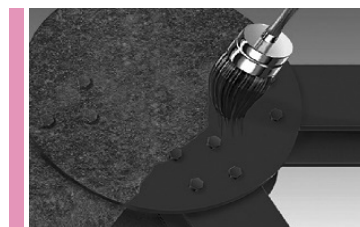
از فناوری نانو در تولید رنگ و پوشش‌ها را تا جایی ادامه داد که در نهایت به شرایط بهینه استفاده از نانومواد جهت افزایش کیفیت و کاهش قیمت دست یافت. فعالیت‌های این شرکت به نحوی بوده که در همین مدت کوتاه توانسته است سهم خوبی از بازار کشور را به خود اختصاص دهد. وی در خصوص استفاده از افزودنی‌های نانویی در صنعت رنگ و پوشش گفت: «خواص و کاربردهای متنوع نانو ذرات، هنوز کاملاً در حوزه رنگ و پوشش‌های صنعتی مشخص نشده است. ضمن این که نانو ذرات می‌تواند جایگزین افزودنی‌های مرسوم و متداولی شوند که سالیان متمادی استفاده می‌شوند؛ لذا جذابیت اجرایی کردن این ایده در این است که درصد کمی از نانومواد قادر به افزایش حداکثری کارایی و افزایش حداقلی قیمت هستند.»

سید سعادت در خصوص سازوکار افزایش کارایی پوشش به وسیله نانو ذرات گفت: «در نانورنگ ضد خوردگی از نانوصفحات گرافن اکسید به عنوان ماده افزودنی استفاده شده است. حضور این نانوصفحات موجب می‌شود تا رسیدن رطوبت و اکسیژن به سطح رنگ زده شده به تأخیر بیفتد. از سوی دیگر نانوصفحات گرافن اکسید به دلیل دارا بودن گروه‌های عاملی هیدروکسیل چسبندگی رنگ به زیرلایه را به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهند.»

شایان به ذکر است که قادر است در صورت نیاز سالانه صد تن از نانورنگ‌های ضد خوردگی را تولید کند. این محصول در تاریخ ۹۶/۰۷/۱۱ موفق به اخذ گواهینامه نانومقیاس از ستاد ویژه توسعه فناوری نانو شده است.

منبع: باشگاه خبرنگاران جوان

(<http://www.yjc.ir/fa/news/6304749>)



تولید رنگ
ضد خوردگی
پایه کارگیری
فناوری نانو

یکی از شرکت‌های دانش بنیان توانسته با بهره‌گیری از فناوری نانو، رنگ‌های ضد خوردگی را در مقیاس صنعتی تولید و به بازار عرضه می‌کند.

به گزارش حوزه فن‌آوری‌های نوین گروه علمی پزشکی باشگاه خبرنگاران جوان؛ یکی از شرکت‌های دانش بنیان توانسته با بهره‌گیری از فناوری نانو، رنگ‌های ضد خوردگی را در مقیاس صنعتی تولید و به بازار عرضه کند. کاربرد شاخص این رنگ‌ها در صنایع کشتی‌سازی، نفت، گاز و پتروشیمی و صنایع خودروسازی است. استفاده از فناوری نانو در تولید این رنگ‌ها موجب شده تا ماندگاری آن‌ها بر روی سطوح ۱/۵ برابر افزایش به دنبال داشته باشد.

خوردگی واکنشی نامطلوب است که سبب تخریب قطعات می‌شود. پدیده خوردگی بیشتر در فلزات و آلیاژهای آن‌ها ظاهر می‌شود، به‌طوری‌که کل هزینه سالانه سیل‌ها، گردبادها، آتش‌سوزی‌ها، رعدوبرق‌ها و زمین‌لرزه‌ها کمتر از هزینه خوردگی است. کشور ما دارای شرایط اقلیمی، آب و هوایی و منابع طبیعی و معدنی است، بدین جهت صنایع مادر و سازه‌های صنعتی گسترده‌ای در آن مشغول فعالیت هستند که از این میان می‌توان به صنایع پتروشیمی، صنایع کشتیرانی و دریایی، صنایع خودروسازی به‌طور اخص اشاره کرد که همگی در معرض آسیب‌های شدید ناشی از خوردگی قرار دارند؛ بنابراین توجه به این امر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

از آنجایی که یکی از اصلی‌ترین روش‌های کنترل خوردگی به کارگیری پوشش‌های مقاوم است، یکی از شرکت‌های دانش بنیان موفق شده است تا با استفاده از نانو مواد در رنگ‌ها، مقاومت خوردگی سطوح مختلف را افزایش دهد و به‌عنوان یکی از واحدهای تولید رنگ در سطح کشور، اقدام به تولید «نانورنگ ضد خوردگی» نموده است.

لاله سید سعادت، مدیر این شرکت دانش بنیان بر استفاده از فناوری نانو در تولید رنگ و پوشش‌ها تأکید کرد و افزود: «شرکت در سال ۱۳۹۵ با هدف ایجاد تحول در صنعت رنگ و استفاده از دانش و فناوری‌های روز دنیا و با حمایت پارک علم و فناوری استان گیلان پا به عرصه تولید نهاد. این شرکت در ابتدا مطالعات میدانی خود را برای شناسایی نیاز مصرف‌کنندگان نهایی آغاز کرد و مراحل آزمایشگاهی مربوط به استفاده

آزمایش میدانی ماده
بومی ضد خوردگی
صنایع نفتی و پتروشیمی



محققان پژوهشگاه صنعت نفت در راستای بومی‌سازی مواد ضد خوردگی در صنایع نفت و گاز با استفاده از فناوری نانو موادی را عرضه کردند که در حال حاضر این ماده در ۹ حلقه چاه نفت در منطقه خانگیران تست میدانی شد.

به گزارش اقتصاد آنلاین به نقل از ایسنا، بومی‌سازی و تولید مواد

تعمیراتی خطوط لوله‌های نفت



مدیر شرکت خطوط لوله نفت منطقه‌ای خوزستان گفت: به منظور انتقال ایمن و پایدار مواد نفتی تعویض پوشش سرجوش‌های خط لوله ۲۶ اینچ نفت کوره آبادان - ماهشهر در حال انجام است.

به گزارش گروه استان‌های باشگاه خبرنگاران جوان از اهواز، کیهان پور، مدیر شرکت خطوط لوله نفت منطقه‌ای خوزستان بیان داشت: ضمن اشاره به اینکه این خط ظرفیت انتقال حدود دویست هزار بشکه نفت کوره از پالایشگاه آبادان به بندر صادراتی ماهشهر را دارد گفت: تعداد مترای انجام شده این عملیات بیش از ۳ هزار و ۵۰۰ متر می‌باشد و مترای لوله کامپوزیت شده نیز ۴۶۰ متر و مترای لوله رنگ آمیزی شده بیش از ۳۰ هزار متر تا کنون می‌باشد.

وی در ادامه وضعیت خاک منطقه، بالا بودن سطح آب‌های زیر زمینی و حرارت بالای نفت کوره انتقالی را از عوامل اصلی ایجاد خوردگی این خطوط عنوان کرد و گفت: با بهره‌گیری از تکنولوژی به روز همچون پیگرانی‌ها سیستم حفاظتی کاتدیک و پوشش مناسب و با حضور به موقع نیروهای خدمت اجرایی در راستای پایش خطوط، تا حد بسیار زیادی از خوردگی خطوط لوله در منطقه خوزستان جلوگیری شده است. کیهان پور افزود: عملکرد همه عزیزان در گرما و شرایط طاقت فرسای بیابانی مناطق آسیب دیده خطوط، شایان تقدیر است.

شایان ذکر است: عملیات تعویض پوشش سرجوش‌های خط لوله ۲۶ اینچ نفت کوره آبادان - ماهشهر که با هدف تقویت نقاط خوردگی سرجوش‌ها و اطراف آنان، جلوگیری از وقوع نشتی‌های مکرر، صرفه جویی اقتصادی و جلوگیری از آسیب‌های محیط زیست انجام می‌شود اکنون با تلاش شبانه روزی همکاران واحد مهندسی خوردگی فلزات منطقه و ناحیه فنی آبادان در حال اجرا می‌باشد.

منبع: باشگاه خبرنگاران جوان

(<http://www.yjc.ir/fa/news/6295608>)

مجله زنگ جهت غنی کردن بار آموزشی و محتوایی بخش روی خط اینترنت آمادگی دارد تمامی مطالب، اخبار، تحلیل‌ها و دیدگاه‌های کارشناسان، دست‌اندرکاران و علاقه‌مندان به علم و مهندسی خوردگی و مرتبط به آن را در تمامی حوزه‌ها منتشر نماید. لازم به ذکر است مطلب ارسالی با نام فرستنده درج خواهد شد ضمن اینکه درج منبع اصلی مطلب نیز الزامی می‌باشد. علاقه‌مندان می‌توانند جهت کسب اطلاعات بیشتر با انجمن خوردگی ایران، تماس حاصل نمایند.

(www.ica.ir)

تلفن: ۸ - ۸۷ ۴۲ ۳۴ ۸۸

افزودنی بازدارنده خوردگی برای استفاده در شرکت‌های بهره‌برداری نفت و گاز و همچنین بهینه‌سازی خواص مواد افزودنی مذکور با استفاده از علم نانو فناوری و بکارگیری نانو مواد در دستور کار محققان پژوهشگاه صنعت نفت قرار گرفته است.

یکی از مشکلات عمده صنایع نفت و گاز خوردگی فلزات است؛ به گونه‌ای که این مساله سالانه مبالغ هنگفتی را به خود اختصاص می‌دهد، به همین جهت وقفه در تولید، زیان قابل توجهی چه از نظر تولید هیدروکربن‌های نفتی و چه از نظر هزینه تعمیرات در پی خواهد داشت. از این رو سلامت تجهیزات در طول عمر مفید آنها مسأله اساسی است.

از سوی دیگر گاز طبیعی استخراج شده از داخل چاه حاوی مقدار زیادی گازهای هیدروژن سولفید و کربن دی اکسید است و این امر موجب اسیدپتیه زیاد گاز می‌شود که به آن، "گاز ترش" می‌گویند. گاز ترش باعث بروز خوردگی در تجهیزات سرچاهی و لوله‌های انتقال گاز و در نتیجه خرابی سیستم‌ها شده و در نهایت موجب بروز مشکلات اقتصادی زیادی می‌شود.

بر این اساس از سال‌های قبل استفاده از بازدارنده‌های خوردگی به عنوان یکی از روش‌های کارآمد کنترل خوردگی در صنایع نفت و گاز مورد استفاده قرار گرفته است. بازدارنده خوردگی ماده‌ای است که به مقدار کم به سیستم افزوده می‌شود تا واکنش شیمیایی را کند یا متوقف کند؛ ضمن آنکه استفاده از آن کاهش قابل ملاحظه جریان الکتریکی از طریق افزایش مقاومت اهمی را به دنبال دارد.

در حال حاضر شرکت‌های بهره‌برداری نفت و گاز برای کنترل خوردگی از بازدارنده‌های خوردگی خارجی استفاده می‌کنند؛ ولی به منظور تولید داخلی بازدارنده‌های خوردگی مورد نیاز شرکت‌های بهره‌برداری نفت و گاز، از سال ۹۱ پروژه مشترکی بین پژوهشگاه صنعت نفت و شرکت نفت مناطق مرکزی (شرکت بهره‌برداری نفت و گاز شرق) اجرایی شد.

در این طرح تحقیقاتی مقرر شد تا علاوه بر بومی‌سازی تولید مواد افزودنی بازدارنده خوردگی برای استفاده در شرکت‌های بهره‌برداری نفت و گاز، اقدام به بهینه‌سازی خواص آنها با استفاده از نانوفناوری شود.

بر همین اساس و با انجام این پروژه، سه نوع بازدارنده خوردگی مخصوص سیستم سرچاهی (به مقدار ۵ بشکه)، مخصوص سیستم پیوسته محلول در آب (۴۹ بشکه) و مخصوص سیستم پیوسته محلول در روغن (۱۰ بشکه) تولید شد، ضمن آنکه آزمون نیمه میدانی با نتایج موفقیت آمیز به ترتیب در چاه‌های ۲۹، ۳۶ و ۳۸ منطقه خانگیران اجرایی شد.

مرحله اول آزمون میدانی نمونه بازدارنده خوردگی مخصوص سیستم پیوسته محلول در آب، به صورت آزمون جمع‌آوری در ۹ چاه انجام شده است و اکنون پروژه در حال نهایی شدن آزمون میدانی نمونه مذکور تا پایان امسال است.

منبع: اقتصاد آنلاین

(<http://www.eghtesadonline.com>)

فهرست مقاله‌های مجله Material performance

مجله Material Performance یکی از مجله‌های تخصصی معتبر در باب علم و مهندسی خوردگی و از انتشارات NACE، بوده و مقاله‌های چاپ شده در آن علاوه بر بعد علمی، به لحاظ کاربردی می‌توان مفید باشد. فصلنامه زنگ، به منظور آشنایی خوانندگان با عناوین مقاله‌های این نشریه، فهرست مقاله‌ها منتشر شده در آن را ارائه خواهد نمود تا هریک از خوانندگان بر اساس زمینه کاری خود از مقاله‌های این مجله بهره‌مند گردند. برای مطالعه متن کامل هر یک از مقاله‌ها می‌توانید به پایگاه اینترنتی <http://mp.epubxp.com> مراجعه کنید.

SPECIAL FEATURE

Characterizing Severe Bridge Pile Corrosion in a Florida Marine Environment—A Case Study

Kathy Riggs Larsen

2017 MP Subject and Author Index

75TH ANNIVERSARY MP CLASSIC

Mitigation of Induced Voltages on Buried Pipelines

J. Dabkowski

COATINGS & LININGS

Coating Technology for Pump Energy Savings

Cassia Sanada and Osmay Oharriz

Coatings & Linings Essentials

CHEMICAL TREATMENT

Performance Evaluation of Platinum Nanoparticle-Coated Titanium Electrodes

K.R. Rasmi, S.C. Vanithakumari, Rani P. George, and U. Kamachi Mudali, FNACE

MATERIALS SELECTION & DESIGN

Inhibition of Pitting Corrosion on Type 304 Stainless Steel

Zhouyang Lian

CORROSION MANAGEMENT

Ranking Asset Integrity Risk of Oilfield Water Handling Systems

Olagoke Olabisi, Abdul Razzag Al-Shamari, Saleh Al-Sulaiman, Amer Jarraah, and Ashok Mathew



DECEMBER 2017

VOL. 56, NO. 12

SPECIAL FEATURE

Historic Corrosion Tools Tell the Story of Early Corrosion Control

Mark Lewis and Kathy Riggs Larsen

75TH ANNIVERSARY MP CLASSIC

Electrochemical Removal of Chlorides From Concrete Bridge Decks

John E. Slater, David R. Lankard, and Peter J. Moreland

COATINGS & LININGS

Microarc Oxidation Coatings on Aluminum Alloy Drill Pipe

Yan Shen, Prasanta K. Sahoo, and Yipeng Pan

Coatings & Linings Essentials

CHEMICAL TREATMENT

Organofunctional Silane Corrosion Inhibitor Surface Treatment Protects Concrete

Neal S. Berke, FNACE, Kristin M. Ade, Peter K. DeNicola, and Atri Rungta

Study on Electrochemical Corrosion of 7050 Aluminum Alloy

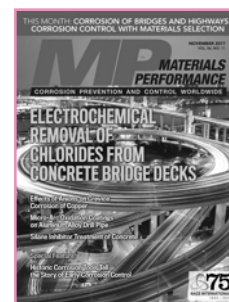
W.J. Qi, X. Qi, B. Sun, C. Wang, J.R. Jin, and R.G. Song

Chemical Treatment Essentials

MATERIALS SELECTION & DESIGN

Effects of Anions on Crevice Corrosion of Copper

Qiufa Xu, Kewei Gao, and Xiaolu Pang



NOVEMBER 2017

VOL. 56, NO. 11

SPECIAL FEATURE

CORROSION 2018 Advance Program (follows p. 16)

Serving the Corrosion Industry for 75 Years

Gretchen Jacobson

75TH ANNIVERSARY MP CLASSIC

Factors Affecting the Accuracy of Reference Electrodes

Frank J. Ansuini and James R. Dimond

CATHODIC PROTECTION

Cathodic Protection in the Water Utility Industry

Mersedeh Akhoondan and Graham E.C. Bell

COATINGS & LININGS

Abrasives: Salt Contamination and Its Transfer

Austin Darrimon

Coatings & Linings Essentials

CHEMICAL TREATMENT

Organochloride Contamination in a Refinery Naphtha Hydrotreater Unit

Nayef M. Alanazi, Frederick M. Adam, and Muthukumar Nagu

MATERIALS SELECTION & DESIGN

Optimizing Conditions to Control Copper Corrosion in Stator Cooling Water

Zhang Ruiyuan, Cao Shun'an, and Zhang Xuefeng



OCTOBER 2017

VOL. 56, NO. 10

بیشتر بدانیم

بیشتر بدانیم



- پرونده ویژه
استقرار برنامه مدیریت یکپارچه تاسیسات، جهت
پایش خوردگی
- خوردگی در صنایع
بررسی ترک خوردن نوک فلر از جنس فولاد زنگ‌نزن
۳۱۰ در مجتمع گاز پارس جنوبی
- پوشش
دلایل تخریب پوشش‌ها در نواحی جوش و ارائه
راهکارهای عملیاتی جهت بهبود کیفیت
- کمی‌سازی آثار خوردگی
کمی‌سازی خسارات و خطرهای خوردگی
- پایش خوردگی
آشنایی با کاربرد کاوندهای CMASs مورد استفاده در
پایش خوردگی

استقرار برنامه مدیریت یکپارچه تاسیسات، جهت پایش خوردگی

ترجمه داریوش ماسوری

مقدمه

تبعات ناشی از خوردگی در دنیای پیچیده صنعت، در صورتی که بطور موثر مدیریت نشود می تواند عواقب جبران ناپذیری در پی داشته باشد. براساس آخرین اطلاعات انجمن خوردگی NACE، هزینه سالانه خوردگی در آمریکا بالغ بر ۱/۴ میلیارد دلار در بخش اکتشاف و تولید نفت و گاز، ۳/۷ میلیارد دلار در بخش پالایشگاهی، ۱/۷ میلیارد دلار در صنعت پتروشیمی و ۶ میلیارد دلار در صنعت کاغذ است. این آمار، برآورد خوبی از فرصت های موجود جهت تعدیل هزینه های ناشی از خوردگی در دنیا ارائه می نماید. صرف نظر از سازوکارهای خوردگی، خوردگی عمومی بیشترین هزینه را به صنعت تحمیل می کند لیکن خوشبختانه کنترل آن بسیار راحت تر از خوردگی موضعی و ترک های ناشی از خوردگی است.

استقرار برنامه مدیریت یکپارچه تاسیسات، جهت پایش خوردگی و تشخیص سطح تعمیر و نگهداری مورد نیاز تجهیزات، کلید تعدیل، واپایش و مدیریت خوردگی است. هفت سوال اساسی که می بایستی در استقرار برنامه مدیریت یکپارچه پاسخ داده شوند در ادامه تشریح می گردد.

۱- آیا محل های مناسب اندازه گیری ضخامت تجهیزات شناسایی شده است؟

تعیین محل های ضخامت سنجی در برنامه پایش خوردگی شامل نقاطی است که مستعد به خوردگی می باشند. این موضوع مستلزم مطالعه هدفمند خوردگی و شناسایی حلقه های خوردگی (Corrosion Loop) می باشد. مدار خوردگی، مدارهای فرآیندی است که از نظر شرایط عملیاتی، متالورژیکی و سازوکارهای تخریب دارای شرایط مشابه هستند. گزارش های حرفه ای که از سازوکارها و نرخ خوردگی این مدارها تهیه می شود نقطه آغاز شناسایی محل هایی است که باید در برنامه اندازه گیری ضخامت (TMLs) تجهیزات گنجانده شود.

۲- آیا محل های اندازه گیری ضخامت به درستی مشخص شده اند؟

از آنجایی که سازمان باید از وضعیت تجهیزاتی که شرایط بحرانی دارند مطلع باشد، با توجه به تعداد زیاد تجهیزات موجود، امکان پایش هر کدام بطور مجزا وجود ندارد. از این رو ارزیابی تجهیزاتی که دارای شرایط بحرانی هستند امکان اولویت بندی تجهیزات با خطر بالا را به منظور انجام بازرسی های دقیق تر فراهم می نماید. چگونگی این طبقه بندی بستگی به بزرگی و اهمیت سازمان دارد، اما به طور کلی تجهیزاتی که از نظر ایمنی و تولید از درجه اهمیت کمتری برخوردار است ریسک پایین تری دارد. به همان نسبت تجهیزاتی که شرایط بحرانی بالاتری دارد در صورت وقوع حادثه با توجه به مخارج تعمیر و نگهداری و توقف تولید، هزینه های هنگفتی برای سازمان در بر خواهد داشت. به عنوان مثال، مخزن تحت فشار آب یا هوا با توجه به غیر قابل اشتعال بودن و سمی نبودن از نظر ایمنی اهمیت کمتری دارد. لیکن اگر تامین کننده آب یا هوای یک تجهیز باشد در فرآیند تولید نقشی اساسی داشته و یک بخش مهم و بحرانی محسوب می شود. به همان نسبت اگر مخزنی برای نگهداری مواد هیدروکربوری در نظر گرفته شده باشد از نظر ایمنی با اهمیت است لیکن اگر این مخزن آماده بکار (Stand by) باشد در تولید نقشی اساسی نداشته و تجهیزاتی حساس و بحرانی محسوب نمی شود.

تعیین درجه حساسیت و بحرانی بودن یک تجهیز با انجام تجزیه کیفی ریسک که احتمال و نتایج وقوع حادثه را نشان می دهد صورت می گیرد. علاوه بر این، برای شناسایی بدترین سناریو از روش ارزیابی کمی خطر (QRA)، HAZOP یا What if می توان استفاده کرد. همچنین طبقه بندی تجهیزات حساس می تواند براساس جمعیت منطقه انجام شود و بر این اساس محل اندازه گیری ضخامت بر روی تجهیزات تعیین گردد.

۳- آیا ده عدد از تجهیزاتی که بیشترین نرخ خوردگی را دارند، اولویت بندی شده اند؟

دارا بودن فرآیندی هدفمند برای شناسایی نقاط TMLs و ذخیره نمودن اطلاعات اندازه گیری ضخامت از اهمیت ویژه ای برخوردار است. جمع آوری و تجزیه داده ها در سطح معینی باعث ایجاد دقت لازم در تعیین میزان نرخ خوردگی می شود. تجهیزات بسته به نوع عوامل بیرونی از قبیل شرایط آب و

روزآمد کردن اطلاعات و برآوردها امکان مدیریت تاسیسات را فراهم نموده و تصمیم‌گیری در خصوص تعمیر، نگهداری و بازرسی که منجر به کاهش هزینه و خطر ایمنی شود را امکان‌پذیر می‌سازد.

۶ - چه مدتی می‌توان از تجهیز بصورت ایمن استفاده کرد و عمر مفید تجهیزات را افزایش داد؟

به منظور پاسخگویی به این سوال، باید درک صحیحی از عمر مفید یک تجهیز و رای نرخ خوردگی داشته باشیم. طراحان مخازن تحت فشار، معمولاً ضخامت را بیش از مقدار محاسبه شده در نظر می‌گیرند. اطلاع از این ضخامت اضافی، سبب می‌گردد تا عمر مفید باقی مانده تجهیز را به درستی محاسبه نمائیم. برای مثال ضخامت حداقل محاسبه شده برای مخزن $6/8 \text{ mm}$ و مقدار مجاز خوردگی در 20 سال $1/5 \text{ mm}$ در نظر گرفته شده است لیکن از آنجا که ورق $8/3 \text{ mm}$ در بازار موجود نیست از ورق 110 mm استفاده شده است که $1/7 \text{ mm}$ میزان بیش طراحی بوده و بدین ترتیب عمر مفید باقی مانده تجهیز افزایش می‌یابد. این موضوع می‌تواند عملاً زمانی را که تجهیز نیاز به تعمیر یا جایگزینی دارد، افزایش دهد.

۷ - چطور می‌توان T_{min} را تعیین و مدیریت کرد؟
در صورتی که امکان پیش‌بینی و برآورد زمان از سرویس خارج شدن یک تجهیز وجود داشته باشد، هزینه‌های سازمان کاهش یافته و بهره‌وری افزایش می‌یابد. حداقل ضخامت لازم برای افزایش طول عمر مفید تجهیز را تا زمانی که نیاز به FFS داشته باشد تشریح می‌کند. پایش مرحله به مرحله کاهش T_{min} که در محاسبه عمر باقی مانده تجهیز بکار می‌رود، به واحد بهره‌برداری در سفارش و نصب تجهیزات جدید کمک می‌کند.

نتیجه‌گیری

طرح این هفت سوال از ملاحظات کلیدی سازمان است که نشان می‌دهد سازمان چه وقت نیاز به یک برنامه منسجم مدیریت خوردگی جهت مدیریت تجهیزات در محیط خورنده دارد. از مزایای مدیریت خوردگی، حصول اطمینان از قابل اعتماد بودن فرآیند و تداوم تولید است.

استفاده از یک مدیریت عملکرد دارایی (APM) کارآمد، می‌تواند به مهندسین کارخانه و سازمان در خودکارسازی برنامه مدیریت خوردگی کمک کرده و آنها را از برخی تجزیه‌ها و محاسبات دستی که به‌طور مداوم باید انجام شود خلاص نماید. این موضوع سبب افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه می‌گردد.

منبع:

Inspectioneering Journal NOVEMBER | DECEMBER 2016

هوایی، موقعیت جغرافیایی، حفاظت خارجی، دمای سرویس، خوردگی سیال، آلودگی فرآیند، فشار بهره‌برداری و ... نرخ خوردگی متفاوتی خواهند داشت.

اولین مرحله ذخیره کردن اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری ضخامت تجهیزات است. سازمان این بانک اطلاعاتی را می‌تواند برای بررسی روند خوردگی استفاده نموده و با کمک آن میزان موفقیت در واپایش خوردگی را ارزیابی نماید.

۴ - برنامه بازرسی برای تعیین بهینه محل‌های اندازه‌گیری ضخامت چیست؟

تاکنون خواسته ما شناسایی، پیگیری و پایش TMLs بوده است. اما از این به بعد تمرکز ما بر روی طول عمر تجهیزات و نحوه بازرسی این نقاط خواهد بود. به منظور توسعه برنامه بازرسی بهینه نقاط اندازه‌گیری، سازمان می‌تواند از عامل عمر باقی مانده (Remaining life factor) برای تعیین فواصل زمانی بازرسی‌ها استفاده نماید. به عنوان مثال تجهیزاتی که عمر باقی مانده تقریبی آنها ۱۵ - ۱۰ سال است به‌طور تجربی نرخ خوردگی آنها کمتر از تجهیزاتی با عمر باقی مانده ۵ - ۳ سال می‌باشد. در این حالت، تجهیزات با عمر باقی مانده کمتر نیاز به بازرسی‌های بیشتر نسبت به تجهیزات جدیدتر دارند. توسعه برنامه بازرسی TMLs، ارتباط عامل عمر باقی مانده با تعیین شرایط بحرانی تجهیز را بخوبی نشان می‌دهد. برنامه بازرسی یک تجهیز با خطر بالاتر و عمر باقیمانده طولانی‌تر، مانند تجهیزاتی است که خطر پایین‌تر و عمر باقیمانده کوتاه‌تر دارد. داده‌ها در خصوص عمر باقی مانده و میزان شرایط بحرانی یک تجهیز، نشان داده است که می‌توان از عامل عمر باقی مانده به جای در نظر گرفتن نیمه عمر تجهیز در تعیین محل اندازه‌گیری ضخامت استفاده کرد. این موضوع می‌تواند سیاست‌گذاری بلند مدت سازمان را تعریف و مدیریت کند.

