



زنگ

سال هجدهم، شماره ۷۳، تابستان ۱۳۹۷
فصلنامه علمی، آموزشی، ترویجی انجمن خوردگی ایران



سخن آغازین

۲

مقاله:

پدیده خوردگی و رسوب‌گذاری در مبدل‌های حرارتی
پوسته و لوله

۴

دنیای خوردگی:

واژه‌های خوردگی و حفاظت فلزات
معرفی کتاب
روی خط اینترنت
فهرست مقاله‌های مجله Material Performance

۱۶

۱۷

۱۸

۲۰

بیشتر بدانیم:

مدیریت خوردگی
حفاظت کاتدی
بازرسی و پایش خوردگی

۲۲

۳۰

۳۸

اخبار انجمن:

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

۵۰

۵۱

۵۳

۵۵

بسم الله الرحمن الرحيم

زنگ

صاحب امتیاز: انجمن خوردگی ایران
مدیر مسئول: دکتر ابراهیم حشمت‌دهکردی
سر دبیر: مهندس احمدرضا بحرانی

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

دکتر اسمعیل اکبری‌نژاد

مهندس محمدهادی جامعی

مهندس علیرضا حاتمی منفرد

دکتر فرشته رضایی

دکتر هادی عادل‌خانی

مهندس سید محمود کثیریها

مهندس کاظم کوزه‌کنانی

مهندس داریوش ماسوری

مهندس محمد نجمی

گرافیک و صفحه‌آراء: حجت عباسیان

همکاران انجمن (به ترتیب حروف الفبا):

نجمه سخنور، مجید شاه‌میرزاولو، نجمه عظیم‌زاده

ناشر: انجمن خوردگی ایران

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

- فصلنامه زنگ در ویرایش، رد یا قبول، حک و اصلاح مطالب آزاد است. مقاله‌های دریافتی به هیچ عنوان عودت داده نمی‌شود.
- مسئولیت صحت مطالب، ارقام و نمودارها بر عهده نویسندگان و مترجمان مقاله‌ها خواهد بود.
- مقاله‌ها و دیدگاه‌های مندرج در فصلنامه زنگ، لزوماً به معنای تایید آن از طرف انجمن خوردگی ایران نمی‌باشد.
- اقتباس و نقل مطالب و استفاده از تصاویر فصلنامه با ذکر ماخذ آزاد است.

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

کوچه بهبهان، پلاک ۱۱، واحد ۳

تلفن: ۸۸۲۷۳۳۴ و ۸۸۳۴۴۲۸۷-۸

دورنگار: ۸۸۲۷۳۳۴ و ۸۸۳۴۷۷۴۹

پایگاه اینترنتی: www.ica.ir

پست الکترونیک: zangjournal@ica.ir

قیمت: ۱۵۰/۰۰۰ ریال

سخن آغازین

به نام خدا

با سلام و آرزوی ایامی خوش توام با موفقیت و بهروزی برای یکایک اعضای حقیقی و حقوقی انجمن خوردگی، ملت شریف و فداکار ایران اسلامی.

به راستی تجربه چهل ساله مهندسی متالورژی، هسته‌ای، جوشکاری و خوردگی و گذراندن چندین سال در کشورهای اروپایی، آمریکای لاتین و آمریکای شمالی و بازدیدهای فنی از کشورهای مختلف واقعیت این است که ایران گذشته از ذخایر سرشار نفت و گاز که در رده دوم جهان می‌باشیم از نظر منابع کانی‌های فلزی و غیرفلزی نیز جایگاه ویژه‌ای دارد: تولید کننده آهن و فولاد، مس، آلومینیوم، منگنز، سیلسم و سلیس، کروم، مولیبدن، سرب و روی، فلزات نادر خاکی و تا حدودی منیزیم، سرامیک، سنگ و غیره به راستی کشور از منابع خدادادی چیزی کم ندارد ولی خیلی اوقات بازار کشور در اختیار محصولات بیگانگان قرار می‌گیرد. با هر کدام از تولیدکنندگان که صحبت می‌شود هیچ کس ضعفی در کیفیت مواد اولیه و مواد تولیدی بینا بینی مطرح نمی‌کند ولی در نهایت محصولات نهایی تولیدی کشور نمی‌توانند با محصولات خارجی رقابت کنند. اکثر کشورهای توسعه یافته و یا در راه توسعه برای مصارف جنس‌های خارجی این چنین فرش قرمز پهن نمی‌کنند. باید به خود آئیم و این قصور را به طریقی برطرف سازیم. به‌طور مثال تولید آلومینیوم ۷۰۷۵ شرکت آلومینیوم‌سازی داخلی برای ساخت بدنه هواپیما با آنالیز محصولات آمریکائی از نظر ترکیب شیمیایی یکی است ولی فیلتر کردن مذاب و صافش آن از دانش فنی خاصی برخوردار است تا ساختار مناسب و استحکام لازم تأمین گردد. محصولات فولاد مبارکه از بهترین محصولات فولادی در سطح جهان می‌باشد ولی تولید فولاد با مشخصه NACE برای محیط‌های ترش مجدداً دانش فنی خاص خود را دارد.