۵ - کدام یک از تجهیزات باید از رده خارج شود؟

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد سازمان باید تاریخچه نرخ خوردگی را در ارتباط با عمر باقی مانده تجهیز و فواصل زمانی بازرسی‌ها به منظور تعیین دقیق شرایط بحرانی تجهیز و نقاط مناسب اندازه‌گیری ضخامت بررسی نماید. اما این آنالیز در صورتی که اگر یک بار در ماه یا سال انجام شود نمی‌تواند ارزیابی در طول زمان را نشان دهد. لذا شرکت باید توانایی تجزیه براساس نرخ خوردگی و محاسبه عمر باقی مانده براساس زمان نزدیک به واقعی را به کمک اندازه‌گیری نرخ خوردگی در بلند مدت و کوتاه مدت را داشته باشد. زمانی که به‌طور خاص از داده‌های آماری استفاده می‌شود این نوع تجزیه کمکی به هدف مورد نظر نمی‌کند. ترجیحاً سازمان باید نگاهی هدفمند بر پایه تجزیه خوردگی به هر کدام از تجهیزات با رویکرد شناسایی شرایط بحرانی داشته باشد تا به موقع آن را از سرویس خارج کند.

بررسی ترک خوردن نوک فلر از جنس فولاد زنگ‌نزن ۳۱۰ در مجتمع گاز پارس جنوبی

حمید خان محمدی^۱، سعید رضا اله کرم^{۲*}، رضا دانای مقدم^۳، عسکر سلطانی^۳

^۱ فارغ التحصیل دکتری، مسئول فنی آزمایشگاه جنبه‌های مکانیکی خوردگی، پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

^۲ استاد، دانشکده مهندسی متالورژی و مواد پردیس دانشکده‌های فنی دانشگاه تهران

^۳ کارشناس ارشد کنترل خوردگی اداره بازرسی فنی شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی

چکیده:

در فلرهای گازی پالایشگاه‌ها، گاز سوختنی با اکسیژن واکنش داده و مشتعل می‌شود. ماده‌ای که سر فلر گازی (نوک فلر) از آن ساخته می‌شود معمولاً در برابر اکسیداسیون داغ، واکنش‌های دما بالا و همچنین تنش‌های گرمایی اکسایش می‌باشد. در این تحقیق به دلایل ترک خوردن قسمتی از نوک فلر یک پالایشگاه در مجتمع گاز پارس جنوبی در آزمایشگاه جنبه‌های مکانیکی خوردگی دانشگاه تهران مورد بررسی قرار گرفته و شرایط کاری، ریزساختار فولاد زنگ‌نزن مورد استفاده، نحوه اشاعه‌ی ترک و ترکیب شیمیایی فازهای مختلف موجود در ریزساختار نواحی اطراف ترک و علل احتمالی ترک خوردگی مورد مطالعه واقع شده است. در فولادهای زنگ‌نزن حضور عنصر Cr موجب تشکیل لایه‌ی محافظ اکسید هم‌تافت آهن و کروم روی سطح می‌شود که متعاقباً نرخ خوردگی را کاهش می‌دهد. میل ترکیبی بالای کروم و کربن و تشکیل فازهای کاربید کروم در دماهای بالا و در مرز دانه‌ها باعث تهی شدن بخشی از کروم در اطراف مرز دانه‌ها و نفوذ آن از طریق مسیرهای آزاد نفوذ (Diffusion free paths) می‌شود. در این تحقیق بررسی‌ها نشان داده است که شبکه‌های به هم پیوسته از این کاربیدها در مرز دانه‌ها شکل گرفته‌اند که با توجه به تنش گرمایی بالا در نوک فلر و تغییرات دمایی احتمالی، ترک آغاز شده به راحتی به درون این شبکه‌ی ترد هدایت شده و شکست مرز دانه‌ای رخ داده است.

کلمات کلیدی:

فولاد زنگ‌نزن ۳۱۰، کاربید کروم، ترک مرز دانه‌ای

۱ - مقدمه

فولادهای زنگ‌نزن ۳۰۹، ۳۱۰ و ۳۱۴ از گروه فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی هستند که برای کاربرد در دمای بالا طراحی شده‌اند [۱]. در صورتی که فولاد ۳۰۲ را فولاد پایه‌ی گروه فولادهای زنگ‌نزن آستنیتی در نظر بگیریم، با افزودن مقدار عناصر Cr و Ni در فولادهای ۳۰۹ و ۳۱۰ و عنصر Si در فولاد ۳۱۴، مقاومت در برابر دمای بالای این فولادها بهبود یافته است [۱ و ۲]. فولاد زنگ‌نزن ۳۱۰ دارای حدود ۰/۰۵٪ کربن، ۲۵٪ کروم و ۲۰٪ نیکل می‌باشد. عناصر کروم و نیکل به مقدار بالا باعث مقاومت در برابر دمای بالا (High heat resistance) در این فولاد می‌شود ولی بایستی توجه داشت که در دماهای بالای کاربردی این فولادها (معمولاً بالاتر از ۷۵۰°C)، ضریب نفوذ کربن و کروم بسیار بالا خواهد بود و امکان تشکیل کاربید کروم و تخلیه نواحی اطراف مرزها از کروم (Chromium depletion) وجود خواهد داشت [۲ و ۳]. نفوذ کربن و کروم و تشکیل کاربید کروم از دو منظر مختلف می‌تواند موجب تخریب قطعه شود: در حالت اول با تشکیل کاربید کروم در مرز دانه‌ها نواحی اطراف مرز دانه‌های از عنصر کروم تخلیه می‌شود و در نتیجه قدرت تشکیل لایه‌ی روئین در این نقاط کاهش می‌یابد و در صورت قرارگیری قطعه در محیط خورنده، خوردگی مرز دانه‌ای رخ خواهد داد. در حالت دوم، اگر کاربیدهای سرامیکی تشکیل شده در مرز دانه‌ها ساختاری به هم پیوسته یا شبه به هم پیوسته را در طول مرز دانه‌ها تشکیل دهند، در صورتی که ترکی در درون ساختار به وجود آید، این ساختار ترد سرامیکی مسیری ترجیحی برای رشد ترک را فراهم خواهد کرد و ترک به سرعت رشد می‌کند. بنابراین در شرایطی که قطعه تحت تنش بالایی قرار دارد. سازوکار دوم می‌تواند اهمیت بالاتری داشته باشد [۴].

۲ - مواد و روش تحقیق

در ابتدا تصاویری از محل قرارگیری نوک فلر و محل ترک خوردگی روی نوک فلر در محل پالایشگاه تهیه شد. در ادامه دو نمونه از نوک فلر آسیب دیده (شامل یک نمونه که ترک کاملاً موجب پارگی نوک فلر شده بود و در دیگری ترک در مراحل ابتدایی رشد بود)، بریده شد.

شده است و ترک خوردگی و شکست در همین ناحیه اتفاق افتاده است. با توجه به مشاهدات کارشناسان بازرسی فنی، در طول کارکرد نوک فلر فوق، مسیر باد عمدتاً در جهتی بوده است که شعله دارای جهت گیری به سمتی که ترک در آن منطقه مشاهده می شود، بوده است و به بیان دیگر مسیر باد باعث قرارگیری بخش آسیب دیده در تنش های گرمایی بالاتری شده است. این تفاوت دمایی در بخش های مختلف رینگ نوک فلر و به تبع آن تفاوت تنش در قسمت های مختلف محیطی نوک فلر می تواند یک عامل تمرکز تنش بوده باشد.

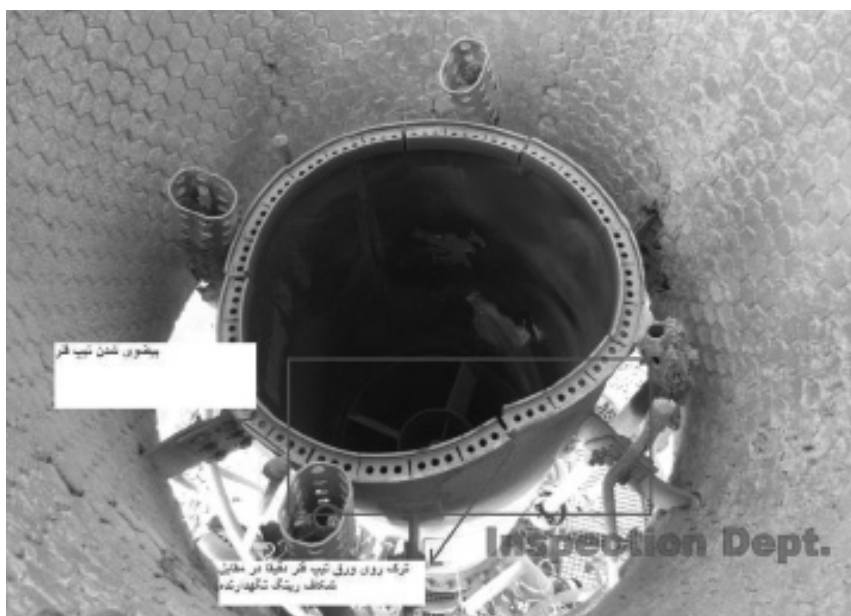
شکل ۲ ناحیه ای از بخش ترک خورده را که بریده شده است و ناحیه ای ترک خورده مورد پولیش قرار گرفته است را نشان می دهد که این بخش در ادامه تحت الکترواچ قرار گرفته است و برای بررسی های میکروسکوپی مورد استفاده قرار گرفته است.

شکل ۳ تصویر میکروسکوپ نوری از ناحیه نوک ترک در برخی نواحی ترک خورده را نشان می دهد. همان گونه که در این شکل مشاهده می شود، نواحی جلوی نوک ترک دارای رنگ متفاوتی نسبت به بخش های دیگر هستند.

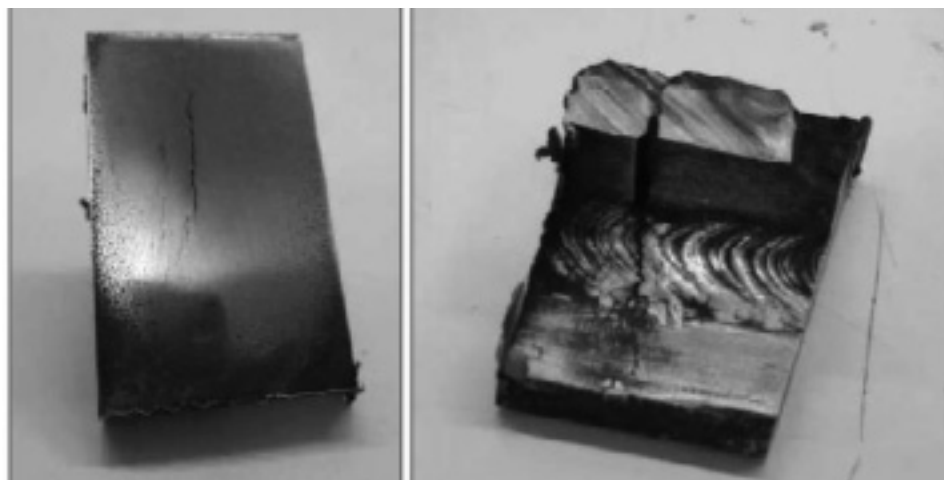
نمونه های تهیه شده با سمباده های ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۴۰۰، ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ مورد سمباده زنی قرار گرفت و توسط نانوذرات آلومینا پولیش شد. از روش ماکروگرافی برای یافتن محل حدودی ناحیه نوک ترک استفاده شد و پس از آن این ناحیه توسط محلول نیتریک اسید تحت ولتاژ ۴ ولت به مدت ۳۰ ثانیه تحت الکترواچ قرار گرفت و تصاویر میکروسکوپ نوری در این شرایط از نحوه انتشار ترک درون ریزساختار تهیه شد. بررسی های دقیق تر ریزساختار توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM: Tescan Mira 3) انجام پذیرفت و بررسی ترکیب شیمیایی فازهای موجود در ریزساختار توسط روش EDS مورد اندازه گیری قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

شکل ۱ محل تخریب و شکست روی نوک فلر در محل پالایشگاه را نشان می دهد. همان گونه که در این شکل مشاهده می شود عدم توازن تنش های گرمایی باعث تغییر شکل نوک فلر از حالت دایره ای به بیضوی شده است. این مسئله باعث تمرکز تنش در ناحیه ای از محیط نوک فلر



شکل ۱ - تصویر ترک خوردگی روی نوک فلر و بیضی شدن آن.



شکل ۲ - نمونه ی ترک خورده ی بریده شده و پولیش شده برای بررسی های میکروسکوپی.

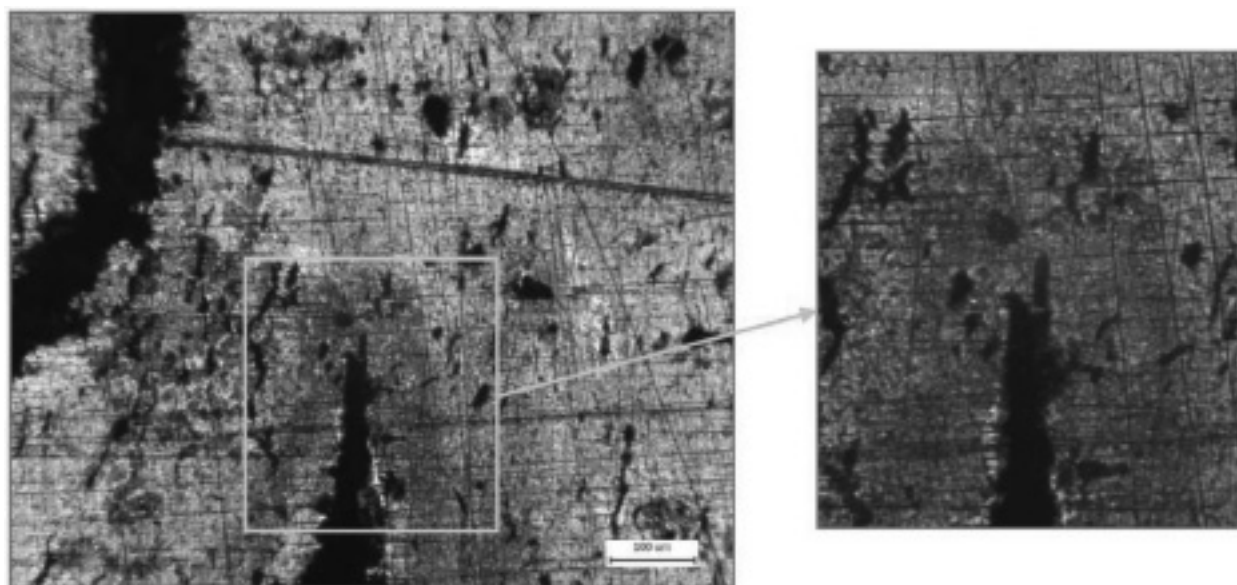
بیش از ۲۵ نقطه در نواحی مختلف (شامل نواحی تیره‌ی نوک ترک و نواحی روشن دورتر از نوک ترک) انجام شد و تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای در سختی نواحی مختلف مشاهده نشد و از این طریق فرضیه‌ی اشاعه‌ی ترک به دلیل ترد شدن نوک ترک در اثر استحاله‌ی مارتنزیتی رد شد. با انجام فرآیند الکترواچ به مدت ۳۰ ثانیه‌ی دیگر (در مجموع ۶۰ ثانیه)، مرزدانه‌های فولاد نیز به روشنی در شکل ۵ قابل مشاهده هستند.

در شکل ۵ مشاهده می‌شود که حتی شاخه‌های فرعی ترک اصلی نیز روی مرزدانه‌ها گسترش یافته است و عملاً در هیچ قسمتی حرکت ترک در مسیری غیر از مرز دانه‌ها نبوده است. این مسئله احتمال تشکیل شبکه‌ی به هم پیوسته‌ای از ساختارهای ترد، با میزان مقاومت در برابر اشاعه‌ی ترک بسیار پایین، در مرز دانه‌ها را بسیار محتمل می‌سازد. برای بررسی دقیق‌تر ریزساختار در مرزدانه‌ها، تصاویر میکروسکوپ الکترونی

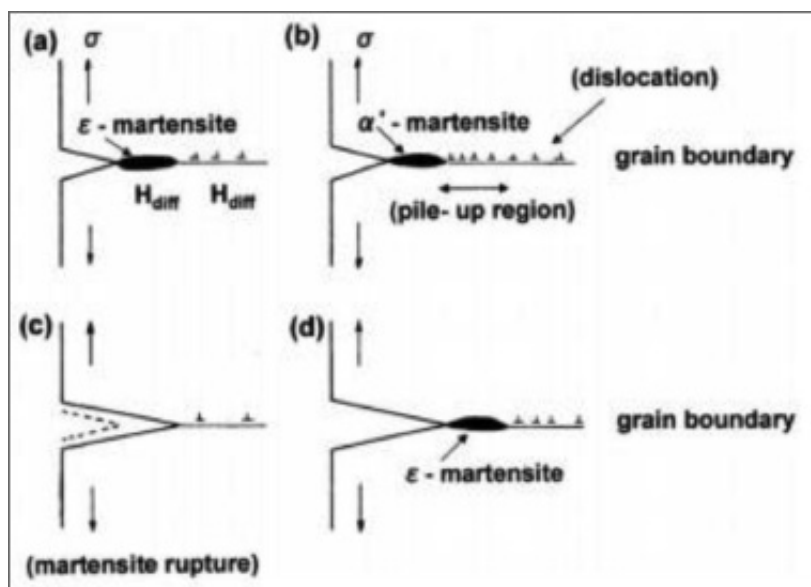
نیشیمورا و هم‌کارانش [۵] یک سازوکار برای اشاعه‌ی ترک مرزدانه‌ای در فولاد زنگ‌زن ۳۱۰ (البته در حضور هیدروژن) را تشکیل فازهای مارتنزینی α' و ϵ در اثر تمرکز تنش در ناحیه‌ی نوک ترک، تجمع نابجایی‌ها و استحاله‌ی آستنیت به مارتنزیت، معرفی کرده‌اند. شکل ۴ سازوکار معرفی‌شده توسط نیشیمورا و هم‌کارانش را به صورت نمودار نشان می‌دهد.

در صورتی که نواحی تیره‌رنگ نوک ترک (نشان داده شده در شکل ۳) مربوط به فازهای مارتنزیتی استحاله یافته از آستنیت باشد، بایستی تفاوت سختی قابل‌توجهی بین این نواحی و قسمت‌های دورتر از نوک ترک (که در تصویر میکروسکوپ نوری نیز دارای رنگ روشن‌تری هستند)، وجود داشته باشد.

میکروسختی‌سنجی توسط روش ویکرز و با بار عمودی ۵۰ گرم روی



شکل ۳ - تصویر میکروسکوپ نوری از ناحیه‌ی نوک ترک در بزرگ‌نمایی‌های مختلف.

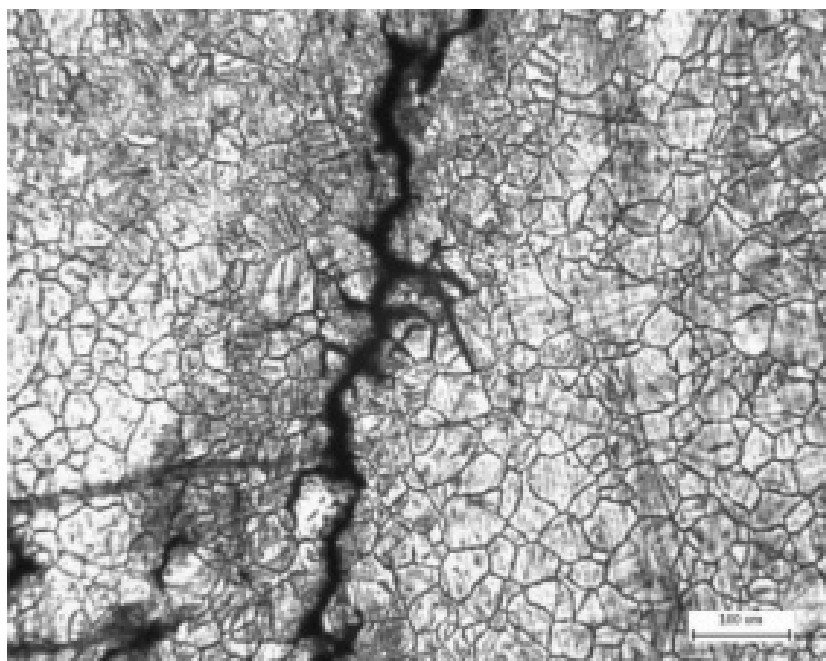


شکل ۴ - تصویر نمودار از سازوکار رشد ترک از طریق استحاله مارتنزیتی در نوک ترک فولاد زنگ‌زن ۳۱۰ [۵].

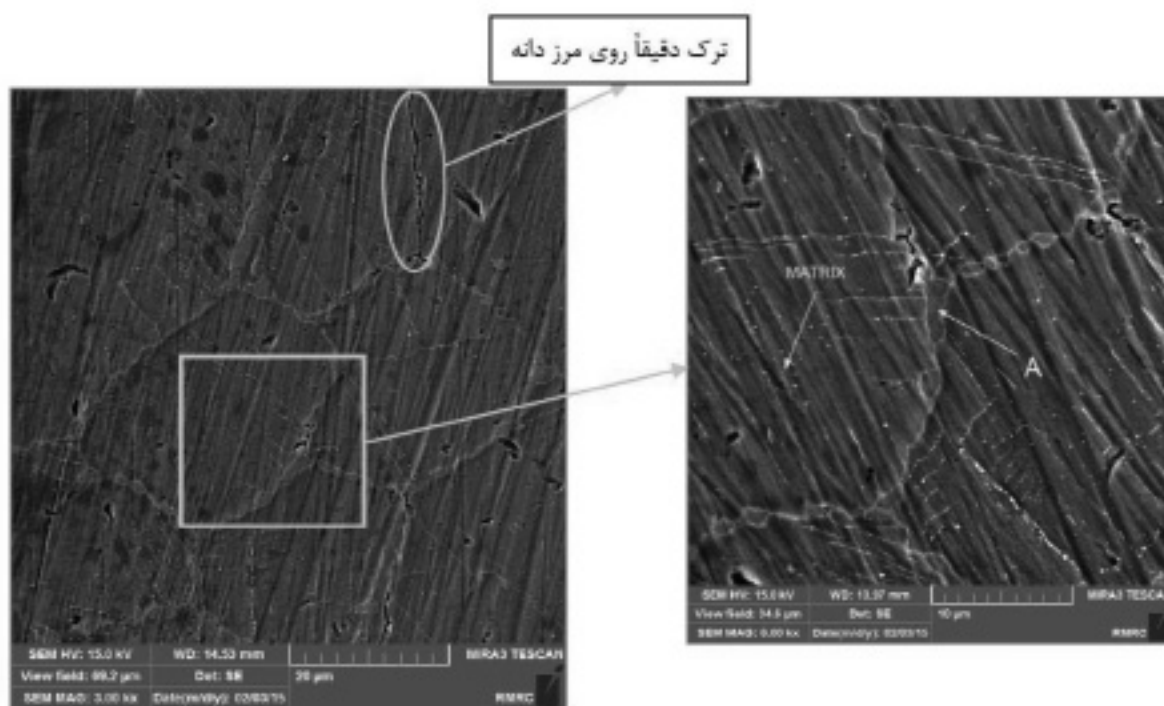
در برخی موارد به هم پیوسته مشاهده می‌شوند که احتمال دارد اشاعه ترک مرزدانه‌ای از طریق این فازهای ثانویه صورت گرفته باشد. برای بررسی ماهیت این فازها از روبش خطی ترکیب شیمیایی (Line scan) توسط EDS استفاده شد که مسیر تحت روبش قرار گرفته و تغییرات ترکیب شیمیایی در طول خط مشخص شده در شکل ۷ نمایش داده شده است.

در تصویر روبش خطی شکل ۷، دو الی سه نقطه روی فاز ثانویه‌ی

رویشی از نواحی اشاعه ترک در مرزدانه تهیه شدند. شکل ۶ تصویر SEM از ناحیه‌ای از ترک را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل سمت چپ نشان داده شده است، ترک دقیقاً در مسیر مرزدانه رشد کرده است و حتی در جایی که مرز دانه به یک دوراهی رسیده است، ترک نیز از همین دو مسیر به اشاعه‌ی خود ادامه داده است. در تصویر با بزرگنمایی بالاتر (تصویر سمت راست) مشاهده می‌شود که فازهای ثانویه‌ای در مرز دانه‌ها، به‌صورت نزدیک به هم و



شکل ۵ - تصویر میکروسکوپ نوری از ترک گسترش‌یافته از مسیر مرزدانه‌ها.

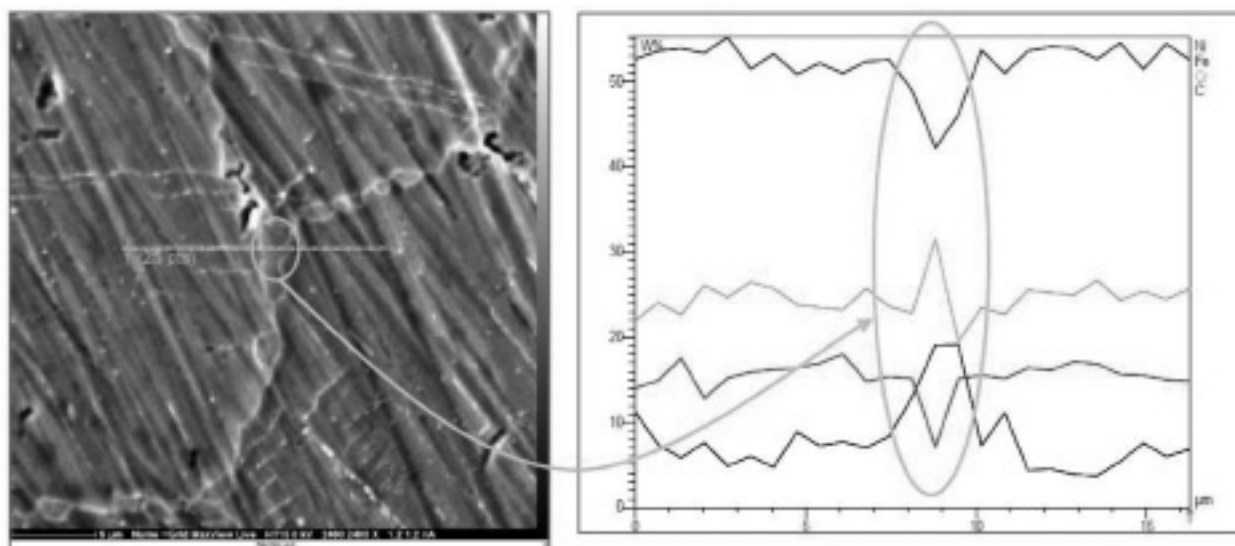


شکل ۶ - تصویر میکروسکوپ الکترونی از دانه‌بندی فولاد و ترک گسترش‌یافته از مسیر مرزدانه‌ها.

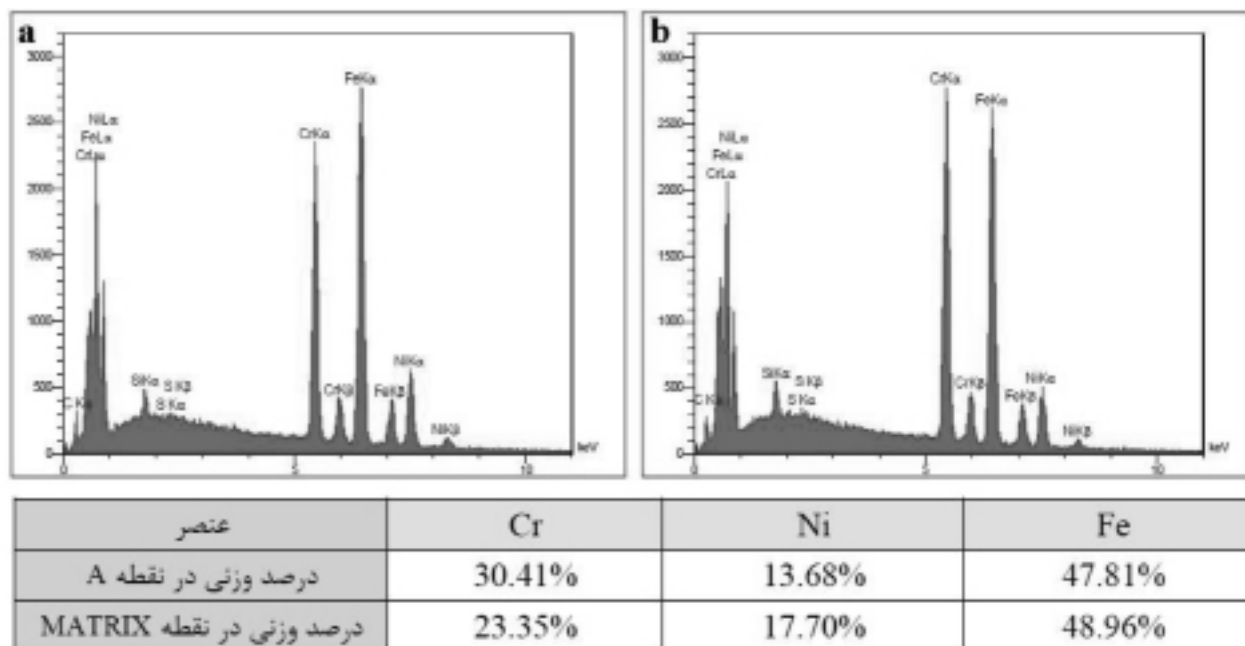
دانه‌ها و میل ترکیبی بالای این دو عنصر با یک‌دیگر باعث تشکیل شبکه‌ای از فاز کاربیدی در مرزدانه‌ها شده است [۶ و ۷]. از سوی دیگر عدم یکنواختی حرارتی در محیط نوک فلر و تمرکز تنش حرارتی در یک سمت از رینگ نوک فلر، باعث شروع تغییر شکل پلاستیک شده است و در برخی مناطق جوانه‌زنی ترک اتفاق افتاده است و در ادامه ترک‌ها از طریق مسیر با مقاومت کم تشکیل شده در مرزدانه‌ها (فازهای سرامیکی تشکیل شده) به راحتی اشاعه یافته و باعث جوانه‌زنی و رشد ترک از نوک فلر و متعاقباً شکست آن شده است.

مورد بررسی قرار گرفته‌اند که تغییرات ترکیب شیمیایی در این محدوده در تصویر سمت راست نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در این فاز میزان آهن (خط آبی‌رنگ) و نیکل (خط قرمز) کاهش یافته و میزان کروم (خط سبز) و کربن (خط سیاه) افزایش را نشان می‌دهند. همچنین شکل ۸ تصویر EDS دو نقطه (یکی روی فاز ثانویه و دیگری روی فاز پایه) را همراه با درصد عناصر مختلف در این دو ناحیه نشان می‌دهد.

براساس داده‌های به‌دست آمده از شکل‌های ۷ و ۸ می‌توان ادعا نمود که نفوذ عناصر کروم و کربن در دمای کاری بالای نوک فلر به مرز



شکل ۷ - تصویر روبش خطی ترکیب شیمیایی در طول خط نشان داده شده روی تصویر سمت چپ.



شکل ۸ - الگوی EDS زمینه (a) و فاز ثانویه (b) و درصد عناصر مختلف در این دو نقطه.

نتیجه‌گیری

قرارگیری فولادهای زنگ‌نزن دارای مقادیر بالای کروم و کربن در دماهای بالا از دو طریق می‌تواند موجب تخریب قطعات شود: (۱) از طریق تخلیه نواحی اطراف مرزدانه‌ها از عنصر کروم و ناپایداری لایه‌ی روئین در این مناطق و ایجاد خوردگی مرزدانه‌ای و (۲) از طریق تشکیل شبکه‌ای از فازهای ترد سرامیکی کاربید کروم در مرزدانه‌ها و تشکیل مسیر ترجیحی برای رشد ترک‌ها. در شرایطی که نمونه تحت تمرکز تنش بالایی قرار دارد، روش دوم می‌تواند اهمیت بالایی داشته باشد. در نوک فلر مورد بررسی شرکت گاز پارس جنوبی، به دلیل عدم توزیع گرمایی یکنواخت، تنش گرمایی در یک سمت تمرکز یافته و موجب جوانه‌زنی ترک در این نواحی شده بود. همچنین قرارگیری نمونه در دماهای بالا به مدت طولانی موجب تشکیل شبکه‌به‌هم پیوسته‌ای از کاربیدهای کروم در مرزدانه‌ها شده بود که این مسئله مسیر مناسبی را برای ترویج ترک‌های ایجادشده در اثر تمرکز تنش حرارتی، فراهم آورده بودند.

منابع

- [1] Design Guidelines for the Selection and Use of Stainless Steels”, American Iron and Steel Institute, 2014.
- [2] Handbook of Stainless Steels”, Outokumpo Oyj, Sweden, 2013.
- [3] B. Leffler, “Stainless Steels and Their Properties”, Avesta French Foundation, France, 1990.
- [4] API 571: Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipments in the Refining Industry”, American Petroleum Institute, 2nd Edition, 2011.
- [5] R. Nishmura, O.M. Alyousif, “A new aspect on intergranular hydrogen embrittlement mechanism of solution annealed types 304, 316 and 310 austenitic stainless steels”, Corrosion Science, 51 (2009) 1894-1900.
- [6] M. Yousefi, M.H. Farghadin, A. Farzadi, “Investigate the causes of cracks in welded 310 stainless steel used in the flare tip”, Engineering Failure Analysis, 53 (2015) 138-147.
- [7] A. Bahrami, A. Ashrafi, S.M. Rafiaei, M. Yazdan Mehr, “Sigma phase-induced failure of AISI 310 stainless steel radiant tubes”, Engineering Failure Analysis, 82 (2017) 56-63.

دلایل تخریب پوشش‌ها در نواحی جوش و ارائه راهکارهای عملیاتی جهت بهبود کیفیت

اسمعیل اکبری نژاد^{۱*}، علی قنبرزاده^۱، محمد رمضان یارندی^۲، فرشته رضایی^۱، سید حامد حسینی^۲، حمید بنیاد^۳، انسیه رضانی^۳

^۱ پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده حفاظت صنعتی، گروه پژوهش پوشش

^۲ پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده حفاظت صنعتی، گروه پژوهش خوردگی

^۳ شرکت ملی گاز ایران، مدیریت پژوهش و فناوری، امور پژوهش، توسعه و فناوری

* E-mail: akbarinezhade@ripi.ir

چکیده

تخریب زودهنگام پوشش‌ها در نواحی جوش از معضلات رایج در سامانه‌های پوششی مورد استفاده در محیط‌های صنعتی می‌باشد. در این مقاله مهمترین عیوب جوش که می‌توانند باعث کاهش عمر مفید سامانه‌های پوششی اجرا شده در این نواحی شوند تشریح شده است. مروری بر ریزساختار جوش، خوردگی در ناحیه جوش و عوامل موثر بر خوردگی در این ناحیه ارائه شده است. تاثیر پارامترهای مختلف جوشکاری بر خوردگی ترجیحی ناحیه جوش بررسی گردیده است. ضمن بررسی استانداردهای مربوط به آماده‌سازی سطح و بازرسی پوشش‌ها در نواحی جوش، به موضوع دلایل تخریب پوشش‌ها در نواحی جوش و ارائه راهکارهای اصلاحی پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی: خوردگی، تخریب پوشش، خط جوش، دلایل تخریب، منفذیابی

۱- مقدمه

می‌شود در یک نمونه، پوشش ناحیه جوش کاملاً سالم بوده (شکل الف) در حالی که در نمونه دیگر (شکل ب) پوشش در ناحیه جوش تخریب شده و خوردگی در این ناحیه حادث شده است.

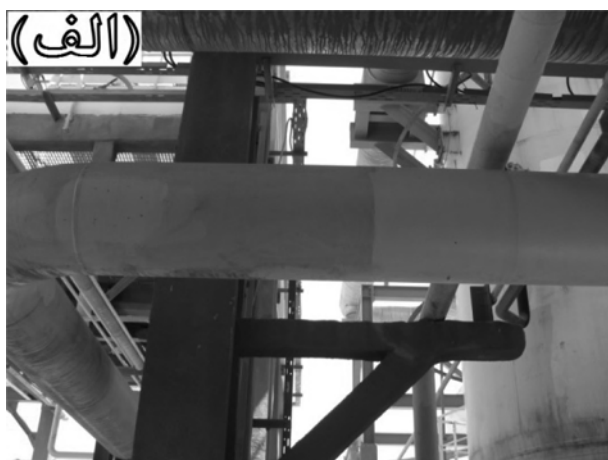
در شکل ۲ نیز به عنوان نمونه تصاویری از تخریب سامانه‌های پوششی در نواحی جوش که از چندین پالایشگاه گازی در کشور تهیه شده نشان داده شده است. چرایی این تفاوت در عملکرد و دلایل تخریب زودهنگام پوشش در این نواحی سوالی است که پاسخ آن نیاز به تحقیق دارد. هر کدام از عوامل تغییر، نظیر سامانه پوششی مورد استفاده، روش آماده‌سازی سطح و درجه تمیزی، توانمندی پیمانکاران اجرا، اختلاف در بازرسی و واپایش کیفیت به خودی خود می‌تواند در این امر موثر باشد. اما واقعیت غیر قابل انکار این است که اگر از مجموعه عوامل موثر، اطلاع کافی وجود داشته باشد، معضل تا حد زیادی قابل واپایش خواهد بود. برخی از کارشناسان مهمترین عامل تخریب سامانه‌های پوششی در نقاط جوش را ضعف آماده‌سازی قبل از اجرای عملیات پوشش‌دهی می‌دانند و عده‌ای نیز خوردگی ترجیحی ناحیه جوش را در این پدیده تاثیر گذار می‌دانند. در این مقاله به بررسی موضوع خوردگی ترجیحی

از بین روش‌های مختلف اتصال فلزات به یکدیگر، جوشکاری یک از متداول‌ترین روش‌ها در اتصال قطعات می‌باشد [۱]. با وجود در نظر گرفتن بسیاری از تمهیدات از قبیل انتخاب فلز پرکننده متناسب با فلز پایه، پیروی از کدها و استانداردهای صنعتی و رعایت مسائل فرایندی مانند نفوذ کامل جوش و شکل مناسب حوضچه جوش، خوردگی در نواحی جوشکاری شده اتفاق می‌افتد و اینکه یک فلز مقاوم به خوردگی در نواحی جوشکاری شده دچار خوردگی شود هیچ دور از ذهن و غیرعادی نیست.

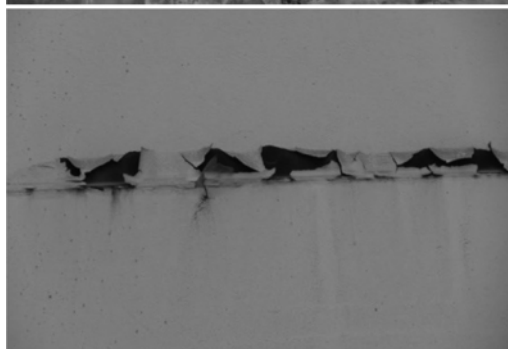
در بازدیدهای انجام شده از پالایشگاه‌های گاز، در موارد متعددی تخریب پوشش‌ها در ناحیه جوش به عنوان یکی از معضلات واقعی موجود در سامانه‌های پوششی، تشخیص داده شد. این معضل حتی در طرح‌هایی که در فواصل زمانی و مکانی زیادی از هم نیستند، بصورت متفاوت نمایان می‌شود. به عنوان مثال در شکل ۱ عکس جوش و پوشش روی آن در دو نمونه لوله موجود در یک پالایشگاه نشان داده شده است که عملکرد متفاوتی را به نمایش می‌گذارند. چنانکه در این شکل مشاهده

و استانداردهای مربوط به آماده‌سازی سطح و بازرسی پوشش‌ها در این نواحی، راهکارهای عملیاتی قابل اجرا جهت بهبود کیفیت پوشش‌ها در نواحی جوش ارائه شده است.

در ناحیه جوش و پدیده‌های متالورژیکی مؤثر بر خوردگی در این ناحیه پرداخته شده است. مهمترین عیوب جوشکاری که بر تخریب زود هنگام پوشش‌ها در خط جوش تاثیر گذارند بررسی شده و ضمن بررسی منابع



شکل ۱ - تصاویر نمونه از وضعیت سامانه پوششی در یک پالایشگاه گاز، (الف) پوشش مناسب، (ب) پوشش تخریب شده در ناحیه جوش.

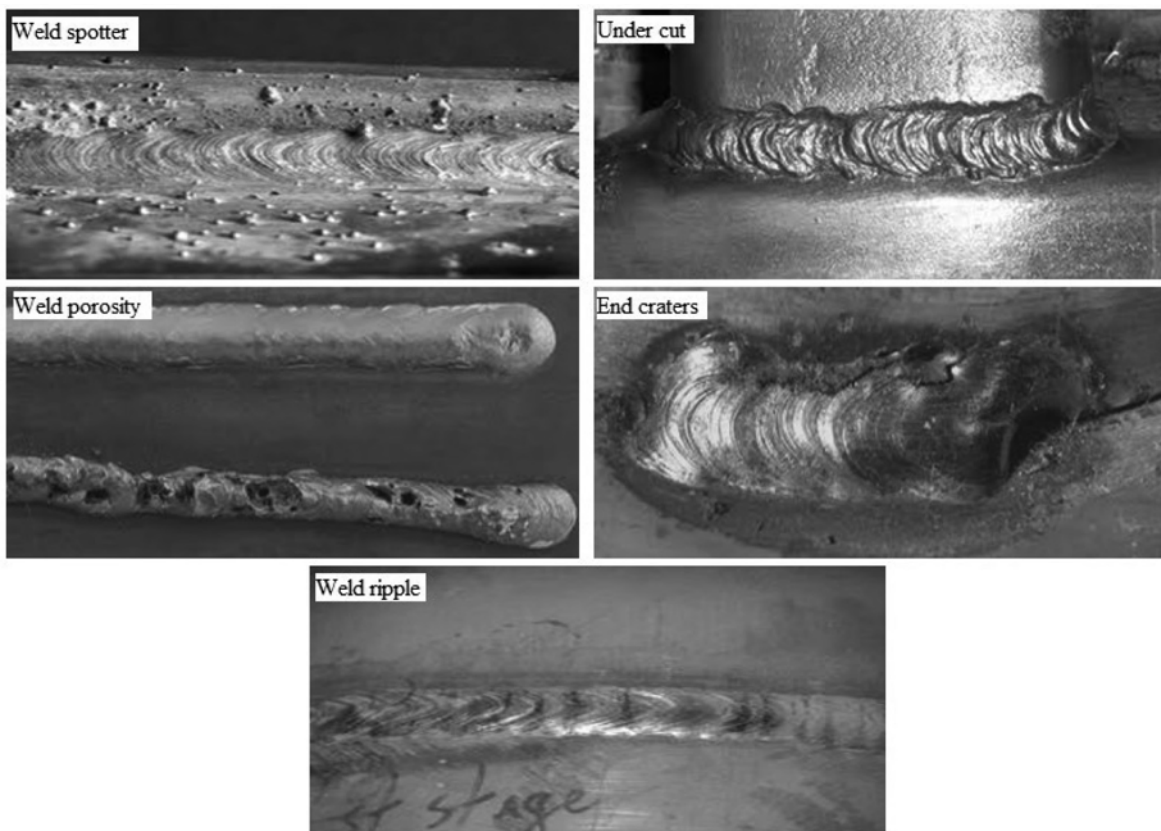


شکل ۲ - نمونه‌هایی از تخریب پوشش در نواحی جوش لوله‌ها و ساختار پالایشگاه‌های گاز.

۲- خوردگی ترجیحی ناحیه جوش

پایه و HAZ می‌باشد [۳]. این رویه در جلوگیری از خوردگی ترجیحی در جوش در سامانه‌های تزریق آب دریا که در آنها از افزودن نیکل به تنهایی و یا همراه با مس استفاده می‌شود، موفقیت‌آمیز است. البته باید در نظر داشت که افزودن بیش از حد این عناصر می‌تواند موجب خوردگی HAZ گردد [۳]. با اینکه استفاده از سیم‌جوش‌های حاوی نیکل به طور گسترده‌ای در سامانه‌های تولیدی بطور موفقیت آمیزی مورد استفاده قرار گرفته است، برخی نمونه‌های خوردگی ترجیحی شدید در فلز جوش در محیط‌های شیرین دیده شده است [۳]. عیوب جوشکاری نیز از دیگر عوامل موثر در پدیده خوردگی زود هنگام ناحیه جوش می‌باشد. عیوب جوش را می‌توان از لحاظ شکل ظاهری به دو گروه "بی‌نظمی‌های سطحی" و "ناپیوستگی جوش" تقسیم‌بندی کرد. بی‌نظمی سطحی در واقع شکاف‌ها یا تغییرات ناگهانی در ضخامت یا ظاهر جوش است. بی‌نظمی سطحی شامل چین و چروک‌های حوضچه جوش، گودی یا برآمدگی بیش از حد فیله جوش، جوش فیله‌ای با پایه ناهموار، زیر برش، روی هم افتادگی، جناق، گود شدگی، رد پای موش، و عدم پر شدن کامل است. در شکل ۳ تصاویری از مهم‌ترین عیوب جوشکاری که می‌توانند باعث کاهش طول عمر پوشش و در نتیجه شروع خوردگی در ناحیه جوش شوند نشان شده است. برای افزایش طول عمر پوشش، برطرف کردن این عیوب امری ضروری می‌باشد که در ادامه نحوه و میزان آماده‌سازی این عیوب جهت دستیابی به طول عمر دلخواه بررسی خواهد شد.

عوامل زیادی در بروز خوردگی زود هنگام نواحی جوش می‌توانند تاثیر گذار باشند. از جمله این عوامل می‌توان به طراحی جوش، عوامل جوشکاری، وجود رطوبت در حین جوشکاری، پاشش و سرباره جوش، تشکیل فیلم اکسیدی، نفوذ ناقص جوش، تخلخل و ترک، تنش‌های باقیمانده، گزینش فلز پرکننده نامناسب و پرداخت نهایی سطح اشاره کرد [۲]. چرخه تغییرات دمایی و جنس فلز پرکننده جوش از جمله عواملی هستند که موجب تغییر ریزساختار و ترکیب شیمیایی جوش نسبت به فلز پایه می‌شوند. در اثر همین تغییرات است که مقاومت به خوردگی در نواحی جوش عمدتاً نسبت به فلز پایه که در حالت آئیل شده می‌باشد، کاهش می‌یابد [۲]. موارد دیگری از قبیل: جدایش، رسوب فاز ثانویه، تشکیل ناحیه غیر مخلوط، جوانه‌زنی و رشد دانه‌ها در ناحیه مؤثر از حرارت، تبخیر و جدا شدن عناصر آلیاژی از حوضچه مذاب تشکیل شده و آلوده شدن حوضچه مذاب از مهم‌ترین عوامل خوردگی ترجیحی جوش می‌باشند. ریز ساختار و ترکیب شیمیایی از عوامل مهمی هستند که در خوردگی ترجیحی ناحیه جوش تاثیر بسزایی دارند [۲]. این نوع خوردگی در خطوط لوله و سامانه‌های لوله‌کشی فرایندی در محیط‌های حاوی کربن دی‌اکسید به طور قابل توجهی افزایش یافته است [۳]. یکی از راهکارها در جهت کاهش خوردگی ترجیحی جوش، افزودن مقادیر کم فلزات نجیب مانند نیکل، کروم، مولیبدن و مس به سیم‌جوش‌ها به منظور کاتدی کردن فلز جوش نسبت به فلز



شکل ۳ - برخی از عیوب جوش که روی پوشش و چسبندگی آن مؤثر هستند.

۳- دلایل تخریب پوشش در ناحیه جوش

با توجه به مطالب ارائه شده، به طور کلی دلایل عمر پایین و تخریب پوشش‌ها در نواحی جوش را می‌توان به تغییر ساختار زیرآیند در ناحیه جوش که منجر به خوردگی ترجیحی می‌شود، عیوب مربوط به جوش و ناهموار بودن سطح جوش (گرده جوش، ذرات مذاب پاشیده شده به اطراف و ...)، کیفیت پایین آماده‌سازی سطح در ناحیه جوش به دلیل عدم توجه کافی و یا نبود شرایط و امکانات مناسب جهت آماده‌سازی سطح و انتخاب و اعمال نامناسب پوشش مرتبط نمود.

اما از مجموع بازرسی‌ها و بررسی‌های صورت گرفته می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که دلیل اصلی تخریب پوشش در نواحی خط جوش پالایشگاه‌های گاز محدودیت‌های موجود در مرحله آماده‌سازی این نواحی و عملیات بازرسی و اجرای پوشش در این نواحی می‌باشد. چرا که در جوشکاری لوله‌ها و اتصالات پالایشگاهی توجه ویژه‌ای به کیفیت جوشکاری مبذول می‌شود و این کار همواره توسط جوشکارهای دارای گواهینامه و مورد تایید انجام می‌شود و عیوب احتمالی جوش نیز قبل از تایید نهایی برطرف می‌شوند. از طرفی طبق مشاهدات انجام گرفته در بازدیدها، حتی در طرح‌های در فواصل زمانی و مکانی نزدیک به هم نیز معضل تخریب پوشش در نواحی جوش به صورت متفاوت آشکار شده بود. یکی از مهم‌ترین دلایل تخریب پوشش در نواحی جوش این است که پوشش‌دهی نواحی جوش معمولاً در شرایط میدانی انجام می‌شود که در قیاس با شرایط کارگاهی دارای معایب زیادی می‌باشد [۴]. ایجاد شرایط واپایش شده برای عملیات آماده‌سازی سطح، اختلاط، اجرای عملیات پوشش‌دهی، جابجایی و پخت پوشش که تمامی آن‌ها منجر به کیفیت بهتر پوشش نهایی می‌شوند، در شرایط میدانی مشکل است. در شرایط میدانی، احتمال آلودگی از طریق آلاینده‌هایی از قبیل دوده، گرد و خاک و روغن زیاد است بنابراین معمولاً در شرایط کارگاهی سطح نهایی تمیزتری برای اجرای پوشش در دسترس خواهد بود. ممکن است استفاده از برخی پوشش‌ها در سایت به دلیل گرما، سرما یا رطوبت ممکن نباشد در حالی که این نوع از پوشش‌ها را هم می‌توان در کارگاه اجرا نمود. پوشش‌دهی کارگاهی در روی زمین انجام می‌شود که منجر به پوشش‌دهی بهتر و کیفیت نهایی بهتری می‌شود. در شرایط میدانی ممکن است نیاز به کار در ارتفاع و یا در شرایط خاص باشد که سبب پایین آمدن کیفیت اجرای کار می‌شود. نواحی که بعد از نصب ممکن است خارج از دسترس باشند در شرایط میدانی به راحتی قابل پوشش‌دهی نخواهند بود. احتمال آسیب دیدگی پوشش در شرایط میدانی به مراتب بالاتر از شرایط کارگاهی است. فراهم نمودن شرایط بهینه برای بازرسی تا نواحی مشکل‌دار را مشخص نماید تا اصلاح گردند در شرایط میدانی مشکل‌تر است. مشکل کارکردن در حوالی نواحی با رفت و آمد که معمولاً در پوشش‌دهی محل موجود است. مشکلات مربوط به تداخل کاری ناشی از انجام کارها توسط پیمانکاران مختلف وجود دارد. مشکلات مربوط به بدی آب و هوا نسبت به آنچه در کارگاه اتفاق می‌افتد از جدیت بیشتری برخوردار است.

مشکلات مربوط به تأثیر بیش‌افشانه^۱ بر سایر تجهیزات زیادتر می‌باشد. یکی دیگر از عوامل تخریب زود هنگام پوشش‌ها در نواحی جوش، غفلت و کوتاهی انجام شده در مرحله آماده‌سازی سطح و اجرای سامانه پوششی در ناحیه جوش به دلیل حجم پایین کار نسبت به کل سازه مربوط می‌شود [۵]. در حالی که این نواحی هر چند از لحاظ حجم و وسعت نسبت به کل سازه کوچکند اما از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند و باید آماده‌سازی و پوشش‌دهی این نواحی با دقت تمام انجام شود. مهم‌ترین دلایل تخریب پوشش در این نواحی را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

عیوب موجود در خط جوش می‌تواند منجر به پایین آمدن کیفیت پوشش شود. به عنوان مثال لبه‌های تیز قابل پوشش‌دهی نمی‌باشند زیرا پوشش‌ها همواره از لبه‌های تیز فرار کرده و در نواحی کناری جمع می‌شوند و نتیجه این پدیده این است که لبه‌های تیز حداقل مقدار پوشش لازم جهت حفاظت از خوردگی را نخواهند داشت و در این نقاط خوردگی حادث خواهد شد.

وجود اسپاترهای جوش نیز می‌تواند سبب تخریب شود زیرا نه تنها این اسپاترها از داخل پوشش بیرون می‌زنند بلکه با گذشت زمان این اسپاترها از سطح جدا شده باعث تخریب پوشش و خوردگی می‌شوند.