تولید فولاد ریل نیز به همین طریق از ویژگی‌های خاصی برخوردار است که این روزها شرکت ذوب آهن اصفهان به این مهم دست یافته است. پس ما اصول مهندسی را در تولید انبوه و مواد خام آموخته‌ایم ولی دانش فنی را برای تولید محصولات نهائی و پردازش آن‌ها که از دانش فنی خاصی برخوردار است را بی اهمیت تلقی کرده‌ایم. لذا باید از تولید انبوه به سمت تولید محصول با کیفیت بالا حرکت کنیم این موضوع نیاز به داشتن سامانه‌های کنترل کیفی، تضمین مرغوبیت و سایر شاخص‌های کنترل کیفی دارد. به راستی ایران کشور فوق‌العاده ثروتمند می‌باشد و همه دنیا اذعان دارند که ایران و منطقه خاورمیانه به درستی قلب ثروت جهان هستند و به همین خاطر است که قدرت‌های بزرگ نمی‌توانند نسبت به این منطقه بی‌تفاوت باشند و هر کدام به فکر دست‌اندازی به این منطقه می‌باشند. هیچ فکر کرده‌اید که اگر قاره اروپا بخواهد از منابع انرژی آمریکا استفاده کند چه مسافتی را این محصولات باید طی کنند در صورتیکه این محصولات انرژی را با کوتاه‌ترین فاصله و کم هزینه‌ترین روش از طریق دریا به دست مصرف کننده می‌رسد.



دکتر ابراهیم حشمت‌دهکردی
رئیس انجمن خوردگی ایران

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 عادل‌خانی، سردبیر: دکتر محمدعلی گل‌عذار

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

شماره تماس: ۸ - ۸۷ ۴۲ ۳۴ ۸۸ (داخلی ۲)

- فصلنامه علمی، ترویجی و آموزشی "زنگ"

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

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

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

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

شماره تماس: ۸ - ۸۷ ۴۲ ۳۴ ۸۸ (داخلی ۲)

پدیده خوردگی و رسوب‌گذاری در مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله

حمید رضا جوادى نژاد^{۱*}، محمود پیکری^۲، بهنام کاویانی^۳، سعید جلالی^۴، احسان سلطانی^۵،
مجتبی فرد افشاری^۶، محمدعلی گل‌عذار^۷

^۱ دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مواد، پردیس دانشگاه صنعتی اصفهان

^۲ استاد، دانشگاه صنعت نفت

^۳ رئیس واحد اکسیژن و هیدروژن

^۴ سرپرست تعمیرات واحد اکسیژن و هیدروژن

^۵ کارشناس تعمیرات مکانیک واحد اکسیژن و هیدروژن

^۶ کارشناس فرایند واحد اکسیژن و هیدروژن

^۷ استاد، دانشکده مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: hr.javadi@pa.iut.ac.ir