سرباره و رسوبات جوش نیز که خاصیت قلیایی داشته، می‌تواند باعث صابونی شدن پیونده (بایندر) و افزایش میزان نفوذ در زیرپوشش شوند. در برخی موارد جوشکاری به صورت غیر پیوسته انجام می‌شود و به علت ناپیوستگی جوش، رطوبت و مواد خورنده بدون هیچ مانعی بین این سطوح وارد می‌شود. از نقطه نظر خوردگی این نواحی به علت پوشش ضعیف، مستعد خوردگی و به تبع آن تخریب زود هنگام پوشش هستند. وجود گدازه‌های جوش از چسبیدن پوشش به سطح جلوگیری نموده و باعث افزایش میزان خوردگی زیر فیلم می‌شود [۶].

۴- راه کارهای اصلاحی

جهت کاهش خوردگی خط جوش، واپایش عوامل مربوط به فرآیند جوشکاری، توجه به فرآیند آماده‌سازی خط جوش برای پوشش‌دهی و بازرسی دقیق عوامل مربوط به پوشش‌دهی ضروری است. واپایش عوامل مربوط به فرآیند جوشکاری به منظور جلوگیری از به وجود آمدن عیوب جوش و واپایش ترکیب شیمیایی خط جوش انجام می‌شود و شامل موارد زیر می‌باشد [۷]:

انتخاب درست فیلر و الکتروود جوش

انتخاب دقیق مواد مصرفی می‌تواند تفاوت در ترکیب شیمیایی را در سرتاسر ناحیه جوش کم کرده و بنابراین تأثیرات گالوانی را کاهش دهد.

آماده‌سازی سطح قبل از جوشکاری

فرآیند تمیز کاری مناسب می‌تواند عیوبی که اغلب به عنوان مکان‌های حمله خوردگی در محیط خورنده می‌باشند را کاهش دهد. با این وجود فرآیند تمیز کاری می‌تواند خود یک منشأ برای ایجاد مشکل باشد. به عنوان مثال هر سطح تمیز کاری شده با روش‌های مکانیکی (ماسه یا

عملیات حرارتی پس گرم

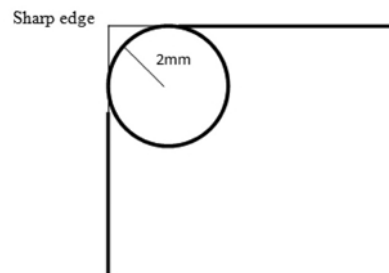
عملیات حرارتی پس گرم می‌تواند یک روش مؤثر برای کاهش حساسیت به خوردگی باشد. عملیات حرارتی می‌تواند باعث کاهش تنش‌های باقیمانده در ناحیه جوش و کاهش حساسیت به SCC شود. همچنین عملیات حرارتی می‌تواند به انتقال هیدروژن از قطعه جوشکاری شده کمک کند و حساسیت به ترک هیدروژنی را کاهش دهد. این عملیات همچنین می‌تواند گرادیان‌های ترکیبی و پیل‌های ریزگالوانی مربوط به آن را کاهش دهد.

دمای پیش گرم و بین پاسی

انتخاب و به کارگیری عملیات پیش گرم و دمای بین پاسی مناسب می‌تواند از ترک هیدروژنی در فولاد کربنی و کم آلیاژ جلوگیری کند. عیوب موجود در جوش‌ها، لبه‌های برش خورده و سایر نواحی سطح فولاد معمولاً نقاط شروع خوردگی می‌باشند. در روش استاندارد ISO ۸۵۰۱، در مورد درجات مختلف آماده‌سازی نواحی جوش با توجه به درجه خوردگی محیط، سه درجه آماده‌سازی P_1 و P_2 و P_3 طبق جدول ۱ در نظر گرفته شده است [۸]. نکته دیگری که در مورد پوشش دهی خط جوش باید مورد نظر قرار گیرد آن است که لبه‌های تیز قابل پوشش دهی نمی‌باشند چراکه پوشش‌ها همواره از لبه‌های تیز فرار کرده و در نواحی کناری جمع می‌شوند و نتیجه این پدیده این است که لبه‌های تیز حداقل مقدار پوشش لازم جهت حفاظت از خوردگی را نخواهند داشت و در این نقاط خوردگی حادث خواهد شد [۹]. برای حل این مشکل لبه‌های تیز باید به نحوی گرد شوند که دایره‌ای به شعاع حداقل ۲mm ایجاد گردد تا فیلم تشکیل شده در این ناحیه یکنواخت باشد (شکل ۴). یک روش سهل و آسان جهت تشخیص نقاط تیز در خط جوش کشیدن انگشت روی خط جوش است [۶].

جدول ۱ - رابطه بین درجات آماده‌سازی و درجه خوردگی محیط

درجه آماده‌سازی	توصیف میزان تمیزی سطح	درجه خوردگی
P1	آماده سازی سبک (Light Preparation): حداقل آماده سازی که جهت اعمال پوشش ضروری در نظر گرفته می‌شود.	C1 و C2
P2	آماده‌سازی کامل (Thorough Preparation): اغلب عیوب رفع شده‌اند.	C3 و C4
P3	آماده سازی خیلی کامل (Very Thorough Preparation): سطح عاری از عیوب قابل دید می‌باشد.	Im1 to Im 3 و C5-I و C5-M



شکل ۴ - نحوه گرد کردن و حذف لبه‌های تیز و گوشه‌ها [۷].

شن و سنگ‌زنی می‌تواند ناخالص‌هایی بر روی سطح باقی بگذارد. نوع برس سیمی استفاده شده نیز می‌تواند اهمیت داشته باشد. عموماً برس‌های سیمی از جنس فولاد زنگ نزن به دلیل اینکه محصولات خوردگی تولید نمی‌کنند که جاذب رطوبت باشند ترجیح داده می‌شوند.

طراحی جوشکاری

طراحی جوشکاری باید به گونه‌ای باشد که میزان محبوس شدن سرباره را به حداقل برساند، طراحی ضعیف می‌تواند شیارهایی تولید کند که باعث حبس محلول راکد شده و سبب ایجاد خوردگی شیاری و حفره‌ای شود شکل‌های نامنظم رسوب جوش می‌تواند در داخل لوله باعث ایجاد جریان متلاطم (توربولانس) و بروز خوردگی سایشی شود.

روش جوشکاری

به منظور جلوگیری از فواصل زیر مهره‌ای، نفوذ کامل ترجیح داده می‌شود. بعد از هر پاس جوشکاری باید به کمک یک دستگاه سنگ‌زن برقی یا ابزار گل‌زنی برقی سرباره جوش برداشته شود. اگر در روش جوشکاری از فلاکس استفاده می‌شود، هندسه اتصال باید برداشتن شار^۱ را به طور کامل امکان‌پذیر سازد زیرا بسیاری از بقایای شار، آب دوست و خورنده هستند.

برداشت سطحی جوش

بلافاصله بعد از جوشکاری باید سطح جوشکاری شده از نظر باقی ماندن رسوبات جوش بازرسی شود. رسوبات جوش معمولاً از نظر زبری و درجه جرقه‌ای جوش متفاوت بوده که این تفاوت را می‌توان از طریق سنگ‌زنی به حداقل رساند. برای برداشتن رسوبات جوش همواره برس زنی می‌تواند کافی باشد با این وجود اگر برس زنی باعث حذف فیلم رویین شود می‌تواند حمله خوردگی را شدیدتر نماید.

به روش تمیزکاری حلالی، هر گونه چربی، گریس، روغن، مواد باقیمانده جوشکاری قابل حل و نمک‌ها از روی سطح برداشته شوند. مواد باقیمانده گدازه جوش و میل اسکیل غیر چسبیده نیز از روی سطح تمیز شوند. بعد از تمیزکاری دستی و قبل از پوشش‌دهی، در صورتی که تمیزی سطح درحد انتظار نباشد باید مجدداً تمیز گردد و هر گونه گرد و خاک و یا آلودگی‌های مشابه از روی سطح پاک شوند. برای این کار می‌توان از روش‌های دمش هوا، برس یا جاروبرقی استفاده کرد. عملیات پوشش‌دهی سطح تمیز شده باید در همان روز کاری که آماده‌سازی انجام شده است صورت گیرد. در حین عملیات جوشکاری اگر پوشش دچار تخریب شود باید در کوتاه‌ترین زمان ممکن نسبت به تمیزکاری و پوشش‌دهی مجدد این نواحی اقدام گردد. در همین مرجع نکات زیر تحت عنوان نکات مهم بعد از عملیات شن‌زنی ارائه شده است [۱۱]:

تمامی ذرات باقیمانده شات، گریت و گرد و خاک باید به طور کامل با استفاده از دمش هوای تمیز، جاروبرقی یا برس از روی سطح پاک شوند و دقت کافی جهت جلوگیری از آلوده شدن سطح تمیز شده تا قبل از اجرای رنگ بعمل آید [۱۱].

عملیات اجرای لایه آستری و آماده‌سازی سطح باید در یک روز کاری و قبل از مشاهده هر گونه آثاری از زنگ روی سطح انجام گردد. سطح بلاست شده نباید در طول مدت شب بدون پوشش باقی بماند و در صورتی که این اتفاق افتاد حتماً نیاز به شن‌زنی مجدد می‌باشد [۱۱].

نواحی اتصال و تا چند سانتی‌متر از نواحی اطراف نقاط اتصال جوش در هر دو طرف باید قبل از جوشکاری تمیز شده و بلافاصله اقدام به جوشکاری گردد. تمیزکاری را می‌توان توسط برس ضد زنگ تمیز یا پارچه آغشته با حلال و یا با هر دو روش توأمان انجام داد. بعد از سرد شدن ناحیه جوش باید تمامی ترشحات جوش، گدازه‌های جوش، Arc strikes و ... به روش سنگ‌زنی از روی سطح برداشته شوند. در صورتی که در اسناد تدارکات استفاده از استریپ کوت مشخص شده باشد. تمامی گوشه‌ها، شیارها، پیچ و مهره‌ها، پرچ‌ها، نواحی جوش و لبه‌های تیز که پوشش‌دهی آنها با اسپری ممکن نیست باید با یک لایه پوشش نواری (استریپ کوت) پوشش داده شوند و سپس لایه آستری اصلی اعمال شود [۱۲ و ۱۳]. در روش‌های استاندارد مختلف از قبیل AWWA C222 و استاندارد AWWA C213 و استاندارد IPS C TP 274 بر انجام آزمون منفذایی در نواحی جوش تأکید شده است [۱۴ - ۱۶].

بعد از جوشکاری، تمامی سطوحی که نیاز به پوشش دهی دارند باید به طور کامل تمیز شوند و عاری از هرگونه گدازه جوش، ترشحات جوش و عیوب سطح از قبیل ترک و حفره‌های عمیق باشد. ترشحات جوش باید با روش بلاستینگ یا سایش مکانیکی به دقت از روی سطح برداشته شوند. تمامی جوش‌های زبر و ناهموار باید هم‌سطح شوند. گدازه جوش باید از طریق شستشو با محلول‌های شستشوی مخصوص (پاک‌کننده) و آنگاه با آب خالص زدوده شوند [۱۰].

قبل از اجرای عملیات شن‌زنی هر گونه رسوب روغن، چربی و گریس باید با روش تمیزکاری حلالی از روی سطح برداشته شوند. هر گونه گرد و خاک ناشی از شن‌زنی، گریت، شات و مواد خارجی باید به روش دمش هوای فشرده و یا سایر روش‌های مناسب به‌طور کامل از روی سطح برداشته شوند. هوای فشرده مصرفی باید عاری از هر گونه رطوبت و یا روغن باشد. در مورد سطوح داخلی مثل مخازن تمامی گرد و خاک‌های ناشی از شن‌زنی و ذرات شن باید توسط قلم مو و یا جاروبرقی از روی سطح برداشته شوند. قبل از اجرای عملیات پوشش‌دهی باید سطوح کاملاً تمیز و عاری از هرگونه گرد و خاک و گریت باشد. اعمال اولین لایه پوشش (آستری) باید قبل از هرگونه تخریب سطح بلاست شده انجام گردد. حداکثر مدت زمان قابل قبول جهت اجرای لایه آستری ساعت می‌باشد. در صورتی که هر گونه علامتی از تخریب سطح بلاست شده مشاهده شود باید سطح مجدداً بلاست گردد.

شن‌زنی با ساینده یا سایر عملیاتی از قبیل جوشکاری، برش و غیره باید بگونه‌ای مدیریت شود که آلودگی‌هایی از قبیل ساینده یا ذرات ناشی از برش بر روی سطوح تازه پوشش شده پاشیده نشوند. تمامی سطوح باید قبل از پوشش دهی به روش دمش هوای فشرده یا استفاده از فرچه تمیز گردند [۱۰].

نقایص مربوط به جوش از قبیل سوراخ‌های ریز و عدم پیوستگی جوش باید تصحیح گردند و زیر برش جوش باید پرشده یا پوشیده شود. ترشحات اضافی جوش باید پوشیده شوند (فقط ترشحات جوش سبک قادرند با کمک روش بلاستینگ از سطح برداشت شوند). سرباره جوشکاری باید تمیز گردد. ورقه‌های جوش، لبه‌های جوش و پوسته جوش بایستی به طور کامل پوشیده شوند. لبه‌های تیز باید مسطح گردند. پلیسه‌ها، آلودگی‌های چربی و روغن باید زدوده شوند. بهترین روش جهت آماده‌سازی نواحی جوش و اتصالات استفاده از روش شن‌زنی یا تمیزکاری دستی می‌باشد. قبل از تمیزکاری دستی باید

نتیجه گیری

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که با توجه به شرایط خاص نقاط جوش و نواحی اطراف آن نسبت به سایر نواحی یک سازه یا خط لوله، تخریب زود هنگام پوشش و بروز خوردگی در این نواحی دور از انتظار نبوده و در اغلب استانداردهای مربوط به انتخاب، اجرا و بازرسی سامانه‌های پوششی نیز توجه ویژه‌ای به این نواحی شده است. جهت افزایش طول عمر سامانه‌های پوششی اجرا شده در نواحی جوش توجه به موارد زیر ضروری می‌باشد: طراحی دقیق عملیات جوشکاری طبق استاندارد و سعی در واپایش عوامل مربوطه بازرسی دقیق خطوط جوش قبل از شروع عملیات پوشش دهی و برطرف کردن کلیه عیوب جوش اطمینان کافی از آماده‌سازی دقیق نواحی جوش و بازرسی کامل سطح قبل از اجرای پوشش و بر طرف نمودن هر گونه عیوب و یا آلودگی موجود اجرای دقیق کلیه لایه‌های سامانه پوششی در نواحی جوش و اطمینان از ضخامت مناسب پوشش در این نواحی.

تشکر و قدردانی

از امور پژوهش، توسعه و فناوری شرکت ملی گاز ایران به دلیل حمایت مالی از این پژوهش در قالب پروژه پژوهشی تحت عنوان "بررسی آزمایشگاهی و میدانی علل تخریب رنگ در نقاط جوش و روش‌های مختلف آماده‌سازی نواحی جوش و ارائه راهکار" به شماره قرارداد ۱۹۴۰۷۸ تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- [۱] امیرحسین کوبی، "تکنولوژی جوشکاری"، انتشارات جامعه ریخته گران ایران، چاپ سوم، ۱۳۷۴.
- [2] J.R. Davis, "Corrosion of Weldments" ASM International, 2006.
- [3] C.M Lee, S. Bond, P. Woollin; Preferential weld corrosion: Effects of weldment microstructure and composition; NACE 2005 Houston, Texas, 3-7 April 2005.
- [4] AS/NZS 2312:2002 Guide to the protection of structural steel against atmospheric corrosion by the use of protective coatings.
- [5] K.A. Chandler, Marine and offshore Corrosion, Elsevier, 1st. edition, ISBN 0-408-01175-0, 1985.
- [6] P.A. Schweitzer, Paint and coatings applications and corrosion resistance, Taylor and Francis, 2006.
- [۷] ابراهیم حشمت دهکردی، رسول سپهرزاد و محمد ابراهیم باجقلی، خوردگی قطعات جوشکاری شده، انتشارات انجمن خوردگی ایران، چاپ اول، ۱۳۹۳.
- [8] ISO 8501-3, "Preparation of steel substrates before application of paints and related products", 2001.
- [9] Mild Steel Surface Preparation, Dulux protective coatings, available as PDF in <http://www.duluxprotectivecoatings.com>
- [10] General surface preparation and application requirements, available as PDF in <http://www.resene.co.nz/archspec/datasheets/ECS1-11GeneralSurface-Prep.pdf>.
- [11] A. Bahadori, Essentials of Coating, Painting, and Lining for the Oil, Gas, and Petrochemical Industries, Elsevier, ISBN: 978-0-12-801407-3, 2015.
- [12] SSPC-PA-1, Shop, Field and Maintenance painting of steel, Steel Structures Painting Council, 2000.
- [13] Norsok Standard M501, Surface Preparation and Protective Coating, Edition 6, 2012.
- [14] ANSI/AWWA C222-99, Polyurethane Coatings for the Interior and Exterior of Steel Water Pipe and Fittings.
- [15] ANSI/AWWA C213-01. Fusion-Bonded Epoxy Coating for the Interior and Exterior of Steel Water Pipelines.
- [16] IPS C-TP-274, Construction Standard for Protective Coatings, 1997.

کمی سازی خسارات و خطرهای خوردگی

مصطفی هدایتی مرزبالی^{۱*}، سید مصطفی مهدوی اردکانی

^۱ کارشناس ارشد خوردگی فلزات، شرکت پایانه های نفتی ایران

^۲ رئیس بازرسی فنی و خوردگی فلزات، شرکت پایانه های نفتی ایران

*E-mail: M.hedayati@iotco.ir

چکیده

نبود یک ساز و کار مشخص جهت ارزیابی اثرات خوردگی در حوزه های مختلف مالی، ایمنی، زیست محیطی و عملیاتی سبب شده است که خوردگی هزینه های مستقیم و غیر مستقیم زیادی را بر کشور و خصوصاً صنایع نفت، گاز و پتروشیمی تحمیل کند. هرچند اقدامات مثبتی در این خصوص توسط وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران انجام شده است اما تاکنون نتایج قابل توجهی در جهت واپایش این آثار مخرب در مجتمع های صنعتی به دلایل مختلف نظیر عدم آگاهی و در نتیجه عدم تعهد مدیران ارشد به این مسئله صورت نگرفته است. لذا جهت ایجاد تعهد در تصمیم گیران در پیاده سازی و استمرار استفاده از نظام های جامع واپایش خوردگی ضروری است به کمی سازی آثار و تبعات مختلف آن و انجام توجیهات فنی، مهندسی و اقتصادی در مورد آن پرداخته شود. در این مقاله یک روش جدید جهت کمی سازی اثرات خوردگی و ابزار های واپایشی آن در حوزه های مختلف ارائه شده است که در صورت پیاده سازی آن یک پنجره با امکان نمایش هزینه های مستقیم و غیر مستقیم خوردگی، ماتریس خطر خوردگی و عوامل سامانه ای واپایش خوردگی برای مدیریت ارشد فراهم می کند. در اختیار داشتن این داشبورد و به روز رسانی آن امکان بهینه کردن و ایجاد تمرکز بر کنترل خوردگی در سازمان ها را به خوبی فراهم کرده و می تواند ابزار نظارتی خوبی برای سازمان های حساسی نیز فراهم کند.

واژه های کلیدی: خسارات و هزینه های خوردگی، کمی سازی، ماتریس خطر خوردگی، عوامل سامانه ای واپایش خوردگی؛

۱- مقدمه

خوردگی به عنوان پدیده ای که سالانه میلیارد ها دلار در صنایع مختلف خصوصاً نفت و گاز هزینه ایجاد می کند به دلایلی نظیر تدریجی بودن وقوع هزینه ها، ناآگاهی مدیران ارشد سازمان ها از ماهیت و خسارات آن، الزام های عملیاتی و عدم وجود یک ساز و کار مشخص جهت کمی سازی تأثیرات آن تاکنون مورد غفلت قرار گرفته است. این مسئله به دلیل خصوصی بودن شرکت های بین المللی مورد توجه جدی قرار گرفته و تا حد زیادی به آن پرداخته شده است [۱]؛ اما این امر در کشور جمهوری اسلامی ایران به دلایل مختلفی نظیر دولتی بودن سازمان ها (خصوصاً صنایع نفت و گاز) و عدم نیاز به نحوه هزینه کرد بودجه ها و همچنین پذیرفته شدن خوردگی به عنوان یک پدیده غیر قابل واپایش و تسلیم شدن در برابر آن مغفول مانده و یا به صورت بسیار ناقص به آن پرداخته شده است. از این روست که حتی سازمان های حساسی نیز به دلیل نبود

ساز و کار مشخص عملاً هیچ گونه برخوردی با خسارات و هزینه های ناشی از خوردگی (شامل تعمیرات، تولید توقف، آسیب های جانی و ...) نکرده و جالب تر اینجاست که مبنای موفقیت این دسته از شرکت ها از دیدگاه مدیران ارشد، هزینه نمودن تمامی بودجه در نظر گرفته شده برای آن شرکت می باشد. در نتیجه مدیران ارشد شرکت های دولتی که دارای واحد های صنعتی با شرایط خوردگی بالاتری هستند دارای موفقیت بیشتر به دلیل هزینه های بالاتر و بیشتر برای تعمیرات ناشی از خوردگی می باشند و این ضعف نظارت و حساسی با قوت تمام همچنان در صنایع دولتی، خصوصی و خصوصاً ایران ادامه دارد.

موضوع های یاد شده در کنار عدم وجود بررسی ها و توجیه های فنی، مهندسی و اقتصادی برای پیاده سازی نظام مدیریت خوردگی سبب شده است تا واپایش اثرات و هزینه های خوردگی در ایران همچنان در حد تعریف باقی بماند و گاهی پیاده سازی بخش های ناقصی از این سامانه

ساختار سازمانی و ...) می‌باشد. ذکر این نکته ضروری است که الزامی جهت پیاده سازی مدیریت خوردگی در صورت نبود منطق اقتصادی وجود ندارد و گاهی هزینه‌های پیاده سازی و اجرای چنین سامانه‌هایی از هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم فراتر می‌رود.

لذا در ادامه این مقاله چگونگی کمی‌سازی و ارزیابی تأثیرات خوردگی و نحوه برخورد و مقابله اصولی پرداخته شده و یک مدل کلی پیشنهاد شده که از این طریق می‌وان ساز و کارهای نظارتی جدیدی را نیز برای سازمان‌های حساس و نظارتی ایجاد کرد.

۲- روش تحقیق

هزینه‌های خوردگی

مهم‌ترین اثرات خوردگی را می‌توان به الف - هزینه‌های مالی خسارات وارده به تجهیز ب - جرایم ایمنی و زیست محیطی و ج - خسارات ناشی از عدم آماده به کاری تجهیزات و کاهش یا حذف عملیات تقسیم کرد. اهمیت کمی‌سازی جهت ایجاد آگاهی و هشدار برای مدیران ارشد بدیهی است اما نحوه تهیه گزارش‌های و میزان قابل اعتماد بودن آنها موضوعی است که مخاطبان این گزارش‌های مالی، دغدغه‌های جدی درباره آن دارند.

زمانی که جهت‌گیری به سمت کمی‌سازی تأثیرات خوردگی باشد، ارزش مالی یک تجهیز و میزان اثرگذاری آنها در فرآیندهای عملیاتی سریع‌ترین و بهترین امکان را فراهم می‌کند. لذا در یک دسته بندی کلی جهت کمی‌سازی تأثیرات، می‌توان هزینه‌های خسارات وارده به تجهیز را جزو هزینه‌های مستقیم و هزینه‌های ناشی از خسارات و جرایم ایمنی و زیست محیطی و خسارات ناشی از عدم آماده به کاری تجهیزات و کاهش یا حذف عملیات را جزو هزینه‌های غیر مستقیم طبقه‌بندی کرد.

هزینه‌های مستقیم خوردگی را می‌توان به سه دسته هزینه تقسیم‌بندی کرد:

الف - هزینه‌های استقرار سامانه‌های مهندسی و واپایش خوردگی شامل سامانه‌های حفاظت کاتدی و آندی، رنگ و پوشش، کاورهای پایش، طراحی مهندسی و گزینش مواد و ... که می‌توان آن‌ها را هزینه‌های سرمایه‌های (Capex) اطلاق کرد [۴].

ب - هزینه‌های نگهداری سامانه حفاظتی، انجام بازرسی‌های فنی، تزریق بازدارنده‌ها و مواد شیمیایی، بیمه تجهیز و ... که می‌توان آنها را هزینه‌های جاری (Opex) اطلاق کرد [۴].

ج - هزینه‌های تعمیرات به علت از کار افتادگی ناشی از خوردگی که شامل طراحی، تامین مواد، اجرا و ... می‌باشد. لذا می‌توان هزینه‌های مستقیم ناشی از خوردگی را به صورت ذیل محاسبه کرد:

$$\text{Direct Cost} = \text{Capex} + \text{Opex} + \text{Repair/Replacement (due to corrosion)}$$

(۱)

جامع مانند RBI یا پایش خوردگی صرفاً برای مقاصد نمایشی اجرا شود و عدم توجه و تعهد مدیران ارشد سازمان‌ها بعد از مدت کوتاهی باعث عدم ادامه استفاده از این سامانه‌ها گردد.

این در حالی است که دولت ایران به دلیل فرسوده و پیر بودن تاسیسات به صورت تقریبی حداقل سالیانه ۶۰۰/۰۰۰ میلیارد ریال معادل ۱۸ میلیارد دلار [۲] صرف هزینه‌های ناشی از خوردگی کند. پیاده سازی موفق سامانه‌های مدیریت خوردگی در شرکت‌های بین المللی در کنار تعهد مدیران ارشد به این موضوع ثابت کرده که می‌توان ۴۰ - ۳۰ درصد از هزینه‌ها و خسارات مستقیم ناشی از خوردگی را کاهش داد. این موضوع زمانی اهمیت خود را نشان می‌دهد که عملاً ۸۰ - ۵۰ درصد هزینه‌های شرکت‌های دولتی (خصوصاً صنایع نفت و گاز) مربوط به هزینه‌های تعمیراتی یا جایگزینی تجهیزات متاثر از خوردگی بوده که در مجموع سبب کاهش ۳۲ - ۱۵ درصدی هزینه‌های شرکت‌های دولتی شده و ارزش افزوده‌ای معادل ۳ تا ۶ میلیارد در سال برای کشور ایجاد کند. به عنوان یک قانون کلی معمولاً هزینه‌های غیر مستقیم خوردگی (نظیر عدم آماده به کاری تجهیزات و توقف تولید، کاهش ارزش محصول به دلیل آلودگی‌های ناشی از خوردگی و ...) را می‌توان دو برابر هزینه‌های مستقیم در نظر گرفت که با این فرض به صورت متوسط می‌توان انتظار کاهش بیشتر و قابل توجه تری در هزینه‌های خوردگی را فرض کرد.