چکیده

تغییر شرایط اقلیمی و آب و هوایی ناشی از کاهش بارندگی، خشکسالی و یا تغییرات فصلی باعث برهم خوردن شاخص‌های کیفی آب و در نتیجه انحراف از وضعیت تعادلی و طبیعی می‌شود. در اثر تغییر این شاخص‌ها در آب ورودی به سامانه‌های خنک کننده، میزان عوامل خورنده و رسوب‌گذار از حد مجاز تجاوز می‌کند. این تغییرات می‌توانند منجر به بروز انواع مختلف خوردگی از جمله یکنواخت، حفره‌ای، گالوانیک، میکروبی و زیر رسوبی و رسوب‌گذاری شوند. مجموعه عوامل ذکر شده می‌تواند باعث کاهش انتقال حرارت، راندمان، سوراخ شدن و در نهایت از کارافتادگی مبدل و تجهیزات در تماس مستمر با آب شوند. عوامل فوق از یک طرف افزایش هزینه تولید، تعمیرات و خطر توقف واحد و از سوی دیگر خسارات جانی، روحی و روانی برای تیم‌های بهره‌بردار و تعمیرکار می‌تواند به دنبال داشته باشد. هدف از نگارش این مقاله، شناسایی مبدل‌های حرارتی، نحوه کارکرد آن‌ها، مواد مورد استفاده، متغیرهای بهره‌برداری و تاثیر آن‌ها بر راندمان کاری مبدل‌های حرارتی متداول و بررسی وضعیت خوردگی و رسوب‌گذاری در مبدل‌های حرارتی می‌باشد. همچنین سازوکارهای خوردگی و رسوب‌گذاری و نیز عوامل موثر بر آن‌ها مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت. همچنین در مورد اهمیت و نقش کیفیت آب ورودی به مبدل‌های حرارتی بحث خواهد شد.

کلمات کلیدی: مبدل حرارتی پوسته و لوله، خوردگی، رسوب‌گذاری، آنالیز آب؛

۱ - مقدمه

استفاده شود، برخی تخریب‌های غیر منتظره ناشی از استفاده از مواد اولیه نامرغوب یا معیوب، طراحی نامناسب، انحراف از شرایط کاری تعریف شده برای مبدل، وجود مقدار نامتعارف مواد خورنده در سیال‌ها، عدم بازرسی منظم و نگهداری نامطلوب رخ می‌دهد و باید راهکاری برای این شرایط در نظر گرفته شود [۳].

۱-۲ - خوردگی

۱-۱-۲ - خوردگی یکنواخت

در مبدل‌های حرارتی، خوردگی یکنواخت کمتر رخ می‌دهد و لذا در این رابطه آزمون‌های خوردگی یکنواخت کاربرد محدودتری دارند. علی‌رغم آنکه نرخ خوردگی یکنواخت^۱ برای فولادهای زنگ نزن و با آلیاژهایی نظیر کاپرونیکل در حضور کلراید (Cl⁻) قابل قبول است، اما این آلیاژها مستعد به خوردگی حفره‌ای و خوردگی توام با تنش هستند. لذا نمی‌توان به نتایج بدست آمده از نرخ خوردگی یکنواخت برای تعیین عمر این سازه‌ها اعتماد کرد [۴].

۲-۱-۲ - خوردگی گالوانیک

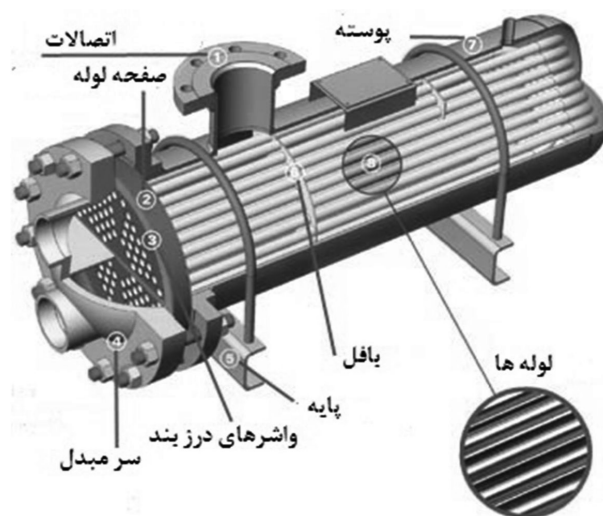
در مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله در اثر تماس بین لوله‌های نازک از جنس آلیاژهای مس و صفحه نگهدارنده فولادی، پیل گالوانیک تشکیل می‌شود. همچنین حتی در صورت استفاده از واشرهای آب بند آلومینیومی و پلیمری اگرچه شدت خوردگی گالوانیکی کاهش می‌یابد ولی باز هم امکان تشکیل پیل گالوانیک با قطعات فولادی وجود دارد. خوردگی گالوانیک^۲ از جمله متداول‌ترین انواع خوردگی در مبدل‌های حرارتی است. به‌عنوان مثال، خوردگی بافل‌های فولادی در تماس با لوله‌های از جنس آلیاژهای مس مانند کاپرونیکل در مبدل‌های پوسته و لوله را می‌توان ذکر نمود. همچنین در شرایطی که سیال با رسانایی جریان الکتریکی (الکترولیتی) با فصل مشترک اتصال این دو فلز ناهم جنس در تماس باشد، خوردگی گالوانیک با سرعت بیشتری رخ خواهد داد [۵].