لذا با توجه به همه این موارد وزارت نفت جمهوری اسلامی ایران با ابلاغ سند راهبردی مدیریت خوردگی صنعت نفت در سال ۱۳۹۳ [۳] اولین و مهم‌ترین قدم را جهت واپایش هزینه‌های خوردگی در این مجموعه مهم برداشت. اما متأسفانه تاکنون خروجی خاصی به دلیل نبود همان توجیه‌های فنی و مهندسی و اقتصادی در بر نداشته است. بهترین روش مستند شده برای واپایش خوردگی سیستم مدیریت خوردگی می‌باشد که شامل یک نظام جامع و به هم پیوسته از فرآیندها، نیروی انسانی و روش‌های مهندسی و واپایش خوردگی می‌باشد که بر پایه خطرهای ناشی از خوردگی می‌باشد. از نتایج اجرای این سامانه افزایش ایمنی نفرت، کاهش آسیب‌های زیست محیطی، بودجه‌بندی‌های از پیش تعیین شده^۱، نگهداری مناسب، بهبود و به‌روزرسانی تجهیزات، بهبود مستمر رویه‌های عملیاتی، بهبود در ساختار ارتباطات سازمانی، نوسازی و از کنارگذاری تجهیزات فرسوده می‌باشد.

از طرفی پیش نیاز اجرای این سامانه در هر سازمان و ایجاد تعهد در مدیران ارشد سازمان‌ها و نهادهای دولتی و حتی خصوصی، مشاهده نتایج مثبت اقتصادی و ادامه و نگهداری این سامانه‌ها، انجام ارزیابی دقیق و کمی‌سازی اثرات خوردگی (مالی، زیست محیطی، عملیاتی) و همچنین ابزارهای ذاتی و سامانه‌ای خوردگی (مهندسی خوردگی،

تمامی این موارد و یا بخشی از آنها را می توان برای هر تجهیز خاص به کار برد اما باید این نکته را در نظر داشت که معمولاً محاسبه هزینه های غیر مستقیم بسیار زمان بر و سخت بوده و عموماً در هنگام بررسی تأثیرات خوردگی لحاظ نمی شوند و صرفاً به صورت یک قانون کلی دو برابر هزینه های مستقیم خوردگی در نظر گرفته می شوند.

نکته مهمی که باید در نظر گرفت آن است که محاسبه صرف هزینه های مستقیم و غیر مستقیم خوردگی نمی تواند یک ابزار دقیق جهت مهندسان خوردگی برای ارزیابی اثرات و بهینه کردن برنامه های خوردگی فراهم کند اما ابزار بسیار مناسبی جهت آگاهی و هشدار به مدیران ارشد و تصمیم گیران سازمان جهت تغییر یا بهبود راهبردهای سازمان به سمت خوردگی را فراهم می کند.

عاملی که به صورت علمی می تواند توسط مهندسان خوردگی مورد استفاده قرار گیرد طبقه بندی و محاسبه هزینه ها به صورت هزینه های قابل پیشگیری و غیر قابل پیشگیری می باشد. هزینه های قابل پیشگیری به آن دسته از هزینه ها گفته می شود که با انجام یک سری از فعالیت های مهندسی و واپایش خوردگی می توان آنها را کاهش داد و یا

لذا جهت محاسبه هزینه های مستقیم خوردگی برای یک واحد صنعتی، لازم است سرفصل هزینه هایی محاسبه شود که مهم ترین آنها در جدول ۱ اشاره شده اند.

هزینه های غیر مستقیم از سویی دیگر جزو هزینه هایی هستند که به راحتی قابل محاسبه نبوده و نمی توان یک فرمول مشخص را برای همه واحدهای صنعتی در نظر گرفت. هزینه های ناشی از خسارات و جرایم ایمنی و زیست محیطی و خسارات ناشی از عدم آماده به کاری تجهیزات و کاهش یا حذف عملیات مهمترین سرفصل این هزینه ها می باشند. جدول ۲ مهم ترین هزینه های غیر مستقیم ناشی از خوردگی را ارائه کرده است.

همان گونه که ملاحظه می شود ردیف هزینه های خوردگی که صرفاً به عنوان هزینه های مستقیم خوردگی در نظر باید گرفت بسیار قابل توجه بوده و نیاز به طراحی یک سامانه مشخص جهت ردیابی و محاسبه دقیق هزینه می باشد. بهترین و کاربردی ترین راهکار جهت انجام این اقدام، استفاده از نظام حسابداری صنعتی می باشد که می بایست با تعریف ردیف های مرتبط با خوردگی و آموزش نفرات در این واحدها این کار را انجام داد.

جدول ۱ - سرفصل مهم ترین هزینه های مستقیم خوردگی

هزینه های خرید و نصب سامانه حفاظت آندی و حفاظت کاتدی شامل طراحی و اجرای سامانه ها (جریان مستقیم / فدا شونده)	هزینه های سرمایه ای (Capex)
هزینه های خرید و نصب سامانه های پایش و مانیتورینگ خوردگی (کوپن های خوردگی، سامانه های نرم افزاری پایش و ...)	
هزینه های رنگ و پوشش (تامین مواد، اجرا و بازرسی ها)*	
هزینه های طراحی و نصب سامانه های تزریق مواد شیمیایی، حفاظت الکتروشیمیایی	
هزینه های در نظر گرفتن خوردگی مجاز ^۱ در قیمت نهایی مواد	هزینه های جاری (Opex)
هزینه های مربوط به پرداخت مزایای کارکنان واحد هایی که به صورت مستقیم در واحد خوردگی مشغول به کار هستند.	
هزینه های انجام بازرسی های مختلف نظیر توپک رانی، آکوستیک امیشن، DCVG و ... که بایستی برون سپاری گردد.	
هزینه خرید وسایل و تجهیزات بازرسی فنی	
هزینه های تامین مواد شیمیایی و بازدارنده های خوردگی	
هزینه های هزینه های بیمه تجهیزات حساس	
هزینه های ناشی از تامین برق سامانه های حفاظتی	هزینه های تعمیراتی
هزینه های تامین مواد جدید به علت تعمیرات ناشی از خوردگی	
هزینه های اجرا (پیمانکاری) به علت تعمیرات	
هزینه های نظارت بر اجرا	

* تقریباً ۶۰ تا ۷۰ درصد هزینه های واپایش خوردگی در این بخش هزینه می شود [۵].

جدول ۲ - سرفصل هزینه های غیر مستقیم خوردگی

افت ارزش تجهیز	کاهش ارزش
هزینه های آموزش و تجربه نفراتی که به دلیل خوردگی جان خود را از دست داده و یا شرایط کاری ندارند	
افت تولید	خسارات به محصول
محصول از دست رفته	
افت کیفیت محصول (به علت آلودگی ناشی از خوردگی)،	
هزینه های نگهداری محصولات (در صورت از کار افتادگی مخازن ذخیره) و	اعتبار و جریمه
از بین رفتن یا کاهش اعتبار شرکت ها (به دلیل عدم آماده به کاری در تولید / عملیات)	
جریمه های بیمه ای ناشی از مسائل ایمنی و زیست محیطی (توسط سازمان محیط زیست)	
هزینه های بیمه ای (در صورت از دست دادن نفرات)	

و استفاده از مراجع فنی مانند OREDA^۲ (جهت استخراج استعداد خام از کار افتادگی تجهیزات) بدست می‌آید. در هنگام محاسبه احتمال وقوع ضروری است درختچه دارایی‌ها تشکیل شود و تا رسیدن به بهینه‌ترین تراز ادامه یابد. این تراز بهینه در شرکت های مختلف متفاوت بوده و می‌تواند از مخازن تحت فشار یا ذخیره در یک شرکت تا خطوط لوله در شرکتی دیگر تغییر یابد.

عوامل سامانه‌ای از ابزارهای زیر ساختی جهت واپایش خوردگی در چهار بخش ذیل طبقه‌بندی کرد:

۱ - کارایی و اثربخشی فعالیت‌های مهندسی و واپایش خوردگی با تهیه یک رویه مدون و کمی‌سازی موارد ذیل:

۱ - ۱ - روش‌های مهندسی خوردگی (طراحی بهینه، انتخاب صحیح مواد مصرفی، واپایش محیط با مواد بازدارنده و یا شیمیایی، سیستم‌های رنگ و پوشش، سامانه‌های حفاظت کاتدی و آندی، حفاظت الکترو شیمیایی و ...)

۲ - ۱ - سامانه‌های پایش خوردگی (نوع سامانه، موقعیت‌ها، محل پایش، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها)

۳ - ۱ - بازرسی‌های فنی (اثر گذاری، روش بازرسی، گستردگی و تناوب بازرسی‌ها و ...)

۲ - وضعیت ساختار سازمانی و منابع انسانی با ترسیم وضعیت آرمانی از وضعیت ساختار سازمانی و میزان تخصص‌های مورد نیاز با استفاده از یک رویه مدون و امتیاز دهی کمی به آنها.

۳ - سامانه‌های نرم افزاری نگهداری و تحلیل داده‌ها و حسابداری صنعتی با توجه به شرایط و نیاز های سازمان.

۴ - وضعیت فرآیندهای کنترل خوردگی

تدوین یک رویه مشخص واپایش جهت ارزیابی وضعیت فرآیندهای واپایش خوردگی و کمی‌سازی و ارزیابی موارد ذیل:

۱ - ۴ - خط مشی و راهبردهای مقابله با خوردگی

۲ - ۴ - چارچوب کلی معیارهای اثربخشی فرآیندی (KPI) خوردگی

۳ - ۴ - سوابق پایش‌ها و شاخص‌های عملکردی و ممیزی‌ها

۴ - ۴ - اجرایی بودن دستورنامه‌های مرتبط در سازمان نظیر ریشه‌یابی حوادث

۵ - ۴ - به روز و جاری بودن استاندارد های کاری و عملیاتی در سازمان

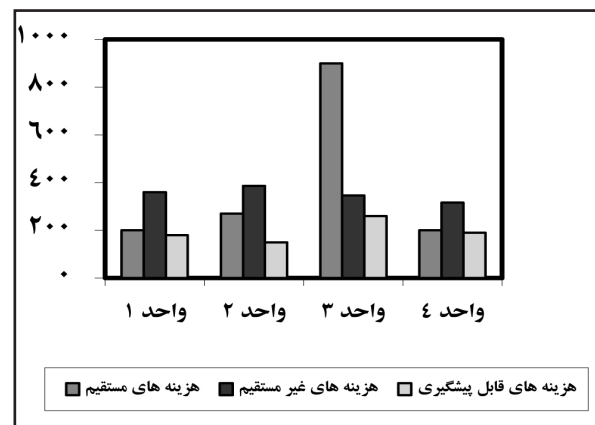
ماتریس خطر خوردگی

پس از تعیین دقیق هزینه‌های قابل پیشگیری از طریق سناریوهای شبیه سازی شده برای هر تجهیز خاص و همچنین احتمال از کار افتادگی به دلیل خوردگی با استفاده از روش‌های ارزیابی دقیق، می‌توان نتایج را در یک ماتریس خطر خوردگی برای تجهیزات یک واحد صنعتی ارائه کرد. هدف از تشکیل این ماتریس ریسک، اولویت‌دهی برنامه‌های واپایش خوردگی به تجهیزات با احتمال وقوع از کار افتادگی به دلیل خوردگی بالاتر می‌باشد.

نکته دیگری که در این ماتریس باید مورد توجه قرار بگیرد دسته بندی کردن تجهیزات به گروه‌های مختلف مانند مخازن، خطوط لوله، شیر آلات و ... می‌باشد. این موضوع به دلیل تفاوت در بزرگی احتمال وقوع این تجهیزات و متفاوت بودن سناریوهای از کار افتادگی‌های ناشی از

حذف کرد که می‌توان به بخشی از هزینه‌های مستقیم خوردگی شامل هزینه‌های تعمیراتی و هزینه‌های غیر مستقیم خوردگی تقسیم‌بندی کرد. هزینه‌های غیر قابل پیشگیری خوردگی نیز دسته‌ای از هزینه‌ها می‌باشد که عمدتاً جهت واپایش خوردگی به کار می‌روند و می‌توان به هزینه‌های Opex و Capex اشاره شده در بند قبلی آنها را تقسیم‌بندی کرد.

اما تفاوت ویژه‌ای بین این طبقه‌بندی از هزینه‌های با طبقه‌بندی هزینه‌ای مستقیم/غیر مستقیم وجود دارد. در هنگام محاسبه هزینه‌های قابل پیشگیری خوردگی (که موضوع اصلی در بررسی تأثیرات خوردگی برای مهندسين خوردگی است و درصد بسیار بالاتری از کل هزینه‌های خوردگی را شامل می‌شود) لازم است سناریوهای از پیش تعیین شده جهت از کار افتادگی‌های خوردگی در نظر گرفت و سپس به محاسبه آنها با موارد اشاره شده پرداخت. این موضوع سبب می‌شود تا دقت و میزان اعتماد به داده‌ها به دلیل قطعی نبودن وقوع سناریوها مورد تردید قرار گرفته و یا کاهش یابد. لذا ضروری است جهت جلوگیری از این موضوع از روش‌های پیشرفته نظیر مونت کارلو جهت شبیه سازی این سناریوها با تکیه بر داده‌های دقیق و سوابق و تاریخچه استفاده کرد تا میزان قطعیت نتایج افزوده شود. بدیهی است تغییر در نوع و شدت فعالیت‌های مهندسی خوردگی شامل تغییر مواد یا تغییر سامانه پوششی می‌تواند نتایج شبیه‌سازی‌ها را متاثر کند و لذا لازم است در تعیین سناریوها دقت کافی صورت پذیرد. شکل ۱ انواع هزینه‌های ناشی از خوردگی را نشان می‌دهد.



شکل ۱ - نمونه انواع هزینه های خوردگی در واحدهای مختلف (میلیون ریال)

عامل اساسی دیگری که باید در خروجی مورد توجه قرار بگیرد موضوع احتمال وقوع سناریوهای از کار افتادگی به علت خوردگی می‌باشد که ضروری است از روش‌هایی آنها را محاسبه کرد. برای محاسبه احتمال از کار افتادگی یک تجهیز باید عوامل ذاتی و سامانه‌ای به تفکیک شده در نظر گرفته شود.

احتمال از کار افتادگی خوردگی = عوامل ذاتی + عوامل سامانه‌ای (۲)

عوامل ذاتی مربوط به سازوکارهای خوردگی بوده و با متدولوژی‌هایی مانند FMECA^۳ با دسترسی به اطلاعات طراحی و شرایط بهره برداری

روش های جمع آوری اطلاعات:

سرعت، صحت و میزان موفقیت در گردآوری اطلاعات به آن بستگی دارد که هر سازمانی چگونه رخداد های خوردگی و هزینه های مترتب بر آنها را شناسایی، دسته بندی، ثبت و گزارش می کند. همچنین چگونگی خرد کردن^۳ و ساختاردهی به هزینه ها در این امر نقش مهمی بازی می کند. به عبارت دیگر هر چه دسته بندی و خرد کردن هزینه ها صحیح تر باشد کیفیت تحلیل های بعدی بالاتر می رود.

جهت تکمیل چرخه ی تولید و استفاده از اطلاعات، مهم ترین مرحله، چگونگی بازیابی آن اطلاعات در زمان مناسب از درون بانک مربوطه می باشد. طبیعتاً انبوهی از داده ها و تحلیل آنها و تولید اطلاعات وقتی می تواند میسر شود که قابلیت بازیابی و استخراج سریع و به موقع در سیستم گنجانده شده باشد در غیر این صورت هیچ ارزشی به عملکرد سازمان اضافه نخواهد شد.

امروزه بیشتر کارخانجات و مجهز به سیستم های متمرکز مالی رایانه ای هستند که اطلاعات با دسته بندی خاصی گردآوری و انبار می شود. در این موارد با تعریف محرک های هزینه ای مناسب و ایجاد فصل مشترک با این سامانه ها تمام اطلاعات مرتبط با خوردگی را استخراج نمود. در سازمان هایی که دسترسی به اطلاعات هزینه ای با رجوع مستقیم به بانک داده های سامانه نگهداری و تعمیرات (نت) میسر باشد مرحله گردآوری اطلاعات بسیار تسهیل و تسریع خواهد شد. در این موارد با تهیه الگوریتم های خاص و برچسب زنی هزینه ها به "وابسته خوردگی" و "مستقل از خوردگی" در سامانه نت استخراج داده ها صورت خواهد گرفت.

لازم است محرک های هزینه ای از طریق پرسشنامه هایی در سازمان به خوبی شناسایی شوند. انجام مطالعه و بررسی مدارک و مستندات موجود در دفاتر ستادی و میدانی، انجام تفحص های میدانی، مصاحبه با کارکنان و مدیران از سایر اقداماتی است که باید در این بخش انجام داد. ضروری است ابتدا درختچه ی دارایی ها تهیه شود و تمامی اطلاعات محرک هزینه ها در تمام اقلام پایین ترین تراز این درختچه شناسایی و گردآوری شوند. هر کدام از محرک های هزینه خوردگی سپس به انواع مستقیم و

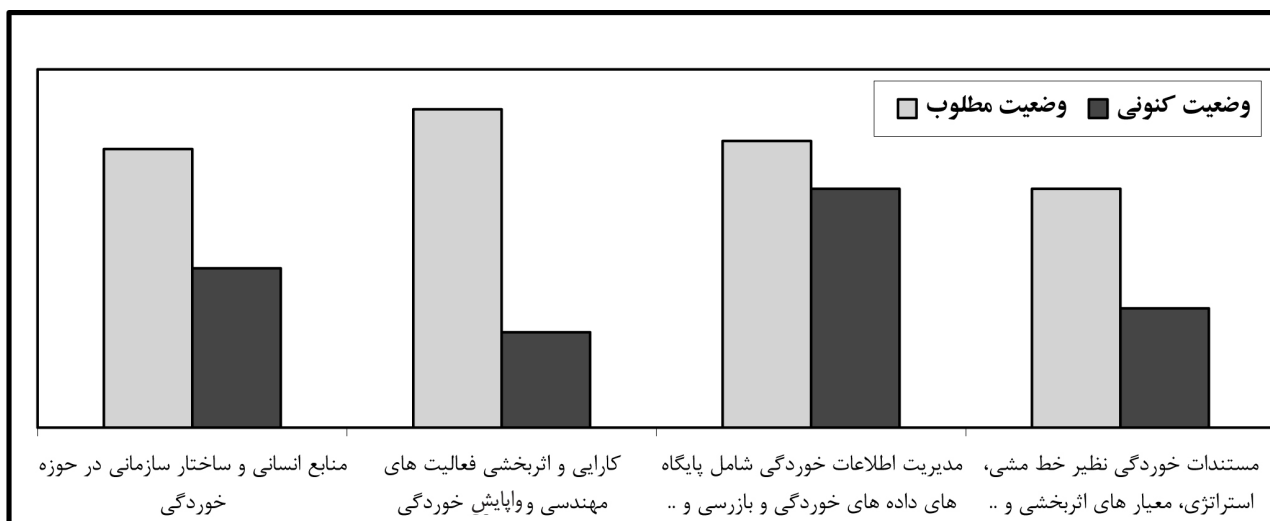
خوردگی و هزینه های قابل پیشگیری بعدی می باشد. شکل ۲ نمایی از این ماتریس را نشان می دهد.

شدت اثر (سازواری های شبیه سازی شده)				
احتمال از کارافتادگی به دلیل خوردگی (فاکتور های ذاتی + سیستمی)				

شکل ۲ - ماتریس ریسک خوردگی (گروه تجهیزاتی) که کاملاً به صورت کمی محاسبه می شود. نقاط سیاه رنگ مقادیر محاسبه شده را به صورت نمونه برای یک دسته از تجهیزات نشان می دهد

نکته جالبی که این ماتریس را از ماتریس های خطر RBI متمایز می کند امکان به روزرسانی هزینه های قابل پیشگیری و تغییر مقادیر آن با داده های جدید و نتایج جدید شبیه سازی می باشد و این در حالی است که در RBI شدت از کار افتادگی^۱ یکبار برای تجهیز محاسبه شده و دیگر تغییر نمی کند.

در هنگام محاسبه احتمال از کار افتادگی باید این نکته را مدّ نظر قرار داد که شدت و میزان تاثیرگذاری عوامل سامانه ای به صورت کمی در آن لحاظ شود و در نتیجه ماتریس خطر خوردگی یک ماتریس کاملاً کمی^۲ می باشد. شکل ۳ نمایی از کمی سازی عوامل سامانه ای را نشان می دهد.



شکل ۳ - نمایی از کمی سازی عوامل سامانه ای خوردگی این موارد از مدل انگلیسی مدیریت خوردگی اخذ شده اند.

- حسابداری صنعتی و برنامه ریزی هزینه‌های خوردگی می‌تواند با تواترهای سالیانه، ماهیانه و یا روزانه گردآوری شود. لازم است تا الگوی کارکردپذیری هر هزینه پس از اعمال تخریب و میانگین‌گیری‌های آماری بدست آید.

۳- نتایج و بحث

تهیه یک رویه و دستورنامه کلی جهت کمی‌سازی اثرات خوردگی به صورت هزینه‌های مستقیم/غیرمستقیم (برای مدیران ارشد سازمانی) جهت ایجاد هشدار و آگاهی و بهبود راهبردهای سازمانی در جهت خوردگی و هزینه‌های قابل پیشگیری/غیر قابل پیشگیری برای مهندسان خوردگی جهت انجام برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی فعالیت‌های مهندسی و واپایش خوردگی امر ضروری محسوب می‌شود. تهیه موارد فوق در کنار تهیه ماتریس خطر خوردگی امکان ایجاد یک داشبورد مدیریتی فراهم می‌کند که در آن هزینه‌ها، وضعیت خطر خوردگی تمامی تجهیزات و ابزارهای لازم جهت واپایش آن را در یک پنجره فراهم می‌کند. پیاده سازی این رویه و دستورنامه و اخذ نتایج قابل اعتماد می‌تواند کمک فراوانی به پیاده‌سازی نظام‌های مدیریت و واپایش خوردگی فراهم کند که در حال حاضر توجهی به آنها نمی‌شود و باعث کاهش هزینه‌های زیادی گردد.

لذا با انجام تصمیم‌گیری در خصوص هر کدام از عوامل تاثیرگذار بر خوردگی با جهت‌گیری تجهیزات با خطر بالاتر می‌توان نتایج کمی هزینه‌ای را به صورت ملموسی در اختیار داشت. الزام شرکت‌های تابعه وزارت خانه‌ها و جمع‌آوری داده‌های منظم از این داشبورد می‌تواند کمک زیادی به ایجاد یک تصویر کلی دقیق از وضعیت موجود و تنظیم قوانین جدید در مجلس شورای اسلامی گردد.

غیر مستقیم و قابل پیشگیری و غیر قابل پیشگیری دسته‌بندی خواهد شد. در سامانه‌های متمرکز حسابداری صنعتی و تولید کارخانجات و یا برنامه‌ریزی تعمیرات یک فهرست از پیش تعریف شده برای عناصر هزینه‌ای موجود است. لذا می‌توان با سهولت بیشتر از میان این فهرست محرک‌های هزینه‌های خوردگی هر کارخانه را استحصال نمود. علاوه بر این می‌توان از روش‌های زیر برای گردآوری داده‌ها و اطلاعات محرک هزینه‌ها اقدام نمود:

- مصاحبه
- مرور گزارش‌های از کار افتادگی
- مرور گزارش‌های بازرسی فنی و خوردگی فلزات
- مرور گزارش‌های تعمیرات اساسی
- مرور قراردادهای خدماتی و پیمانکاری مرتبط با خوردگی
- در مرحله تفحص میدانی علاوه بر شناسایی و گردآوری اطلاعات محرک‌های هزینه‌ای خوردگی باید در مورد مشخصات و کارایی ابزارهای فرآیندی نیز اطلاعات گردآوری نمود:
- مشخصات و ابعاد فعالیت‌های مهندسی و واپایش خوردگی
- مشخصات و ابعاد منابع انسانی و ساختار سازمانی حوزه خوردگی
- کیفیت و نحوه ی ابعاد مدیریت اطلاعات خوردگی
- وجود و نحوه ی اجرای مستندات خوردگی
- بخش‌هایی از سازمان که در هنگام جمع‌آوری اطلاعات نیاز به مراد و تبادل اطلاعات یا آنها نیاز است شامل موارد زیر می‌باشد:
- امور پیمانها و قراردادهای
- منابع انسانی و ساختار سازمانی
- ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)
- نگهداری و تعمیرات و بهره برداری
- مهندسی خوردگی و بازرسی فنی

نتیجه‌گیری

در این مقاله یک مدل جدید برای کمی‌سازی اثرات خوردگی مورد بررسی قرار گرفته است. ارائه روش تقسیم‌بندی و طبقه‌بندی هزینه‌ها به هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم و همچنین قابل پیشگیری و غیر قابل پیشگیری در کنار روش پیشنهادی جهت تشکیل ماتریس خطر خوردگی جزو نتایج این مقاله می‌باشد.

منابع

- [1] Energy institute. Guidance for corrosion management in oil and gas production and processing, 2008.
- [۲] زمانیان، رحیم؛ اهمیت خوردگی و لزوم ساماندهی مدیریت خوردگی در صنعت نفت؛ اولین گردهمایی مدیران و کارشناسان خوردگی صنایع پتروشیمی؛ خرداد ۱۳۸۷
- [۳] سند راهبردی مدیریت خوردگی صنعت نفت؛ ویرایش اول؛ خرداد ۱۳۹۳
- [4] KAWAUCHI; RAUSAND, Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and chemical process industries, June, 1999.
- [5] M. Fontana, Corrosion Engineering, McGraw-Hill, 3rd edition, 2005.
- [6] EFC Publication, "Life Cycle" Costing in the oil and gas industry, number 32, 2001.
- [7] ISO 15663 Life Cycle Costing.
- [8] OREDA; Offshore reliability data.
- [9] Akinyemi O. et al; Evaluation of Corrosion Cost of Crude Oil Processing Industry; J. Engineering Science and Technology.
- [10] The Cost of Corrosion in the oil and gas industry, journal of Protective coating and lining, 1999.

آشنایی با کاربرد کاوندهای CMASs مورد استفاده در پایش خوردگی

بنیامین پیری^{۱*}، علیرضا جهان‌بین^۲، مسعود مقدسی^۳

^۱ مدیر بخش پایش خوردگی شرکت مدیریت خوردگی و یکپارچگی نفتان پایش

^۲ مدیر بخش آموزش شرکت مدیریت خوردگی و یکپارچگی نفتان پایش

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد خوردگی و حفاظت از مواد دانشگاه صنعتی شیراز

*E-mail: beniaminpiri@gmail.com

چکیده

این مقاله مروری بر سامانه‌ها و حسگرهای با چیدمان چند الکترودی دارد که به منظور مطالعات الکتروشیمیایی و پایش خوردگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در سال ۱۹۹۱ چیدمان الکترودهای چندتایی غیرکوپل (که همچنین با نام الکترودهای wire beam (WBEs) نیز شناخته می‌شوند) برای مطالعات خوردگی گزارش شدند. چیدمان الکترودهای چندتایی جفت شده نیز برای اولین بار در سال ۱۹۹۶ در مطالعه رفتار الکتروشیمیایی نسبت به زمان و فضا^۱ و فرایند خوردگی؛ و در سال ۱۹۹۷ برای نگاشت^۲ خوردگی موضعی گزارش داده شدند. در حال حاضر حسگرهای دارای چیدمان الکترودهای چندتایی جفت شده (CMASs) در محاسبه بی‌درنگ نرخ‌های خوردگی موضعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از نمونه کاربردهای گوناگون کاوند CMASs می‌توان به پایش کمی خوردگی موضعی در محلول‌های آبی، گازهای تر، مخلوط‌های نفت/آب، رسوبات نمک، رسوبات زیستی^۳، خاک، بتن و زیر پوشش‌ها اشاره کرد. در این مقاله همچنین برخی از محدودیت‌های سامانه‌های دارای چیدمان چند الکترودی‌ها نیز مورد بحث قرار گرفته‌اند.