۲-۱-۳ - خوردگی شیاری

بروز خوردگی شیاری^۳ در مبدل‌های حرارتی به اثبات رسیده است این نوع خوردگی درون شیارها و یا مناطق محبوس شده الکترولیت بر روی سطح فلزات اتفاق می‌افتد. همچنین در مواردی رسوبات تشکیل شده بر روی سطح فلزات باعث حبس شدن الکترولیت در داخل حفره‌ها/شیارها و در نتیجه بروز خوردگی شیاری و یا به عبارت دیگر خوردگی زیر رسوبی می‌گردند. به دلیل حجم کم محلول محبوس شده در شیار و همچنین تجمع شارژ مثبت حاصل از واکنش آندی در داخل شیار، شارژ منفی یا همان یون‌های کلراید به داخل شیار مهاجرت می‌کنند و در نتیجه شرایط برای ادامه خوردگی با شدت بیشتر در داخل شیار فراهم می‌شود.

از مبدل‌های حرارتی جهت گرمایش، سرمایش و یا تبدیل فاز انواع مواد سیال در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، نیروگاهی، فولاد و همچنین بسیاری صنایع دیگر استفاده می‌شود. جهت انتخاب مبدل حرارتی، عوامل مختلفی دخیل هستند. به‌عنوان مثال، حالت فیزیکی دو سیال و سپس وضعیت هر دو سیال از نظر دمای رفت و برگشت و همچنین حجم و دبی سیال باید مشخص باشد. مبدل‌های حرارتی انواع مختلفی دارند که بر اساس نحوه گردش و مسیر حرکت سیال، نحوه انتقال حرارت، مواد مورد استفاده در ساخت قسمت‌های مختلف مبدل و طراحی تقسیم‌بندی می‌شوند که در این خصوص می‌توان به مبدل‌های حرارتی دو لوله‌ای^۱، مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای^۲، مبدل‌های حرارتی پره‌دار^۳ و پوسته و لوله^۴ اشاره کرد [۱].

متداولترین و پرکاربردترین نوع مبدل‌های حرارتی مورد استفاده در صنعت، مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله^۵ هستند که برای کاربردها و در اندازه‌های مختلف طراحی و ساخته می‌شوند. نمونه‌ای از این نوع مبدل‌ها که در شکل ۱ نشان داده شده است به منظور تبخیر مایعات، کندانس کردن بخار و یا انتقال حرارت بین دو مایع استفاده می‌شود [۲].



شکل ۱ - اجزاء یک مبدل حرارتی پوسته و لوله [۲]

۲ - سازوکارهای تخریب در مبدل‌های حرارتی

طیف گسترده‌ای از مواد در ساخت مبدل‌های حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد ممکن است فلزی یا غیر فلزی باشند. به‌طور کلی در مورد انتخاب مواد برای مبدل‌های حرارتی و لوله‌ها، سازگاری ماده با سیال‌های فرایند و سایر مواد به کار رفته در ساخت مبدل، مهمترین عامل در طراحی به شمار می‌رود. با این وجود حتی زمانی که مواد به دقت انتخاب شده و از مواد و روش‌های مناسب بازدارنده خوردگی نیز