واژه‌های کلیدی: پایش خوردگی، چیدمان الکترو، الکتروهای چندتایی، حسگر خوردگی، کاوند خوردگی، خوردگی شیاری، خوردگی حفره‌ای، الکترودهای چندتایی جفت، CMAS؛

۱- معرفی

یک سامانه چند الکترودی، دستگاهی یکپارچه است که دارای چندین الکترودی می‌باشد. در این مقاله، سامانه چند الکترودی، زمانی یک سامانه چند الکترودی کوپل شده خوانده می‌شود که الکترودهای درون آن از طریق یک مدار خارجی به هم متصل شده باشند که این الکترودها لزوماً باید دارای پتانسیل یکسان باشند. یک سامانه چندالکترودی، اگر الکترودهای درون آن با فاصله و در یک الگوی منظم چیده شده باشند (مثلاً در ۴، ۱۰ یا ۱۰۰ در ۱۰)، با نام "چیدمان چندالکترودی" خوانده می‌شود. این سامانه‌های چند الکترودی جفت شده، جهت شناسایی خوردگی در بتن در حدود دو دهه پیش و برای محاسبات خوردگی شیاری^۴، حدود ۱۳ سال قبل گزارش شدند. مفهوم چیدمان‌های چند الکترودی در شکل غیرجفت، برای اولین بار ۱۵ سال پیش در مطالعات خوردگی گزارش شد. ۱۰ سال پیش اولین چیدمان چند الکترودی کوپل شده ارائه گردید که به مطالعه رفتار الکتروشیمیایی نسبت به زمان و فضا و فرایندهای خوردگی

آهن در محلول‌های اسید سولفوریک پرداخت. به علت آنکه چیدمان چند الکترودی می‌تواند در هر الگویی قرار گیرد و هر کدام از الکترودها نشانی پذیر^۵ هستند، چیدمان‌های چند الکترودی کوپل به طور وسیعی در مطالعه فرایندهای الکتروشیمیایی به خصوص در فرایندهای خوردگی موضعی فلزات، توسط محققان استفاده می‌شود.

به تازگی، چیدمان‌های چندالکترودی کوپل به‌عنوان حسگرهای (با نام حسگرهای با چیدمان چند الکترودی جفت CMAS) برای پایش بی‌درنگ و آنلاین خوردگی در زمینه‌های آزمایشگاهی و صنعتی استفاده می‌شود. به علت آنکه CMAS به حضور برق کاف نیاز ندارد، کاوندهای CMAS برای محاسبات کمی خوردگی موضعی فلزات علاوه بر محلول‌های آبی، در گازهای تر، مخلوط‌های نفت/آب، رسوبات نمک، زیست رسوبات، خاک، بتن و زیر پوشش‌ها استفاده می‌شود. کاوندهای CMAS همچنین در پایش بی‌درنگ سامانه‌های حفاظت کاتدی نیز استفاده می‌شود. علاوه بر محاسبات بی‌درنگ نرخ

کمی خوردگی موضعی، مانند خوردگی حفره ای و شیاری، CMAS در محاسبه نرخ متوسط خوردگی نیز استفاده می‌شوند.

۲- کاربردهای CMAS برای پایش خوردگی بی‌درنگ

کاوندهای CMAS به‌طور گسترده‌ای در پایش خوردگی موضعی برای فلزات گوناگون در محیط‌های زیر استفاده می‌شوند:

- آب خنک کننده [۱].
- آب دریای شبیه سازی شده [۲].
- محلول‌های آبی اشباع شده از نمک [۳].
- محلول‌های کلریدی غلیظ [۴].
- بتن [۵].
- خاک [۶].
- آب آشامیدنی با رسانایی کم [۷].
- فرایند های بخار پلنت‌های شیمیایی در دماهای بالا [۸].
- پوشش‌ها [۹].
- رسوبات باکتری‌های کاهنده سولفات SRB [۱۰].
- رسوبات نمک در هوا [۱۱].
- سامانه‌های گاز طبیعی شبیه سازی شده فشار بالا [۱۲].
- سامانه‌های H_2S [۱۲].
- مخلوط‌های نفت/آب [۱۳].

کاوندهای CMAS همچنین در سامانه‌های حفاظت کاتدی شده، برای کارآمدی حفاظت کاتدی نیز استفاده می‌شوند [۱۴]. علاوه بر آن کاوندهای CMAS برای اندازه‌گیری نرخ نفوذ شیاریهای فلزات استفاده می‌گردند. برخی از این کاربردها در بخش‌های زیر به‌طور مختصر بیان شده‌اند.

۱- ۲- خوردگی آلیاژها در محلول‌های کلریدی

کاوندهای CMAS برای مقایسه خوردگی موضعی آلیاژهای Mo، Fe، Ni و Cr در محلول‌های کلریدی استفاده می‌شوند [۴]. نتایج تجربی نشان می‌دهد که کاوندهای CMAS یک پاسخ سریع بی‌درنگ نسبت به تغییرات دما و غلظت نمک ایجاد می‌کنند. مقاومت به خوردگی غیریکنواخت این آلیاژها در تمامی محلول‌های آزمون شده به ترتیب زیر افزایش می‌یابد:

> نوع SS 316 (UNS S31600) > آلیاژ 276
> نوع SS 304 (UNS S30400)
فولاد کربنی > آلیاژ ۶۰۰ (UNS N0600)
(UNSN10276) > آلیاژ 22 (UNS N06022).

این ترتیب با اعداد معادل با مقاومت به حفره‌ای بر اساس ترکیبات

عنصری آلیاژ و تجربه صنعتی کار با این آلیاژها اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌های مشابه نیز همچنین برای انواع آلومینیوم 1100 و 3003 (UNS A91100 و A93003) و انواع فولادهای زنگ نزن 304L (UNS S30403)، 316L (UNS S31603)، 904L (UNS N08904) و SMO 254 (UNS S31254) و نوع 110 مس (UNS C11000) در آب دریا شبیه سازی شده انجام شد [۲].

۲-۲- خوردگی در محلول‌های باکتری کاهنده سولفات (SRB)

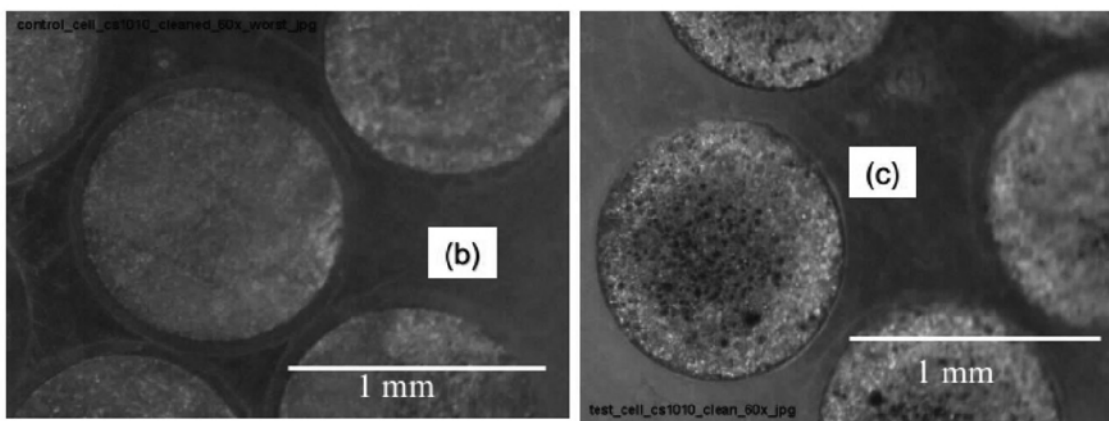
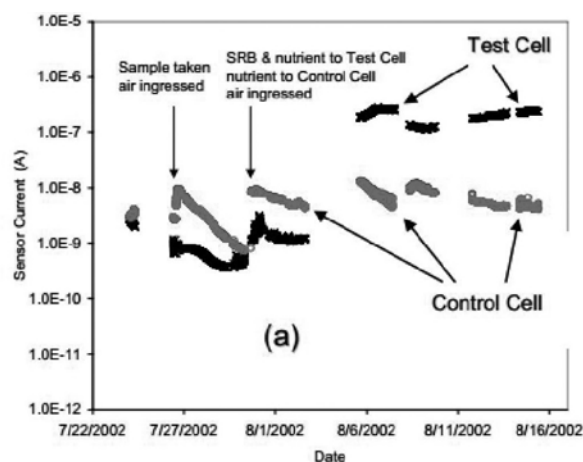
خوردگی تحت تاثیر میکروب فولادهای زنگ نزن و فولاد های کربنی با باکتری کاهنده سولفات با پرپ‌های CMAS در آب دریای شبیه‌سازی شده اندازه‌گیری می‌شود [۱۰]. شکل (۱) نشان دهنده یک مقایسه از جریان‌های بیشینه خوردگی موضعی از یک کاوند در سلول‌های بدون باکتری کاهنده سولفات (SRB) و یک مقایسه از عملکرد آزمایش‌های الکترودهای حسگر این کاوندها در این دو پیل را نشان می‌دهد. تقریباً یک هفته بعد از مشخص شدن SRB، جریان خوردگی از این پیل در جایی که SRB موجود بود، تقریباً یک درجه بزرگ‌نمایی بزرگ‌تر از میزان آن از پیل‌هایی بود که SRB نداشتند [۱۰]. این تصاویر آزمایشی سریع (Post Test Pictures) به روشنی نشان می‌دهند که الکترودهای حسگر کاوند در پیل SRB بیشتر از الکترودهای پرپی که در پیل کنترل بودند خورده شدند. خوردگی حفره‌ای در پیل SRB همچنین مشهود بود.

۳- ۲- خوردگی زیر بيو فيلم‌ها

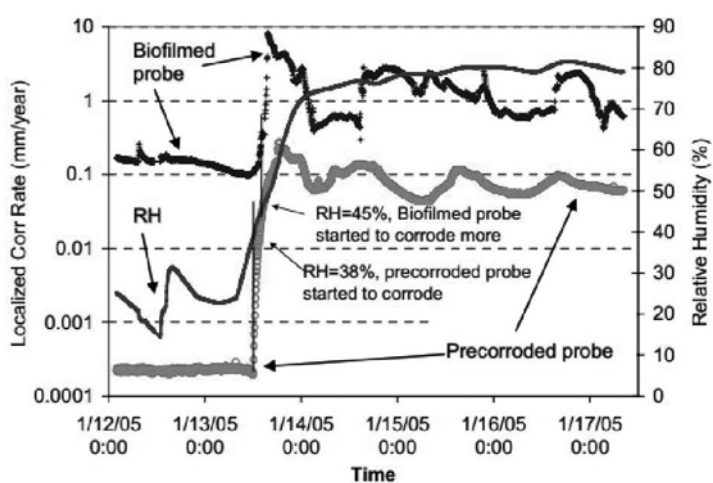
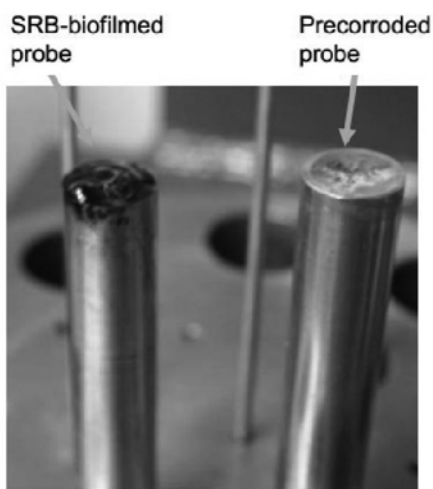
خوردگی زیر بیوفیلیم‌ها در یک سامانه گاز طبیعی فشار بالا با دو کاوند CMAS ارزیابی شد [۱۲]. شکل (۲) نشان دهنده این دو کاوند (یکی پوشیده شده با رسوبات باکتری‌های کاهنده سولفات و دیگری پوشیده شده با محصولات خوردگی تشکیل شده در آب دارای H_2S) و نرخ‌های خوردگی موضعی اندازه‌گیری شده توسط هر کاوند به هنگام تغییر رطوبت نسبی، می‌باشد. در آغاز، رطوبت نسبی پایین‌تر از ۳۰ درصد برای بیش از ده روز باقی ماند. نرخ خوردگی موضعی کاوند از پیش خورده شده، کم بود ($< 0.01 \text{ mm/yr}$)، در حالی که نرخ خوردگی در کاوند پوشیده شده از رسوبات SRB هیچ وقت کمتر از 0.1 mm/yr نبود. با افزایش رطوبت نسبی، پس از آنکه رطوبت تقریباً از ۳۸ درصد عبور کرد، نرخ خوردگی موضعی در پرپ از پیش خورده شده شد به سرعت افزایش یافت. همچنین نرخ خوردگی موضعی در کاوند پوشیده شده از رسوبات SRB هنگامی که رطوبت نسبی به حدود ۴۵ درصد رسید، بیشتر شد. در رطوبت‌های نسبی بالاتر از ۷۰ درصد، نرخ خوردگی موضعی از کاوند پوشیده شده از رسوبات SRB بالاتر از میزان آن در کاوند از پیش خورده شده باقی ماند. این اندازه‌گیری ثابت کرد که با آلوده شدن به رسوبات SRB، توقف

که مقادیر نسبی رطوبت که در آن نرخ خوردگی شروع به افزایش کرد، ممکن است در صورتی که رطوبت نسبی آرام‌تر تغییر کند، متفاوت باشد.

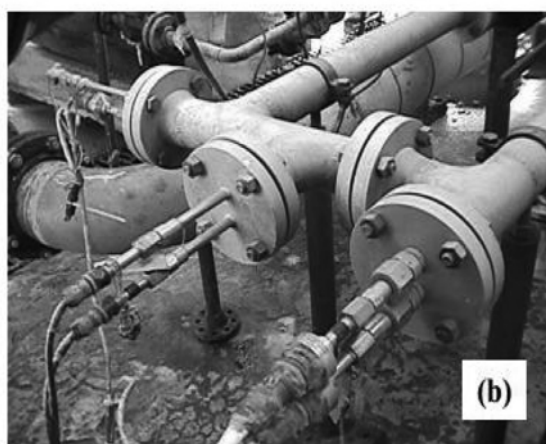
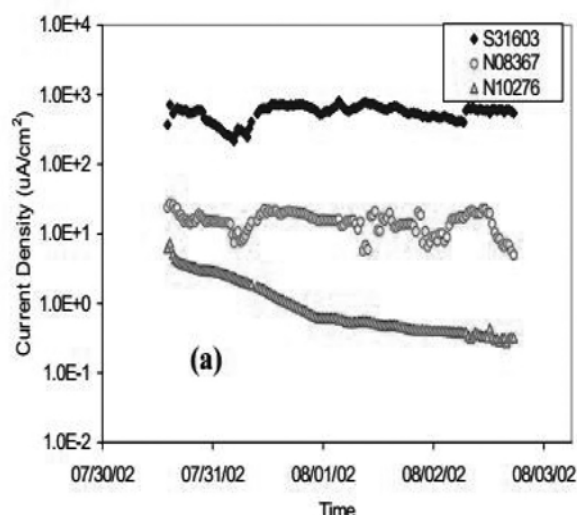
خوردگی حتی در رطوبت‌های نسبی کمتر از ۳۰ درصد نیز دشوار است و علت آن ذات وابسته به رطوبت رسوبات SRB و یا برق کاف حبس شده زیر رسوبات می‌باشد. باید این نکته را یادآور شد



شکل ۱ - (a) پاسخ‌های متداول پراب CMAS فولادکربنی در محلول‌های زیست (SRB) و غیرزیستی سدیم کلرید، و ظاهر تست پس از آزمون هنگامی که پراب‌ها در معرض (b) محلول غیرزیستی و (c) محلول زیستی، قرار دارد.



شکل ۲ - راه اندازی تجربی سامانه و نتایج برای ارزیابی خوردگی موضعی و فولاد کربنی زیرفیلمی در محیط‌های رطوبتی نسبی در سامانه شبیه‌سازی شده‌ی گاز طبیعی با فشار بالا باکتری‌های کاهنده سولفات SRB در لایه‌های اولیه تشکیل می‌شود، سطح حساس شده کائود خورده شده‌ی اولیه توسط محصولات خوردگی پوشیده شده در آب شامل H_2S تشکیل می‌شود.



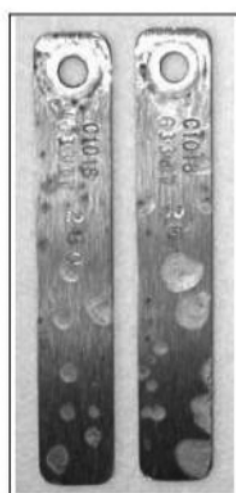
شکل ۳ - الف) جریان های بیشینه خوردگی موضعی ۳ آلیاز در ب) یک جریان تحت فشار در یک محیط صنعتی در دمای بالا

۴-۲ - خوردگی در جریان های تحت فشار یک پلنت شیمیایی در دماهای بالا

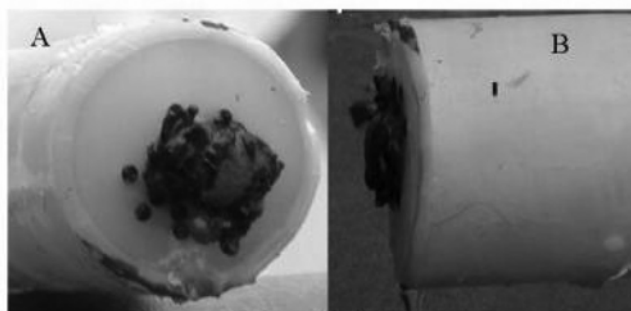
کاوندهای CMAS برای اندازه گیری نرخ های خوردگی موضعی مواد فرایند لوله کشی در یک پلنت شیمیایی استفاده می شود [۱۵]. شکل (۳) نشان دهنده کاوندهای یک طرف مدار جریان های فرایندی تحت فشار در دماهای بالا و نتایج بی درنگ از پایش همزمان جریان های خوردگی در طول دوره آزمایشی ۴ روزه می باشد. همان طور که انتظار می رفت، چگالی جریان خوردگی فولاد زنگ نزن نوع ۳۱۶L بسیار بیشتر (حدود ۸ میلی متر در سال) از میزان آن برای AL6X+N (UNS N08367) و آلیاژ ۲۷۶ بود. متعاقباً آزمون های چشمی، صلاحیت کاوندهای خوردگی موضعی در فولاد زنگ نزن نوع ۳۱۶L را تایید می کند. نرخ های خوردگی آزمایشی سریع اندازه گیری شده، با نرخ پیش بینی شده از اندازه گیری های جریان به طور معقولی هماهنگی دارد. نتایج اندازه گیری شده همچنین با پیش بینی های مدل برای خوردگی موضعی سازگاری دارد.

۵-۲ - خوردگی در سامانه آب خنک کن پلنت شیمیایی

کاوندهای CMAS برای اندازه گیری نرخ های خوردگی موضعی در سامانه آب خنک کن پلنت شیمیایی مورد استفاده قرار می گیرند. شکل (۴) الکترودهای حسگر کاوند و دو کوپن فولاد کربنی که در یک ایستگاه پایش آزمون شده بود را نشان می دهد. بیشینه نرخ حفره ای شکل (۴) ذکر شده است، با بیشینه متوسط بی درنگ نرخ خوردگی موضعی از کاوند (۱۴۵ mil/yr) (۳/۶۲ mm/yr) سازگاری دارد. نرخ خوردگی اندازه گیری شده همچنین با نرخ حفره ای اندازه گیری شده با قطعه های آزمون خوردگی در همان آب سازگاری دارد (۲/۵ mm/yr تا ۲۰۰ mil/yr).



Coupon tests showed 100 to 200 mil/yr (2.5 to 5 mm/yr) pitting rate



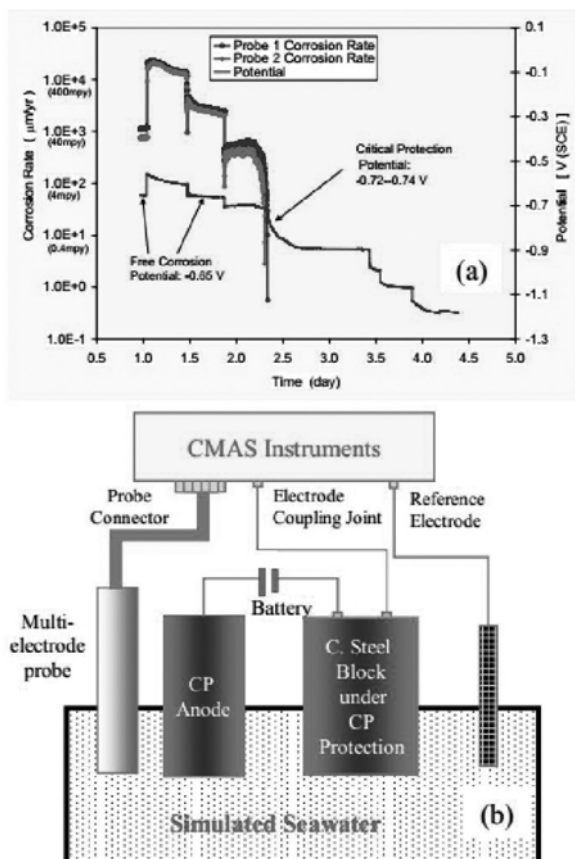
Before cleaning



After cleaning

شکل ۴ - مقایسه ی ظاهر تست پس از آزمایش در کاوند فولادهای کربنی و نمونه کوپن های آزمایش در سامانه خنک کن آب سامانه های محیط های شیمیایی

کاتدی به میزان بحرانی پتانسیل حفاظت کاتدی رسید، صفر می‌شود (۰.۷۴-۰.۷۲ V(SCE)). نرخ‌های خوردگی نشان داده شده در شکل (۵)، نرخ خوردگی آندی‌ترین الکتروود را نشان می‌دهند. در مقایسه با کاوند تک الکتروود بزرگی که نرخ خوردگی متوسط را در یک سطح زیاد ارائه می‌دهد، کاوندهای چند الکتروودی شرایط حفاظت کاتدی را در بدترین قسمت فلز که به‌طور آماری حفاظت می‌شود را آشکار می‌کند.



شکل ۵ - الف) پاسخ پیشینه نرخ‌های خوردگی موضعی اندازه‌گیری شده از دو کاوند فولاد کربنی و ب) اتصال‌های یک کاوند رایج به وسایل CMAS تحت شرایط حفاظت کاتدی

۶-۲ - خوردگی در مخلوط‌های نفت خام و آب

کاوند CMAS برای اندازه‌گیری خوردگی موضعی فولاد کربنی در نفت خام دارای مقادیر کمی از آب دارای ناخالصی‌های نمک (شوراب) استفاده می‌شود [۱۳]. هنگامی که پرآب در هوای خشک و نفت خام بدون نمک قرار داشت علامت نرخ خوردگی موضعی (جریان) کم است و پس از آنکه مقدار کمی محلول اضافه شود، سیگنال خوردگی افزایش می‌یابد. این اندازه‌گیری بیانگر آن است که حتی اگر الکترودهای حسگر کاوند از یک لایه نفت خام پوشیده شده باشند، هنگامی که شوراب خورنده اضافه می‌شود این کاوند به خوردگی نفت خام پاسخ می‌دهد و این پاسخ بسیار فوری می‌باشد.

۷-۲ - ارزیابی بازدارنده‌های خوردگی

کاوندهای CMAS برای ارزیابی عملکرد چندین نوع از بازدارنده‌های خوردگی برای فولاد کربنی در آب خنک‌کن شبیه‌سازی شده در آزمایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱]. این کاوند یک اندازه‌گیری کمی برای جریان‌های خوردگی موضعی را انجام می‌دهد و یک پاسخ بی‌درنگ سریع به دوز بازدارنده می‌باشد. پاسخ کاوند به نوع و غلظت بازدارنده اطلاعات سودمندی برای استفاده در انتخاب نوع و دوز آن را ارائه می‌دهد.

۸-۲ - خوردگی در وضعیت‌های حفاظت کاتدی

کاوندهای CMAS برای پایش کارآمدی حفاظت کاتدی (CP) فولادهای کربنی استفاده می‌شود [۱۴]. شکل (۵) نشان دهنده چگونگی اتصال کاوندها به سامانه‌های فولاد کربنی دارای حفاظت کاتدی و نتایج اندازه‌گیری شده از دو کاوند CMAS می‌باشد. نرخ‌های خوردگی موضعی استثناعا هنگامی که پتانسیل افزایش می‌یابد، زیاد ($< 10 \text{ mm/yr}$) می‌شوند که شبیه ساز شرایطی است که قطبیت (polarity) حفاظت کاتدی به‌طور اشتباه وصل شده باشد. نرخ خوردگی موضعی با کاهش پتانسیل کاهش یافته و هنگامی که پتانسیل حفاظت

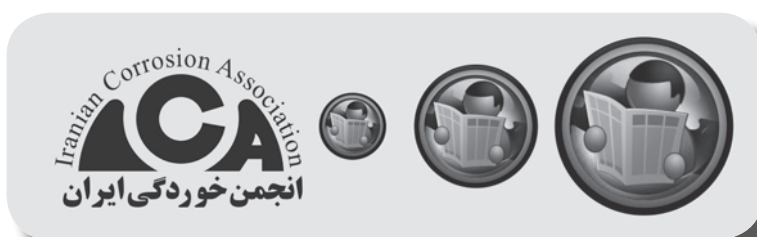
۳ - جمع‌بندی

حدود دو دهه است که سامانه‌های چند الکتروودی جفت شده برای شناسایی کمی خوردگی در بتن مورد استفاده قرار می‌گیرد و به مدت ۱۳ سال یا بیشتر نیز برای شناسایی خوردگی شباری مورد استفاده واقع گردیده است. حداقل ۱۰ سال است که کاوندهای CMAS با طرح‌های خاص الکتروود برای مطالعات الکتروشیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد و می‌تواند برای تحقیقات و مطالعات مدل‌های فضایی و رفتار الکتروشیمیایی فرایند خوردگی، به خصوص فرایند خوردگی موضعی فلزات در آرایش‌های مختلف قرار گیرد.

این کاوندها علاوه بر اینکه عوامل ساده‌ای از قبیل حداکثر نرخ خوردگی موضعی، حداکثر عمق نفوذ خوردگی موضعی، و نرخ خوردگی میانگین را به دست می‌آورد، دارای کاربرد گسترده‌ای برای پایش خوردگی آنالین و بی‌درنگ در آزمایشگاه‌ها و میدان‌های صنعتی هستند. از طرفی کاوند CMAS نیاز به حضور الکترولیت ندارد و صرفاً در محلول‌های آبی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و همچنین می‌تواند در گازهای مرطوب، مخلوط نفت و آب، رسوب نمک، رسوب بیولوژیکی، بتن و زیرپوشش‌ها مورد استفاده قرار گیرد. کاوند CMAS همچنین می‌تواند برای پایش بی‌درنگ یا real-time در موثر بودن سامانه حفاظت کاتدی استفاده شود. به علاوه اندازه‌گیری بی‌درنگ نرخ کمی خوردگی موضعی، از قبیل خوردگی حفره‌ای و شباری، کاوند CMAS همچنین برای تخمین نرخ خوردگی عمومی بر اساس نرخ خوردگی میانگین نیز استفاده می‌شود. با طراحی مناسب در درزبندی و تنظیم کردن وسایل و همچنین برای پایش خوردگی در دما و فشار بالا نیز استفاده می‌شود.

- [1] L. Yang, and D. Dunn, "Evaluation of Corrosion Inhibitors in Cooling Water Systems Using a Coupled Multielectrode Array Sensor", Corrosion/2002, Paper No. 004, NACE International, 2002.
- [2] X. Sun and L. Yang, "Real-Time Monitoring of Localized and General Corrosion Rates in Simulated Marine Environments Using Coupled Multielectrode Array Sensors", CORROSION/2006, paper no. 06284 (Houston, TX: NACE, 2006).
- [3] L. Yang, R. T. Pabalan, L. Browning, and G.A. Cragnolino, "Measurement of Corrosion in Saturated Solutions under Salt Deposits Using Coupled Multielectrode Array Sensors", CORROSION/2003, paper no. 03426, (Houston, TX: NACE International, 2003).
- [4] L. Yang, N. Sridhar, and G. Cragnolino, "Comparison of Localized Corrosion of Fe-Ni-Cr-Mo Alloys in Concentrated Brine Solutions Using a Coupled Multielectrode Array Sensor", NACE Corrosion/2002, Paper No. 545, NACE International, 2002.
- [5] X. Sun, "Online and Real-Time Monitoring of Carbon Steel Corrosion in Concrete, Using Coupled Multielectrode Sensors", CORROSION/2005, paper no. 05267 (Houston, TX: NACE, 2005).
- [6] X. Sun, "Real-Time Corrosion Monitoring in Soil with Coupled Multielectrode Sensors", CORROSION/2005, paper no. 05381 (Houston, TX: NACE, 2005).
- [7] X. Sun and L. Yang, "Real-Time Monitoring of Localized and General Corrosion Rates in Drinking Water Utilizing Coupled Multielectrode Array Sensors", CORROSION/2006, paper no. 06094 (Houston, TX: NACE, 2006).
- [8] A. Anderko, N. Sridhar, C. S. Brossia, D. S. Dunn, L.T. Yang, B.J. Saldanha, S.L. Grise, and M.H. Dorsey, "An Electrochemical Approach to Predicting and Monitoring Localized Corrosion in Chemical Process Streams", CORROSION/2003, paper no. 03375, (Houston, TX: NACE International, 2003).
- [9] X. Sun "Online Monitoring of Undercoating Corrosions Utilizing Coupled Multielectrode Sensors", CORROSION/2004, paper no. 04033, (Houston, TX: NACE International, 2004).
- [10] C. S. Brossia and L. Yang, "Studies of Microbiologically Influenced Corrosion Using a Coupled Multielectrode Array Sensor", CORROSION/2003, paper no. 03575, (Houston, TX: NACE International, 2003).
- [11] L. Yang, R. T. Pabalan, L. Browning and D.S. Dunn, "Corrosion Behavior of Carbon Steel and Stainless Steel Materials under Salt Deposits in Simulated Dry Repository Environments", in Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXVI, R. J. Finch and D. B. Bullen, eds, Warrendale, PA: Materials Research Society, M.R.S. Symposium Proceedings, Vol. 757, pp. 791-797, 2003.
- [12] N. Sridhar, L. Yang and F. Song, "Application of Multielectrode Array to Study Dewpoint Corrosion in High Pressure Natural Gas Pipeline Environments", CORROSION/2006, paper no. 06673 (Houston, TX: NACE, 2006).
- [13] L. Yang, D. Dun, Y.-M. Pan and N. Sridhar, "Real-time Monitoring of Carbon Steel Corrosion in Crude Oil and Brine Mixtures Using Coupled Multielectrode Sensors" CORROSION/2005, paper no. 05293, (Houston, TX: NACE International, 2005).
- [14] X. Sun, "Online Monitoring of Corrosion under Cathodic Protection Conditions Utilizing Coupled Multielectrode Sensors", CORROSION/2004, paper no. 04094, Houston, TX: NACE International, 2004).
- [15] A. Anderko, N. Sridhar, C. S. Brossia, D. S. Dunn, L.T. Yang, B.J. Saldanha, S.L. Grise, and M.H. Dorsey, "An Electrochemical Approach to Predicting and Monitoring Localized Corrosion in Chemical Process Streams", CORROSION/2003, paper no. 03375, (Houston, TX: NACE International, 2003).

اخبار انجمن



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

تقویم آموزشی نیمسال دوم ۱۳۹۶ مرکز آموزش انجمن خوردگی ایران

ردیف	عنوان دوره	تاریخ برگزاری	مدت دوره (ساعت)	شهریه (ریال)	پیشنیازها
۱	اصول مهندسی خوردگی	۲۶-۲۷ مهر	۱۶	۳/۶۰۰/۰۰۰	پیش نیاز دوره های آموزشی
۲	پوشش های فلزی صنعتی (آبکاری اصول و کاربردها)	۲۴-۲۵ آبان	۱۶	۳/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۳	خوردگی تجهیزات نیروگاهی	۲۰-۲۲ دی	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۴	مدیریت خوردگی	۸-۱۰ آذر	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۵	خوردگی در واحدهای پالایشگاهی توسط مدرس NACE مطابق دوره NACE در Corrosion Control In The Refining Industry	۲۵-۲۷ آذر	۲۴	۱۲/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۶	پایش خوردگی	۱۳-۱۴ دی	۱۶	۳/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۷	بازدارنده های خوردگی	۱۸-۱۹ بهمن	۱۶	۳/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۸	کنترل خوردگی و رسوب در دیگ های بخار	۲۵-۲۷ بهمن	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۹	اسید شویی و شستشوی شیمیایی دستگاه های صنعتی	۸-۱۰ اسفند	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۰	بررسی علت تخریب (Failure Analysis) در محیط های خوردنده	۱-۳ آذر	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۱	دوره ویژه انتخاب مواد در صنایع نفت و گاز	۷-۹ بهمن	۲۴	۸/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۲	دوره ویژه حفاظت کاتدی سطح ۱ و ۲	۱-۵ آبان	۴۰	۹/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۳	حفاظت کاتدی سطح ۱ (حفاظت کاتدی عمومی)	۲۳-۲۵ آبان	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۴	حفاظت کاتدی سطح ۲ (ارزیابی و رفع عیب سامانه های حفاظت کاتدی)	۸-۱۰ آذر	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	حفاظت کاتدی سطح ۱
۱۵	حفاظت کاتدی سطح ۳ (طراحی حفاظت کاتدی خطوط لوله زیر زمینی)	۲۴-۲۷ بهمن	۳۲	۷/۲۰۰/۰۰۰	حفاظت کاتدی سطح ۱
۱۶	دوره ویژه حفاظت کاتدی - طراحی سیستم های حفاظت کاتدی در پالایشگاه ها	۱۳-۱۵ دی	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	حفاظت کاتدی سطح ۱
۱۷	دوره ویژه بازرسی رنگ و پوشش سطح ۱ و ۲	۸-۱۲ آبان	۴۰	۹/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۸	بازرسی رنگ سطح ۳ (اصول انتخاب سیستم های رنگ)	۱۵-۱۷ اسفند	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	بازرسی رنگ سطح ۱ و ۲
۱۹	خوردگی زیر عایق های حرارتی	۲۰-۲۱ مهر	۱۶	۳/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۰	انتخاب ، اجرا و بازرسی سیستم های پوششی جهت سطوح داخلی تجهیزات	۲۳-۲۴ آذر	۱۶	۳/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۱	بازرسی پوشش های حفاظتی	۱۳-۱۵ دی	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۲	ارزیابی و کنترل کیفیت پوشش خطوط لوله مدفون	۲۱-۲۲ دی	۱۶	۳/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۳	تعمیرات ظروف تحت فشار، سیستم لوله کشی و خطوط لوله بر اساس الزامات ASME PCC2-2015	۵-۱ مهر	۴۰	۹/۸۰۰/۰۰۰	سوابق کاری و آموزشی مرتبط
۲۴	پیگرانی هوشمند در خطوط لوله	۲۹ مهر الی ۱ آبان	۲۴	۹/۵۰۰/۰۰۰	سوابق کاری و آموزشی مرتبط
۲۵	خوردگی و کنترل آن در محیط های دریایی	۱۰-۱۲ آبان	۲۴	۷/۰۰۰/۰۰۰	سوابق کاری و آموزشی مرتبط
۲۶	بازرسی بر مبنای ریسک بر اساس استاندارد های API 581 & 571	۲۲-۲۴ آذر	۲۴	۷/۰۰۰/۰۰۰	سوابق کاری و آموزشی مرتبط
۲۷	روش های نوین در ارزیابی و مدیریت یکپارچه خوردگی در خطوط لوله زیرزمینی	۲۹-۳۰ آذر	۲۴	۷/۰۰۰/۰۰۰	سوابق کاری و آموزشی مرتبط
۲۸	اصول طراحی پایپینگ	متعاقبا اعلام می گردد.			سوابق کاری و آموزشی مرتبط
۲۹	مکانیزم تخریب				سوابق کاری و آموزشی مرتبط
۳۰	اصول مهندسی خوردگی	۱۱-۱۲ آبان	۱۶	۳/۶۰۰/۰۰۰	-
۳۱	حفاظت کاتدی	۸-۱۰ آذر	۲۴	۵/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی

*سرفصل های انجمن بین المللی خوردگی NACE

© دوره های ویژه دانشجویان با همکاری انجمن علمی متالورژی دانشگاه صنعتی امیرکبیر برگزار خواهد گردید. ۵۰٪ تخفیف برای دانشجویان دانشگاه امیرکبیر و ۳۵٪ تخفیف برای دانشجویان سایر دانشگاه ها در نظر گرفته می شود.

- شهریه دوره به حساب بانک اقتصاد نوین، شعبه سپهد قرنی، کدشعبه ۱۷۸ به نام انجمن خوردگی ایران به صورت های زیر قابل پرداخت است:
کارت: ۶۲۷۴۱۲۱۹۴۰۰۳۵۲۹۸
شبا: IR۰۵۰۵۵۰۰۱۷۸۸۵۰۰۵۴۶۷۹۶۹۰۰۲
- برای شرکت کنندگان در هر دوره گواهی نامه معتبر دوزبانه (فارسی و انگلیسی) مورد تایید انجمن خوردگی ایران صادر می شود.
- اعضاء حقیقی و حقوقی از ۱۰٪ تخفیف برخوردار خواهند بود.
- پذیرایی های میان وعده به همراه ناهار و پکیج (جزوه و کیف) برای هر یک از شرکت کنندگان در نظر گرفته شده است.
- جهت نام نویسی در هریک از دوره ها و همچنین درخواست برگزاری در محل شرکت (تمامی شهرهای کشور) فرم موجود در قسمت تماس با ما را در تارنمای انجمن تکمیل و رزرو نموده تا در اولین فرصت با شما تماس حاصل گردد.
- جهت اطلاعات بیشتر با شماره تلفن های ۸ - ۸۷ ۳۴ ۴۲ ۸۸ (داخلی ۶۳) 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

اشتیاقان برای یادگیری را توسعه دهید، تا هرگز در راه رشد و تعالی متوقف نشوید



اعلام نتایج انتخابات انجمن خوردگی ایران

در دوازدهمین دوره از انتخابات انجمن خوردگی ایران که مورخ ۶ آبان ۹۶ در محل هتل باباطاهر در خیابان سپهبد قرنی برگزار شد با حضور جمع کثیری از اعضای پیوسته، ۷۴ رأی مأخوذه شمارش شد. از ابتدای جلسه راس ساعت ۱۵ نماینده محترم وزارت علوم، تحقیقات و فناوری نیز حاضر و ناظر بر اجرای انتخابات بودند. اعضای هیات مدیره و بازرس انجمن خوردگی ایران برای مدت سه سال انتخاب شدند و پس از تأیید نهایی کمیسیون انجمن‌های علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و ثبت در روزنامه رسمی فعالیت خود را بطور رسمی آغاز می‌نمایند. اعضای هیات مدیره، علی البدل و بازرس انجمن خوردگی ایران که توسط اعضای پیوسته انجمن حائز بیشترین رأی شدند، به شرح زیر است: اعضای هیات مدیره: دکتر ابراهیم حشمت دهکردی ۷۲ رأی، مهندس علیرضا حاتمی منفرد ۴۷ رأی، مهندس داریوش ماسوری ۴۳، مهندس احمد رضا بحرانی ۴۱ رأی، دکتر فرشته رضایی ۴۰ رأی، مهندس محمد نجمی ۳۴ رأی، دکتر اسمعیل اکبر نژاد ۳۰ رأی. اعضای علی البدل مهندس سید محمود کثیرپها ۲۹ رأی، هادی جامعی ۱۹ رأی. بازرس: دکتر هادی عادل خانی ۴۴ رأی بازرس اصلی و مهندس کاظم کوزه کنانی ۲۶ رأی بازرس علی البدل. انجمن خوردگی ایران ضمن تشکر از همراهی اعضاء حقیقی پیوسته که با حضور فعال خود در این انتخابات انجمن را یاری نمودند و سپاس از تلاش‌های اعضاء هیات مدیره پیشین، برای نفرات منتخب هیئت مدیره جدید نیز آرزوی موفقیت می‌نماید.



تغییر مدیر مسئول مجله علوم و مهندسی خوردگی

آقای دکتر هادی عادل خانی، مدیر مسئول مجله علمی - پژوهشی "علوم و مهندسی خوردگی" شد. پیرو درخواست انجمن خوردگی ایران مبنی بر تغییر مدیر مسئول نشریه علمی - پژوهشی "علوم و مهندسی خوردگی" این موضوع از سوی معاونت امور مطبوعاتی و اطلاع رسانی وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی بررسی و مورد موافقت قرار گرفت. بر این اساس، از این پس فصلنامه با مدیر مسئولی "آقای دکتر هادی عادل خانی" منتشر خواهد شد. فصلنامه "علوم و مهندسی خوردگی" از ابتدای سال ۱۳۹۰ تاکنون تعداد ۲۵ شماره را به چاپ رسانده است. هیات مدیره انجمن از اعضاء محترم هیات تحریریه نشریه مزبور که هر یک از اساتید و صاحبان نظران دانش مهندسی خوردگی در سطح ملی و بین‌المللی هستند، به ویژه مدیر مسئول قبلی جناب آقای "دکتر جابر نشاطی"، دانشیار پژوهشگاه صنعت نفت که به دلیل مشغله زیاد امکان حضور در سمت مدیر مسئولی برای ایشان فراهم نشد، تقدیر و تشکر می‌نمایند. هیئت تحریریه مجله علمی - پژوهشی "علوم و مهندسی خوردگی" به شرح زیر می‌باشند،

(به ترتیب حروف الفبا):

دکتر سعیدرضا اله کرم، استاد دانشکده مهندسی متالورژی و مواد دانشگاه تهران،
دکتر کوروش جعفرزاده، دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر،
دکتر میرقاسم حسینی، استاد دانشکده شیمی دانشگاه تبریز،
دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، دانشیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای ایران،
دکتر تقی شهبابی فراهانی، استاد دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس تهران،
دکتر هادی عادل خانی، دانشیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای (مدیر مسئول)،
دکتر منصور فرزام، دانشیار دانشگاه صنعت نفت،
دکتر روحا کسرایی کرمانشاهی، استاد دانشکده میکروبیولوژی دانشگاه الزهرا (س)،
دکتر محمدعلی گل‌عذار، استاد دانشکده مهندسی مواد (سردبیر)،
دانشگاه صنعتی اصفهان دکتر جابر نشاطی، دانشیار پژوهشگاه صنعت نفت،



برگزاری جلسه هیات مدیره (تفکیک وظایف)

پیرو برگزاری مجمع انتخاباتی مورخ ۶ آبان ۹۶ که اعضای هیات مدیره و بازرس انجمن خوردگی ایران برای مدت سه سال انتخاب شدند، اولین جلسه هیات مدیره با حضور اعضای دوره یازدهم و اعضای دوره دوازدهم (منتخب جدید) در روز دوشنبه مورخ ۱۵ آبان در محل انجمن خوردگی ایران برگزار گردید. در این جلسه که با محوریت تفکیک وظایف و قهردانی از هیات مدیره وقت برگزار گردید، افراد مطابق تصویر زیر انتخاب شدند.

بدیهی است هیات مدیره جدید (دوره دوازدهم) پس از تایید نهایی کمیسیون انجمن‌های علمی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری و ثبت در روزنامه رسمی فعالیت خود را به‌طور رسمی آغاز می‌نماید.



اعضاء دوازدهمین دوره هیات مدیره انجمن خوردگی ایران

(به ترتیب تفکیک وظایف)



آقای دکتر ابراهیم حشمت‌دهکردی
رئیس هیات مدیره



آقای مهندس داریوش ماسوری
نایب رئیس هیات مدیره



آقای مهندس احمدرضا بخرانی
خزانه‌دار و عضو اصلی هیات مدیره



آقای دکتر اسماعیل اکبری‌نژاد
عضو اصلی هیات مدیره



خانم دکتر فرشته رضایی
عضو اصلی هیات مدیره



آقای مهندس محمد نجمی
عضو اصلی هیات مدیره



آقای مهندس علیرضا حاتم‌منفرد
عضو اصلی هیات مدیره



آقای مهندس محمدهادی جامعی
عضو علی‌البدل هیات مدیره



آقای دکتر هادی عادل‌خانی
بازرس اصلی



آقای مهندس سید محمود کنیریها
عضو علی‌البدل هیات مدیره



آقای مهندس کاظم گوزه‌کنانی
بازرس علی‌البدل

فهرست کتاب‌های موجود در انجمن خوردگی ایران

ردیف	نام کتاب	تألیف / ترجمه	قیمت (ریال)
۱	بازرسی، کنترل و مدیریت خوردگی در پالایشگاه‌ها	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، مهندس رسول سپهرزاد و مهندس مصطفی هدایتی مرزبالی	۲۵۰/۰۰۰
۲	روش‌های نوین و دستورالعمل‌های بازرسی فنی	دکتر سعیدرضا اله کرم، مهندس احسان هدایت‌نیا و مهندس مسعود سعادت طلب	۲۸۰/۰۰۰
۳	راهنمای عملی واپایش شیمیایی دیگ‌های بخار	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰/۰۰۰
۴	راهنمای عملی واپایش شیمیایی برج‌های خنک‌کن	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰/۰۰۰
۵	خوردگی فولاد در بتن	مهندس محمدرضا احمدی بشکانی، مهندس صادق دهقان	۲۵۰/۰۰۰
۶	گزینش مواد در صنعت به ویژه در صنایع نفت و تأسیسات وابسته	مهندس محمدرضا نفری	۳۰۰/۰۰۰
۷	راهنمای کاربرد آب در صنعت (دو جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۸۰۰/۰۰۰
۸	روش‌های پیشرفته جوشکاری	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، مهندس رسول سپهرزاد و سید محسن محمدی	۲۵۰/۰۰۰
۹	رزین‌ها - شیمی، ساختارها، مکانیزم‌های ساخت، ویژگی‌ها، کاربردها	مهندس حمید رقی	۹۰۰/۰۰۰
۱۰	خوردگی و کنترل خوردگی - مقدمه ای بر علم و مهندسی خوردگی	دکتر محمدعلی گلغزار، مهندس حمیدرضا ریاضی و مهندس داود قربانی	۳۵۰/۰۰۰
۱۱	مجموعه واژه‌های مهندسی خوردگی	فرهنگستان زبان و ادب فارسی - گروه واژه‌گزینی	۱۳۰/۰۰۰
۱۲	واژه‌های خوردگی	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۴۰۰/۰۰۰
۱۳	فرهنگ خوردگی	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۵۰۰/۰۰۰
۱۴	کنترل خوردگی در صنایع، ویرایش ۱۳۹۴ (ج ۱)	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۴۲۰/۰۰۰
۱۵	کنترل خوردگی در صنایع ۳ جلدی (فقط جلد ۳) (چاپ ۱۳۷۵)	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۱۰۰/۰۰۰
۱۶	خوردگی میکروبی	دکتر محمد علی گلغزار	۱۳۵/۰۰۰
۱۷	مهندسی خوردگی و حفاظت از فلزات	دکتر منصور فرزام	۲۱۰/۰۰۰
۱۸	خوردگی قطعات جوشکاری شده	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی	۲۵۰/۰۰۰
۱۹	خوردگی، راه‌های عملی پیشگیری و حفاظت (جلد ۱)	مهندس محمدرضا نفری	۲۵۰/۰۰۰
۲۰	خوردگی، راه‌های عملی پیشگیری و حفاظت (جلد ۲)	مهندس محمدرضا نفری	۲۰۰/۰۰۰
۲۱	اصول خوردگی، سازوکارها، علل و روش‌های پیشگیرانه	مهندس محمدرضا نفری	
۲۲	راهنمای عملی شستشوی شیمیایی و رسوب زدایی سامانه‌های صنعتی	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰/۰۰۰
۲۳	بهسازی آب در صنعت	هادی چهره‌عالم	۴۰۰/۰۰۰
۲۴	راهنمای تجزیه و تحلیل از کارافتادگی سیستم آب برجهای خنک‌کننده	مهندس محمدرضا نفری	۶۰/۰۰۰
۲۵	راهنمای تجزیه و تحلیل از کارافتادگی دیگهای بخار	مهندس محمدرضا نفری	۴۰/۰۰۰
۲۶	اصول و کار پمپ و فرآیند	مهندس محمدرضا نفری	۹۵/۰۰۰
۲۷	بررسی روشهای ضدهفونی آبهای آشامیدنی بهداشتی و صنعتی	مهندس محمدرضا نفری	۳۹/۰۰۰
۲۸	اصول و کاربرد بازدارنده‌های خوردگی جلد یک	مهندس محمدرضا نفری	۶۰/۰۰۰
۲۹	اصول و کاربرد بازدارنده‌های خوردگی جلد دو	مهندس محمدرضا نفری	۶۷/۰۰۰
۳۰	اصول و کاربرد بازدارنده‌های خوردگی جلد سه	مهندس محمدرضا نفری	۶۸/۰۰۰
۳۱	راهنمای کار دستگاههای فرآیندی جلد یک و دو	مهندس محمدرضا نفری	هر جلد ۵۰/۰۰۰
۳۲	اصول خوردگی - سازوکارها، علل و روش‌های پیشگیرانه	مهندس محمدرضا نفری	۲۵۰/۰۰۰
۳۳	تکنولوژی و علم بسیار جلد یک	مهندس محمدرضا نفری	۶۶/۰۰۰
۳۴*	تکنولوژی و علم بسیار جلد دو	مهندس محمدرضا نفری	۶۹/۰۰۰
۳۵	حفاظت کاتدی کاربردی خطوط لوله و مخازن	دکتر شهرابی فراهانی، دکتر علی اف خضایی و مهندس طاهر شهرابی فراهانی	۱۰۰/۰۰۰
۳۶	نقش آب و کنترل خوردگی در صنایع	مهندس سیداحمد پیشنهادی	۵۵/۰۰۰
۳۷	رزین‌های پلی یورتان	مهندس سید محمود کثیریه، مهندس روح ا... رضا سلطانی و مهندس یاسر پناهی	۱۱۰/۰۰۰
۳۸	استانداردها، راهنمای آماده سازی سطوح و اعمال پوششهای حفاظتی	مهندس محمود کثیریه	۷۰/۰۰۰
۳۹	مواد افزودنی رنگ	مهندس سیدمحمود کثیریه، مهندس طاهره سماعی یکتا	۲۲/۰۰۰
۴۰	هوازدهی رنگ‌ها و پوشش‌ها	مهندس سید محمود کثیریه، دکتر فرشته رضایی	۱۰۰/۰۰۰
۴۱	مبانی تصفیه آب	دکتر محمود پیکری	۱۱۵/۰۰۰
۴۲	جلوگیری از خوردگی فلزات توسط حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده	دکتر احمد ساعتچی	۵۰/۰۰۰
۴۳	روش‌های بازرسی و نظارت بر خوردگی	دکتر محمد علی گلغزار	۱۵۰/۰۰۰
۴۴	مهندسی فاضلاب پنج جلدی	مهندس محمدرضا نفری	۶۱۰/۰۰۰

ردیف	نام کتاب	تألیف / ترجمه	قیمت (ریال)
۴۵	انتخاب مواد برای حداقل کردن خوردگی در صنایع شیمیایی نفت، گاز و پتروشیمی	دکتر احمد ساعتچی، مهندس فاطمه اصغرزاده جاوید و مهندس محسن صمدی خوشخو	۵۰/۰۰۰
۴۶	اسمز معکوس جلد ۱	مهندس محمدرضا نفری	۹۵/۰۰۰
۴۷	اسمز معکوس جلد ۲	مهندس محمدرضا نفری	۹۰/۰۰۰
۴۸	اصول و مبانی مهندسی خوردگی	مهندس منوچهر مداحی	۱۴۰/۰۰۰
۴۹	راه کارهای عیب زدائی در راکتورهای ناپیوسته متوالی	مهندسان مهدی سیفالهی، سمانه رحمانی و اکرم کاوه	۱۴۰/۰۰۰
۵۰	اصول و مبانی پایش خوردگی در صنعت	مهندس محمد حسن رستگار زارع	۶۹/۰۰۰
۵۱	تصفیه آب های صنعتی به ویژه در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی	مهندس محمدرضا نفری	۱۸۰/۰۰۰
۵۲	کاربرد سامانه های غشایی در صنعت آب	مهندس محمدرضا نفری	۱۶۰/۰۰۰
۵۳	مقدمه ای بر آزمون فراصوتی آرایه فازی	مهندس مصطفی مردانی خراط	۱۴۰/۰۰۰
۵۴	انتخاب مواد برای کاربرد در دماهای بالا	مهندس آرام اسعدی	۱۵/۰۰۰
۵۵*	پرتو نگاری صنعتی (فنون تصویرسازی)	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی	۱۵۰/۰۰۰
۵۶	آزمون های غیر مخرب (روش فراصوتی)	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی	۱۵۰/۰۰۰
۵۷	اصول آزمون ذرات مغناطیسی	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی	۱۵۵/۰۰۰
۵۸	مقدمه ای بر روش های الکتروشیمیایی خوردگی	دکتر آرش فتاح الحسینی	۳۵/۰۰۰
۵۹	مبانی مهندسی خوردگی	دکتر آرش فتاح الحسینی، دکتر احمد ساعتچی	۶۰/۰۰۰
۶۰	خوردگی فولادهای زنگ نزن	دکتر آرش فتاح الحسینی، دکتر احمد ساعتچی و مهندس پرویز محمدیان صمیم	۷۰/۰۰۰
۶۱	قطعات ریختگی آلیاژهای آلومینیم (خواص، فرایندها و کاربردها)	دکتر آرش فتاح الحسینی	۱۷۰/۰۰۰
۶۲	سازه های ضد اسید	مهندس پوریا آذریخت	۱۸۰/۰۰۰
۶۳	یون زدایی از آب و فرایندهای شیمیایی	مهندس نرگس اسماعیلی، مهندس فرهاد عبدالله فریدنی	۱۶۲/۰۰۰
۶۴	پیگمنت ها	مهندس شمس الدین استوار	۸۰/۰۰۰
۶۵	فرآیند تبدیل گاز به مایع	مهندس بیتا مهروری	۳۵/۰۰۰
۶۶	آب بندهای مکانیکی	مهندس مرتضی اقبالیان، مهندس علی آقا اکبری	۳۵/۰۰۰
۶۷	آزمون های آزمایشگاهی خوردگی و حفاظت - همراه با سوال و تمرین	دکتر محمدعلی گلغزار	۸۰/۰۰۰
۶۸	مبانی اکسیداسیون و خوردگی فلزات در دماهای بالا	دکتر احمد ساعتچی	۸۰/۰۰۰
۶۹	آماده سازی سطح برای رنگ آمیزی صنعتی - با ابزارهای دستی، ابزارهای قدرتی، سانتریفیوژ، پاشش ساینده و ...	مهندس حسن گلیمکانی	۱۰۰/۰۰۰
۷۰	CD مجموعه مقالات کنگره اول تا هشتم خوردگی	انجمن خوردگی ایران	۳۰۰/۰۰۰
۷۱	مجموعه مقالات هفتمین و هشتمین کنگره ملی خوردگی	انجمن خوردگی ایران	۱۰۰/۰۰۰
۷۲	مجموعه مقالات نهمین و دهمین کنگره ملی خوردگی	انجمن خوردگی ایران	۱۰۰/۰۰۰
۷۳	مجموعه مقالات یازدهمین کنگره ملی خوردگی	انجمن خوردگی ایران	۱۸۰/۰۰۰
۷۴	مجموعه مقالات دوازدهمین و سیزدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	هر یک ۱۰۰/۰۰۰
۷۵	مجموعه مقالات چهاردهمین و پانزدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	هر یک ۱۰۰/۰۰۰
۷۶	مجموعه مقالات شانزدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	۱۲۰/۰۰۰
۷۷	مجموعه مقالات هفدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	۱۴۰/۰۰۰
۷۸	کامپوزیت های خود ترمیم شونده	مهندس محمد عابدینی	۱۴۰/۰۰۰
۷۹	الکتروشیمی پیشرفته (مباحث بنیادی و کاربرد)	دکتر محسن لشگری	۷۲/۰۰۰
۸۰	پوشش های مقاوم به خوردگی جوی در مهندسی سطح	دکتر کریم زنگنه مدار	در دست چاپ
۸۱	طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) - مبانی و کاربردها (چاپ دوم)	دکتر میرقاسم حسینی، ایرج احدزاده	در دست چاپ
۸۲	-	-	-
۸۴	-	-	-
۸۵	-	-	-
۸۶	-	-	-
۸۷	-	-	-
۸۸	-	-	-

• شماره حساب ۷۰۰۸۱۴۴۹۷۵۹۳، بانک شهر، شعبه میدان فردوسی، کد ۳۳۹ به نام انجمن خوردگی ایران (بعد از واریز تصویر فیش به انجمن ارسال شود)
جهت دریافت و یا ارسال کتب فوق با دفتر انجمن با شماره تلفن ۸ - ۸۷ ۴۲ ۳۴ ۸۸ داخلی ۲ و یا شماره نمابر ۸۸۳۴۷۷۴۹ تماس حاصل نمایید.