1 - Double tube heat exchanger
5 - Shell & tube heat exchanger

2 - Plate heat exchanger
6 - Uniform Corrosion

3 - Fin Heat Exchangers
7 - Galvanic Corrosion

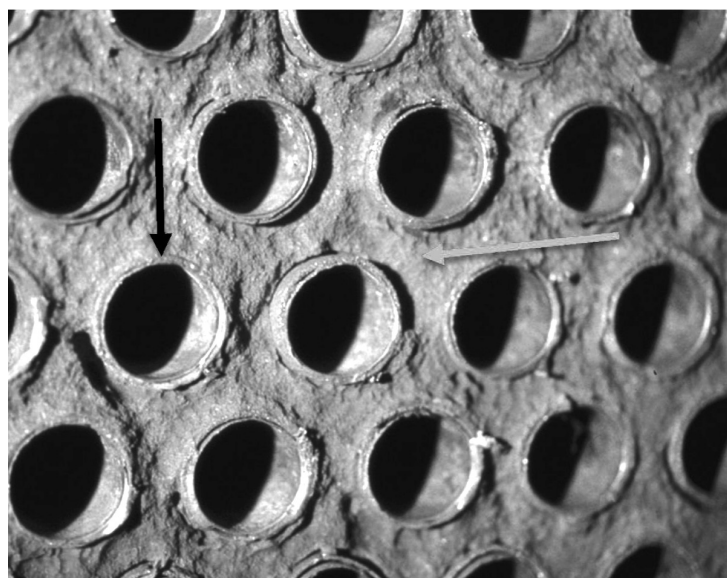
4 - Shell & tube heat exchanger
8 - Crevice Corrosion

همانند شکل ۳ در خوردگی حفره‌ای، حفره ایجاد شده به واسطه شرایط محیطی و یا عیوب متالورژیکی در نقش آند و بقیه سطح به‌عنوان کاتد عمل می‌کنند. هر چند به‌طور معمول تعداد کمی از حفره‌ها قابل مشاهده هستند، ولی حتی وجود تعداد اندک از آن‌ها نیز می‌تواند باعث آسیب رسانی به مبذل شود. ترک‌ها، رسوبات حاصل از لجن و مواد معلق، خراش سطحی، شکاف در لایه‌های نازک محافظ، شکاف در فیلم سطحی فلز و نیز میزان زبری، عواملی هستند که خوردگی حفره‌ای را تشدید می‌کنند. محل وقوع این خوردگی (درون یا بیرون لوله) به شرایط بهره‌برداری و نوع مبذل بستگی دارد. در صورت وجود سیال گازی و مایع در سامانه احتمال وقوع خوردگی حفره‌ای در سمت تماس لوله با سیال بیشتر است [۸ و ۹]. شایان ذکر است که در خوردگی حفره‌ای تعداد حفره‌های ایجاد شده ملاک ارزیابی نمی‌تواند باشد. آنچه مهم است و در تخریب لوله نقش اساسی دارد عمق عمیق‌ترین حفره است که می‌تواند منجر به سوراخ شدن لوله‌ها شود.

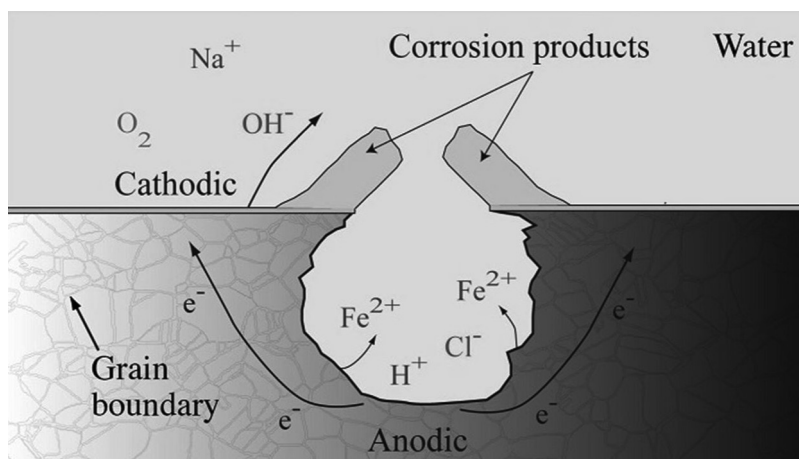
عدم تعادل در نسبت سطح کاتد به آند شرایطی بسیار خورنده را در داخل شکاف ایجاد می‌نماید که نتیجه آن تشکیل محیطی شدت اسیدی ($\text{pH} = 1-3$) می‌باشد. اسیدی شدن موضعی الکترولیت تاثیر زیادی بر افزایش نرخ خوردگی فلزات دارد. یون‌های فلزی تولید شده در اثر واکنش آندی و ترکیبات اکسیدی/هیدروکسیدی آن‌ها، محصولات خوردگی را تشکیل می‌دهند که ممکن است باعث مسدود شدن شیار گردد. تجمع بار مثبت در شیار جاذبی قوی برای بارهای منفی نظیر کلرایدها است [۶ و ۷]. در شکل (۲) وقوع خوردگی گالوانیک و شیاری در محل اتصال لوله‌های مبذل به صفحه لوله نشان داده شده است.

۲-۱-۴ - خوردگی حفره‌ای

خوردگی حفره‌ای^۱ یکی از رایج‌ترین انواع خوردگی در مبذل‌های حرارتی است. اگرچه جرم از دست رفته در خوردگی حفره‌ای ناچیز است ولی با گذشت زمان سبب سوراخ شدن موضعی لوله‌ها می‌گردد.



شکل ۲ - وقوع خوردگی گالوانیک و شیاری در محل اتصال لوله‌های مبذل به صفحه لوله (نشانگر سیاه خوردگی گالوانیک - نشانگر آبی خوردگی شیار) [۶ و ۷]



شکل ۳ - سازوکار وقوع خوردگی حفره‌ای در محیط آبی

نمونه‌ای از آن را در شکل ۴ می‌توان مشاهده نمود [۱۰].

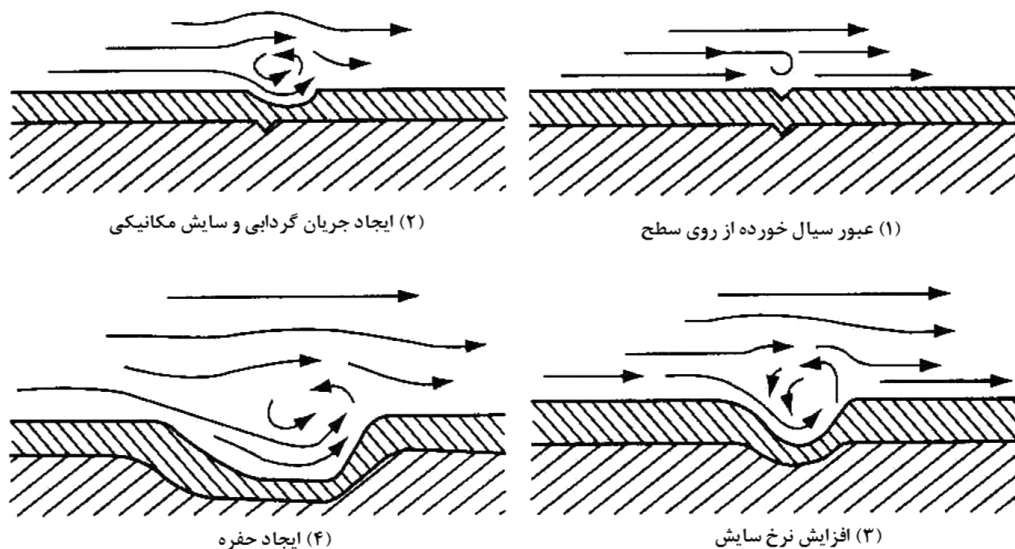
۲-۱-۵- خوردگی توام با تنش

یکی از مهمترین عوامل تخریب در لوله‌های ثابت مورد استفاده برای انتقال حرارت و در تماس با سیال خورنده، خوردگی توام با تنش (SCC) است. در مبدل‌های حرارتی با لوله ثابت، انبساط و انقباض ناشی از گرم و سرد شدن می‌تواند باعث ایجاد تنش‌های کششی و فشاری بر روی لوله‌ها و بافل‌ها شود. تحت چنین شرایطی، در حضور یون‌های مهاجم (به ویژه کلراید) احتمال وقوع خوردگی توام با تنش وجود دارد. در مبدل‌های پوسته و لوله از نوع لوله U شکل، خوردگی توام با تنش در محل انحنای لوله‌ها بیشتر است.