اعضای حقوقی انجمن خورده‌گی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۱۰۱	مدیریت تولید برق گیلان	تولید نیروی برق (سیکل ترکیبی)	گیلان - رشت - شهر صنعتی - نیروگاه سیکل ترکیبی	۱۳۱۳۳۸۲۶۰۴
۵۱۰۲	شرکت ملی گاز منطقه یک گاز رسانی و فروش	گازرسانی و فروش طراحی و مهندسی - خطوط لوله و انتقال گاز	اهواز - جاده اهواز سربندر - شرکت ملی گاز	۰۶۱۳۴۴۴۰۰۷۱
۵۱۰۳	شرکت تولید مواد اولیه والیاف مصنوعی	تولید کننده دی متیل ترفتالات به عنوان ماده اولیه پلی استر	اصفهان - ۴۵ کیلومتری اصفهان جاده مبارکه - ص پ: ۸۱۶۵۵-۱۵۶۹	۳۱۳۳۳۵۲۴۱
۵۱۰۴	شرکت رنگسازی باژاک	رنگ‌سازی	تهران - خ ولی عصر - پایین 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 جمع‌آوری آبهای سطحی و فاضلاب	تهران - بلوار کشاورز - خ حجاب - ص پ: ۱۴۱۵۵-۱۵۹۵	۸۸۹۶۶۰۷۰
۵۱۰۷	سرمایه‌گذاری صنایع شیمیایی	تولید مواد پتروشیمی - مواد اولیه ساخت شوینده‌ها - تولید الکیل بنزن خطی (LAB)	اصفهان - ۱۵ کیلومتر ۱۵ جاده اصفهان به تهران - غرب نیروگاه شهید منتظری - کدپستی: ۸۳۳۵۱۴۴۱۱۴	۰۲۱-۲۲۰۵۹۸۶۸
۵۲۴۲	سرمایه‌گذاری صنایع شیمیایی	تولید مواد پتروشیمی - مواد اولیه ساخت شوینده‌ها - تولید الکیل بنزن خطی (LAB)	تهران - خ آفریقا - کوچه شهید سعیدی - شماره ۹۱	۲۲۰۵۹۸۶۷
۵۱۰۸	صنایع پلاستیک خوزستان	تولید ساخت فیلم ورق پلاستیک و ظروف یکبار مصرف	تهران - خ سیهید قرنی - خ موسی کلانتری - ساختمان ۲۰ - پلاک ۷۶ - طبقه ۴ - واحد ۲۲	۸۸۰۶۱۶۱
۵۱۰۹	پتروشیمی خراسان	پتروشیمی	بجنورد - ۱۷ کیلومتر ۱۷ جاده بجنورد شیروان - صندوق پستی ۱۴۱۳ - شرکت پتروشیمی خراسان	۰۵۸۳۲۳۴۵۶۰
۵۱۱۰	پتروشیمی آبادان	پتروشیمی	آبادان - کوی مطهری - ص پ: ۱۳۸	۰۶۱۵۳۲۶۰۰۲۱
۵۱۱۱	توانیر	تولید و انتقال نیروی برق ایران	تهران - میدان ونک - خ توانیر - ساختمان مرکزی توانیر	۲۷۹۳۴۰۰۹
۵۱۱۲	پتروشیمی تبریز	پتروشیمی	تبریز - ۷ کیلومتر ۷ جاده آذرشهر - مجتمع پتروشیمی تبریز دفتر مدیرعامل	۰۴۱۳۴۲۸۰۰۰۰
۵۱۱۳	لوله‌سازی اهواز	تولید لوله‌های نفت، گاز، شیمیایی، طراحی و مهندسی	تهران - خ بهشتی - ابتدای احمد قصر - کوچه دوم - پلاک ۱۹	۸۸۷۳۴۹۶
۵۱۱۴	ایریکت	تولید برق - تجهیزات پزشکی - صنعتی - استخراج از معادن - طراحی و مهندسی	انتهای خ گاندی شمالی - پ ۷، ص پ: ۱۹۳۹۵-۳۳۴۴	۸۸۷۷۸۱۱۶
۵۱۱۵	آب و برق خوزستان	نیروگاه‌های تولید برق	اهواز - جاده گلستان - ساختمان ۵ طبقه - سازمان آب و برق خوزستان - ص پ: 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	مهندسين مشاور دز آب	خطوط لوله و انتقال	اهواز - کوی گلستان ص پ: ۶۱۴ - کد پستی: ۶۱۳۳۵	۰۲۱۲۳۳۷۲۶۰۴
۵۱۱۹	تایید واتر	صنایع دریایی	میدان ولی عصر - خ فتحی شقاقی - شماره ۱۵ کد پستی: ۱۴۳۳۶	۰۲۱۸۸۵۵۳۳۳۱
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	۲۱۸۸۷۵۳۹۸۸

اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۱۲۷	شرکت تهران فایبر	نیروگاه تولید برق و فلزات و آلیاژسازی	تهران - خیابان فاطمی - مقابل خیابان حجاب شماره ۲۴۱ - طبقه اول واحد ۲ - کدپستی: ۱۴۱۴۶۵۷۹۴۴	۰۲۱۸۸۹۷۲۸۸۴
۵۱۲۹	شرکت نیروکلر	کارخانجات شیمیایی	تهران - خ ولی عصر - نبش استاد مطهری - کوچه افتخار - پ ۳۸ - ط ۲ - شماره ۲	۰۲۱۸۸۸۰۳۹۴۱
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	۲۱۲۲۶۴۴۶۹
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	۰۲۱۶۴۴۱۰۱۷۹
۵۱۳۴	شرکت گاز آذربایجان شرقی	خطوط لوله و مراکز تحقیقاتی	تبریز - خ ولی عصر - فلکه دانشگاه - خ تخت طاوس شرقی - جنب اداره استاندارد و بخش هجرت - مرکز آموزش	۴۱۳۴۳۸۱۸۱
۵۱۳۵	شرکت توسعه پوشش صنعت نوین	خطوط لوله و طراحی و مهندسی صنایع و ساخت تجهیزات	تهران - خ ولی عصر - نبش 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 - پ ۳ ط ۴ - کدپستی: ۱۵۱۱۷۶۸۱۱۵	۲۱۸۸۷۰۵۵۵۶
۵۱۴۰	موسسه تحقیقاتی امیرکبیر	مراکز تحقیقاتی آموزشی	خیابان ولیعصر - روبروی خ مطهری - خ فتحی شقایق - نبش 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 تراز پارک ساعی شماره ۱۰۹۱	۳۴۴۳۰۵۷۳۱
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	۶۵۲۲۵۵۲۳۲۰
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	۲۱۸۴۴۴۷۰۰۰
۵۱۵۶	شرکت پتروشیمی اراک	پتروشیمی، کارخانجات شیمیایی	تهران - خ ولی عصر - خیابان تابان غربی - پلاک ۶۸	۰ ۸۶ ۳۲۶۳۰
۵۱۵۸	پتروشیمی اصفهان	پتروشیمی - کارخانجات شیمیایی	اصفهان - کیلومتر ۵ جاده اصفهان - تهران - بلوار اختصاصی پتروشیمی	۳۱۳۳۹۲۲۷۰۱
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	۵۵۱۰۲۴۳۲۱۰
۵۱۷۹	شرکت پالایش نفت لاوان	پالایش	شیراز - ص پ: ۷۱۳۶۵-۵۶۸	۷۱۳۲۳۹۹۲۶
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	۰۳۱۳۲۳۵۲۴۶۷
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	۰۳۴۳۲۵۲۱۲۲۱

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	۰۵۱۳۵۴۳۱۸۰۵
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	۴۵۳۳۷۴۳۸۸۰
۵۲۲۴	شرکت پتروشیمی برزویه	پتروشیمی	بوشهر - منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس - صندوق پستی: ۷۵۳۹۱-۱۱۵	۰۷۷۲۷۳۳۳۲۵۰
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	۶۱۵۳۳۰۲۲۴۸
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	۰۲۱۸۱۳۳۸۳۹۵
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	۲۱۸۸۲۰۰۲۲
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	۰۲۱۸۱۳۰۷۲۴۹
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	۰۳۱۳۶۲۷۱۰۳۱
۵۲۴۷	شرکت ماشین‌سازی اصفهان	نیروگاه - پتروشیمی آلیاژسازی و مخازن - فولاد و سیمان	تهران - میدان آرژانتین - خیابان الوند - کوچه سی و یکم - پلاک ۴۸	۰۲۱۸۱۷۷۸۹۱۲
۵۲۴۸	شرکت بهریران	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	۲۱۸۱۷۳۹۹۲۴
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 - بعداز پل مدرس - شهید ۱۷۴ - برج آرین - طبقه ۸ شرقی - واحد ۳۱	۰۲۱۲۲۵۶۲۵۷

اعضای حقوقی انجمن خورده‌گی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۲۵۵	شرکت صنایع رنگ بوزان رزین	تولید کننده رنگ و رزین	تهران - خیابان فاطمی - پلاک ۲۰۱ - طبقه ۳ - واحد ۸	۲۱۸۸۹۶۳۵۸۸
۵۲۶۰	شرکت تولید و رنگ‌سازی اورانوس	تولید کننده رنگ و رزین	تهران - خیابان ولیعصر - خیابان زرتشت غربی - روبروی بیمارستان مهر - پلاک ۹۷ - طبقه سوم	۲۱۸۸۹۶۰۲۶۴
۵۲۶۱	شرکت راستا پوشش	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - نیروگاه‌های تولید برق	تهران - خیابان شریعتی - خواجه نصیرطوس - نبش - خیابان مقدم - پلاک ۲۹۴ - واحد ۴	۲۱۷۷۵۲۵۵۶۷
۵۲۶۲	نفت و گاز پارس		تهران - خیابان فاطمی - نبش پروین اعتصامیه - شرکت نفت و گاز پارس - پلاک ۱۳۳	۰۲۱۸۸۹۶۶۰۳۱
۵۲۶۵	شرکت پالایش گاز فجر جم	پالایش نفت و گاز	بوشهر - جم - شرکت پالایش گاز فجر جم - کدپستی: ۷۵۵۶۱۵۶۸۶۴	۰۲۱۸۸۹۶۶۰۳۱
۵۲۶۶	شرکت پتروشیمی کرمانشاه	پتروشیمی	کرمانشاه - کیلومتر ۴ جاده هرسین - پل چهر - کیلومتر ۴ جاده کمربندی شهید شفیعی - شرکت ملی صنایع پتروشیمی کرمانشاه دفتر تهران - ونک خیابان ملاصدرا - خ شیخ بهایی شمالی - کوچه سلمان - پ ۱۴	۰۲۱۸۸۲۱۱۳۲۱
۵۲۶۹	شرکت دریا پالا انرژی	پالایش نفت و گاز، پتروشیمی، شرکت‌های طراحی و مهندسی، مهندسین مشاور، نظارت و اجرا، تصفیه آب و غیره	تهران - خیابان میرداماد - خیابان شمس تبریزی جنوبی - کوی مریم - پلاک ۱۷	۲۱۲۲۹۱۱۳۹۰
۵۲۷۰	شرکت رنگ فیروزه شیراز	تولید کننده رنگ و رزین	شیراز - شهرک صنعتی بزرگ فاز دوم - خیابان ۴۱۳ - کدپستی: ۷۱۵۸۱-۸۵۴۸۸	۷۱۳۷۷۴۴۷۰۰
۵۲۷۵	شرکت پرشین فام صنعت	تولید کننده رنگ و رزین - نمایندگی شرکت‌های خارجی	تهران - خیابان خرمشهر - خیابان عربعلی - کوچه ۱۶ - پلاک ۱۸ - واحد یک و دو	۸۸۷۶۴۴۶۶
۵۲۷۷	شرکت سبلان هیدرو شیمی	تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - نمایندگی شرکت‌های خارجی	تهران - اتوبان همت خیابان شیراز جنوبی - خیابان یاس - پلاک ۶ - واحد ۷	۰۲۱۸۸۶۱۴۷۹۸
۵۲۸۹	شرکت گاز استان آذربایجان شرقی	خطوط لوله و انتقال	تبریز - خیابان آزادی - حد فاصل چهارراه لاله و خیابان رسالت - کد پستی: ۵۱۷۳۸۶۵۹۵۹	۰۴۱۳۴۴۴۸۰۸۱
۵۲۹۱	منطقه ۹ عملیات انتقال گاز	شرکت گاز	ساری - بلوار امیرمازندرانی - روبروی بیمارستان امام خمینی	۱۱۳۳۳۵۷۱۸۷
۵۲۹۳	رادین گستر سینا	ارایه دستگاه رسوب‌زدایی الکترونیکی - طراحی و مهندسی - نمایندگی شرکت‌های خارجی	تهران - خیابان سهروردی شمالی - نبش کوچه باسقی - پلاک ۳۶۸ - درب جنوبی - واحد یک	۲۱۸۸۵۲۷۷۷۹
۵۲۹۷	شرکت معدنی صنعتی گل گهر	-	سیرجان - کیلومتر ۶۰ جاده شیراز - شرکت سنگ آهن گل گهر	۳۴۵۲۲۹۰۰۱
۵۳۰۰	شرکت آذران‌رزی تبریز	شرکت‌های طراحی و مهندسی، اکتشافات، تولید و بهره‌برداری، 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 - پژوهشگاه مواد	-
۵۳۰۹	شرکت آریا اس جی اس	پالایش و پخش و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - صنایع دریایی - کارخانه‌های شیمیایی - استخراج نفت و گاز - تولید فولاد - کارخانه صنایع چوب و کاغذ - صنایع خودروسازی - خطوط لوله و انتقال - حمل و نقل ریلی - صنایع ساختمانی شامل فلزی و بتونی - صنایع و تجهیزات پزشکی - تولید کنندگان رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - نمایندگی‌های شرکت‌های خارجی - و مهندسین مشاور و نظارت اجرا	تهران - میدان توحید - خیابان نصرت غربی - پلاک ۱۹	۲۱۶۶۴۳۴۴۷

اعضای حقوقی انجمن خوردهای ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۳۱۴	دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول	علمی آموزشی	دزفول - کوی آزادگان - بلوار دانشگاه - ص پ: ۳۱۳	۰۶۴۱۶۲۶۰۶۰۱
۵۳۱۶	شرکت پتروشیمی پارس	پتروشیمی	بوشهر - منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارسکدپستی: ۷۵۳۹۱۴۶۴۸۴	۷۷۲۷۲۶۳۸۸۰
۵۳۱۷	شرکت پتروشیمی خوزستان	پتروشیمی	بندر امام خمینی - منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی - پتروشیمی خوزستان	۰۶۱۵۲۱۷۰۰
۵۳۲۰	شرکت آزمون فولاد	ارایه خدمات مهندسی مشاور نظارت و اجرا - آزمایشگاه خوردگی متالورژی، بازرسی فنی - آزمایشهای غیرمخرب متداول و پیشرفته فلزی، جوش - آموزش	اصفهان - خیابان محتشم کاشانی - پلاک ۱۱۰ - ساختمان آزمون فولاد -	۳۱۳۶۲۵۹۳۹۴
۵۳۲۱	شرکت پتروشیمی جم	پتروشیمی	بوشهر - شهرستان کنگان - منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی (عسلویه) سایت پتروشیمی - صندوق پستی: ۷۵۴۹۱-۴۱۵ - مدیریت آموزش	۷۷۲۷۲۲۳۳۴۶
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 ضدخوردگی سطوح خارجی و داخلی لوله های فولادی خطوط انتقال نفت، گاز، پتروشیمی و آب	اصفهان - ۳۵ کیلومتر جاده اصفهان، آیین - شهرک صنعتی سکر - فاز دوم - خیابان هفتم - آخرین کارخانه - سمت چپ - شرکت نیک محضر اسپادانا	۳۱۴۶۴۱۲۷۲۲
۵۳۲۸	دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت	مراکز آموزشی - مراکز تحقیقات	فارس مرودشت - ۳ کیلومتر 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 نوبنید - کوهستان دوم - پلاک ۳	۲۱۲۲۵۸۲۵۶۹

اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۳۳۷	صبا شیمی آریا	صنایع رنگ و رزین	تهران - خیابان شریعتی - خیابان ظفر - خیابان مهر - خیابان مطهری شمالی - خیابان خورشید - بن بست سعید - پلاک ۱	۲۱۲۶۴۰۰۵۴۶
۵۳۳۸	شرکت رنگ جوتن	صنایع رنگ و رزین	تهران - پارک وی - خیابان فرشته - کوچه هستی - پلاک ۱۸ - طبقه دوم - واحد ۱۲	۲۱۲۶۲۰۷۲۹۹
۵۳۳۹	شرکت شیمی آذر جام	طراحی و ساخت تجهیزات مقاوم به خوردگی گلاس لایند و فلوروپلیمر لایند PTFE, PFA, FEP, ECTFE که شامل انواع راکتور - مخازن - مبدل های حرارتی - برج های شیمیایی - لوله و اتصالات	تهران - میدان توحید ابتدای ستارخان - بن بست لادن - پلاک ۳ - واحد دو	۰۲۱۶۶۹۱۲۴۳۵
۵۳۴۰	شرکت تولید بازرگانی نیاشیمی	پالایش نفت و گاز - استخراج نفت و گاز - پتروشیمی - خطوط لوله و انتقال - صنایع رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - شرکت طراحی و مهندسی	تهران - سهروردی شمالی - بالاتر از آپادانا - خیابان توپچی - پلاک ۱۶	۲۱۸۸۷۳۷۲۲۸
۵۳۴۱	شرکت ایبک	پتروشیمی - خطوط لوله و انتقال - صنایع رنگ و رزین	تهران - ملاصدرا - برج ونوس - طبقه ۸ - واحد ۱۵	۲۱۸۸۶۱۳۷۳۲
۵۳۴۲	شرکت رنگ مکت	پالایش نفت و گاز - استخراج نفت و گاز - پتروشیمی - خطوط لوله و انتقال - صنایع رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - شرکت طراحی و مهندسی - همه موارد	تهران - خیابان آزادی - غرب دانشگاه صنعتی شریف - کوی صادقی - پلاک ۲۶ - واحد ۱۵	۲۱۶۶۰۶۴۸۶۸
۵۳۴۳	شرکت فرانکر زرفام	پالایش نفت و گاز - تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - صنایع خودرو سازی - خطوط لوله و انتقال - شرکت طراحی و مهندسی	جاده کهنز - بعد از سه راهی اسدآباد - کوی کشاورزان - پلاک ۱۳	۲۱۶۵۶۸۳۸۵۸
۵۳۴۴	شرکت مهندسی و بازرسی فنی مخازن آلیاژ دار	پتروشیمی - مراکز آموزشی - بازرسی فنی انواع مخازن تحت فشار - آزمایشگاه ذیصلاح آزمون انواع تیرآلات فولاد کلاس دو و تست دوره ای انواع کیسول های فشار بالا	تهران خیابان سهروردی شمالی - خیابان هویزه غربی - پلاک ۱۱۸	۸۸۷۶۱۶۹۶
۵۳۴۵	شرکت کراپ ایران	کارخانه شیمیایی - تولید روانسازهای خودرویی (شیمیایی و روغنی)	تهران - سهروردی شمالی - خیابان توپچی - پلاک ۲۲	۲۱۸۸۵۰۰۷۲۰
۵۳۴۶	شرکت مهندسین مشاور انرژی گستر	خطوط لوله و انتقال - شرکت طراحی و مهندسی	تهران - خیابان نجات 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 میرداماد - کوچه عمدی - پلاک ۴	۲۱۸۸۷۷۳۱۳۴
۵۳۵۶	شرکت جهان عایق پارس	تولید کننده انواع عایق	اصفهان - نجف آباد - شهرک صنعتی منتظریه - خیابان ۱۰۱ - پلاک ۱۲	۳۱۴۲۲۹۰۶۷۷
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	۰۳۱۲۷۸۶۲۱۲
۵۳۵۸	شرکت پاک گستر پرند	نمایندگی شرکت های خارجی	تهران - کوی نصر - خ کارگری (۲۹) - پلاک ۶۱ - طبقه همکف	۸۸۳۴۷۷۵۳
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 ۱۴۳۷۶۴۵۶۸۱۳	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	۲۱۸۸۸۹۵۱۰۳
۵۳۶۲	شرکت تولیدی صنعتی گیتی آسا	صنایع رنگ و رزین	اصفهان - کیلومتر ۵ بزرگراه آزادگان - مقابل پالایشگاه - خ ۲۳ / تهران - میدان جمهوری - خیابان نواب - برج گردون شرقی - قسمت شمالی - ط نهم - شماره ۹۰۲	۰۳۱۰۲۱۶۳۸۳۰۶۱ 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 - کدپستی: ۷۹۱۵۹۹۶۴۸۹۰	۰۷۶۳۲۱۹۲۵۶۰
۵۳۶۸	شرکت دلنا 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 - حذفاصل سهوردی 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 خودرو سازی - 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 ۳ کدپستی: ۱۴۶۱۷۳۳۶۹۳	۰۲۱۴۴۲۷۳۶۱۸

Iranian Corrosion Association at a Glance

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

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

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

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

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

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

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: H. Adelhani (Ph.D)

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

Editorial Bord (In Persian alphabetical order):

SH. Ahangarani (Ph.D)

M. R. Ghadimi (M.Sc)

E. Heshmat Dehkordi (Ph.D)

S. M. Kasiriha (M.Sc)

J. Neshati (Ph.D)

K. Kouzeh Kannani (M.Sc)

H. Omidvar (Ph.D)

M. Peykari (Ph.D)

F. Rezaei (Ph.D)

Graphics & Design: Hojjat Abbassian

Executive colleagues:

Najmeh Azimzadeh (M.Sc), Mohammadreza Nafari (M.Sc), Majid Shahmirzalou, Najmeh Sokhanvar

Publisher:

Iranian Corrosion Association, ICA

Commerce and Printing Affairs: Kian Hajilou (Sazeh Gostar Pars Company)

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

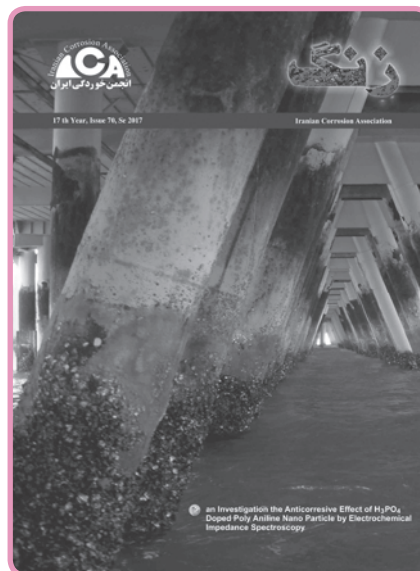
Price: 50000 RLS

ZANG

The Scientific, Educational, Promotive Quarterly

Journal of Iranian Corrosion Association (ICA)

17th Year, Issue 70, Dec 2017



Cover Image: Marine Pile Corrosion in Intertidal Zones

Content

Editorial	2
Industry tribune	3
Articl:	
an investigation the anticorrosive effect of H_3PO_4 doped poly aniline nano particle by electrochemical impedance spectroscopy	8
The Word of Corrosion:	
Corrosion Words	16
Corrosion Books Presentation	17
Corrosion Internet Sites	18
List of MP's articles	20
Tutorial:	
Cover Stiry	22
Corrosion in Industries	24
Coating	30
Quantification of Corrosion Consequences	37
Corrosion Monitoring	43
Association News:	
Training	50
News ICA	51
Book List	53
New Membership ICA	55