به‌طور کلی خوردگی توام با تنش بر حسب متغیرهای محیطی و جنس تجهیزات، سازوکارهای مختلفی دارد. بر اساس مورفولوژی شکست و نحوه رشد ترک نیز، خوردگی توام با تنش به دو دسته درون دانه‌ای و برون دانه‌ای تقسیم بندی می‌شود. قطعات از جنس فولادهای زنگ نزن آستنیتی و آلیاژهای مس در برخی محیط‌های خورنده بیشتر مستعد به خوردگی توام با تنش هستند که



شکل ۴- خوردگی توام با تنش در یک لوله مبدل حرارتی از جنس کاپرو- نیکل [۱۰]



شکل ۵- مراحل مختلف وقوع خوردگی سایشی [۱۲]

۲-۱-۷- آسیب‌های هیدروژنی^۱

جامد برنز و عنصر نیکل از محلول جامد مس - نیکل به‌طور ترجیحی خورده و جدا می‌شود. در چنین شرایطی در محل خوردگی، سطح متريال باقیمانده زبر و کاملاً متمایز از نواحی صاف مجاور است. در شرایط حاد، این نوع خوردگی نیز می‌تواند منجر به سراخ شدن لوله‌ها در مبدل‌های پوسته و لوله شود [۱۶].

۲-۲- رسوب‌گذاری

ایجاد رسوب یا فولینگ^۲ تأثیرات منفی قابل توجهی در کارایی مبدل‌های حرارتی دارد و می‌تواند در برخی موارد منجر به کاهش انتقال حرارت و افزایش مصرف انرژی شود. عوامل مختلفی از جمله pH، دما، میزان مواد و ذرات حل شده در آب (سیلیس، ذرات آهن و ...)، میزان تزریق مواد شیمیایی بازدارنده و کنترل کننده شرایط مناسب آب و اکسیژن محلول در آب بر عملکرد مبدل‌های حرارتی و رسوب‌گذاری در آن‌ها تأثیر گذار هستند. لذا بررسی و شناخت سازوکارهای ایجاد رسوب در این مبدل‌ها و استفاده از روش‌های مختلف جلوگیری از وقوع آن‌ها در حفظ بازدهی و کارایی آن‌ها دارای اهمیت زیادی است [۱۷].

۲-۲-۱- رسوب ذرات ریز معلق

نوع و مقدار مواد محلول، ذرات ریز و درشت غیر محلول و معلق در آب از جنبه رسوب‌گذاری اهمیت ویژه‌ای دارند. در شکل ۸، سازوکار تشکیل رسوب ذرات ریز معلق^۳ نشان داده شده است. ابتدا مواد معلق روی سطح انتقال حرارت جذب می‌شوند. رسوب‌گذاری در جهت شار حرارتی رخ داده و با گذشت زمان لایه رسوب ضخیم تر می‌شود. با این وجود واکنش‌های تجزیه و انحلال و همچنین فرایندهای تخریبی به ویژه فرسایش باعث کنده شدن و پراکندگی رسوبات در سامانه و تکرار چرخه رسوب‌گذاری می‌شوند [۱۷ و ۱۸].

۲-۲-۲- رسوب‌گذاری ناشی از خوردگی

یکی از مهمترین دلایل تخریب در مبدل‌های حرارتی، مربوط به خوردگی و رسوب‌گذاری داخلی ناشی از فعال شدن مکانیزم‌های مختلف خوردگی می‌باشد. در طی فرایند تشکیل رسوب ناشی از خوردگی^۴، کاتیون‌های موجود در آب در نزدیک سطح انتقال حرارت با مولکول‌های آب واکنش می‌دهند. رسوبات روی سطح انباشته شده و باعث به وجود آمدن مناطق آندی و کاتدی می‌شوند. چرخه واکنش الکتروشیمیایی، تولید یون و الکترون، تبادل بار الکتریکی و ایجاد رسوبات همانند شکل ۹، همچنان ادامه یافته و خوردگی منجر به رسوب‌گذاری بیشتر می‌شود. در صورتی که تجمع رسوبات بر روی جداره لوله‌ها به چند صدم میلی‌متر برسد، دمای جداره از حد مجاز تجاوز کرده و این امر موجب کاهش استحکام سازه فلزی و تشدید روند خوردگی خواهد شد [۱۹].

نفوذ هیدروژن با سازوکار نشان داده شده در شکل ۶ به درون اجزای فولادی در حین کارکرد مبدل، سبب ترد شدن آن‌ها می‌شود. وجود هیدروژن درون سیال در تماس با فلز در اثر افزایش دما یا کاهش pH می‌تواند به داخل فلز نفوذ کرده و سبب تردی شدن و ترک خوردن آن شود. هیدروژن با نفوذ به داخل فلز منجر به تردی هیدروژنی، خوردگی توأم با تنش با سازوکار ترک ناشی از هیدروژن^۵، کاهش انعطاف‌پذیری و در نهایت شکست و تخریب زود رس آن می‌شود. شکست مواد فلزی در اثر ترک ناشی از هیدروژن اغلب غیرقابل پیش بینی و گاه فاجعه‌بار است. در حقیقت برای وقوع شکست، بدون نیاز به اعمال نیروی خارجی و تنها وجود تنش‌های پسماند می‌تواند به‌عنوان منبع اعمال تنش عمل کند. آستانه تنش‌های اشاعه دهنده ترک معمولاً کمتر از تنش تسلیم ماده است. بنابراین ماده بدون اینکه تغییر شکل کافی دهد یا صدمات ظاهری آن قابل رویت باشد به صورت ناگهانی و در حقیقت در اثر یک شکست درونی تخریب می‌شود. حد تردی هیدروژنی به مقدار هیدروژن، دما، pH و مدت زمان تماس ماده با سیال وابسته است. هیدروژن با شعاع اتمی بسیار کوچک می‌تواند در طی فرایند ساخت، عملیات حرارتی و یا در حین کارکرد مبدل با گذشت زمان به درون قسمت‌های فلزی مبدل نفوذ کند [۱۳].

۲-۱-۸- خوردگی میکروبی

خوردگی میکروبی^۶ یا خوردگی ناشی از حضور میکروارگانیسم‌ها، به هر نوع از خوردگی گفته می‌شود که در آن میکروارگانیسم‌ها به‌عنوان عامل شروع کننده و یا پیشبرنده خوردگی نقش دارند. در شرایطی که آب موجود در مبدل‌ها حاوی میکروارگانیسم باشد و زیست‌کش‌ها متناسب با نوع و میزان آن‌ها تزریق نشوند، رسوب میکروبی^۴ و یا خوردگی میکروبی رخ خواهد داد. وجود میکروارگانیسم‌ها به‌عنوان عامل تأثیرگذار بر خوردگی، تسریع تخریب دیواره لوله‌های مبدل‌های حرارتی با سرعتی بیش از ۱۰ تا ۱۰۰۰ برابر شرایط معمولی رخ می‌دهد. لازم به ذکر است که در حضور آلودگی‌های بیولوژیکی و تشکیل رسوبات بیولوژیکی، امکان وقوع خوردگی شیبی، زیر رسوبی و حفره‌ای تشدید می‌شود. در شکل ۷، تخریب ناشی از وقوع خوردگی میکروبی در سطح لوله‌های مسی درون یک مبدل حرارتی پوسته و لوله نشان داده شده است [۱۴ و ۱۵].

۲-۱-۹- خوردگی انتخابی یا جدایش انتخابی

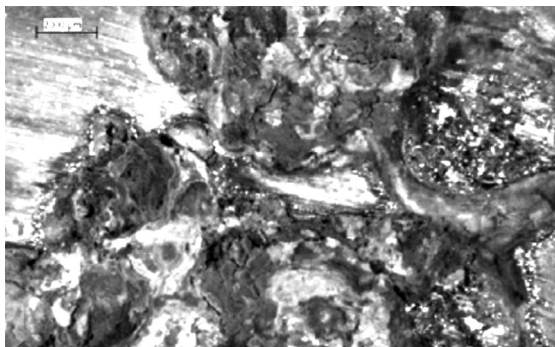
خوردگی انتخابی یا جدایش انتخابی عبارت است از خوردگی یکی از عناصر آلیاژی (عنصر فعال‌تر) در آلیاژهای محلول جامد (تکفازی). در مبدل‌های پوسته و لوله با لوله‌هایی از جنس برنج، برنز آلومینیوم و یا کاپرو نیکل، این نوع خوردگی مشاهده و گزارش شده است. در این رابطه، عنصر روی از محلول جامد برنج، عنصر آلومینیوم از محلول

1 - Hydrogen Damages
5 - Fouling

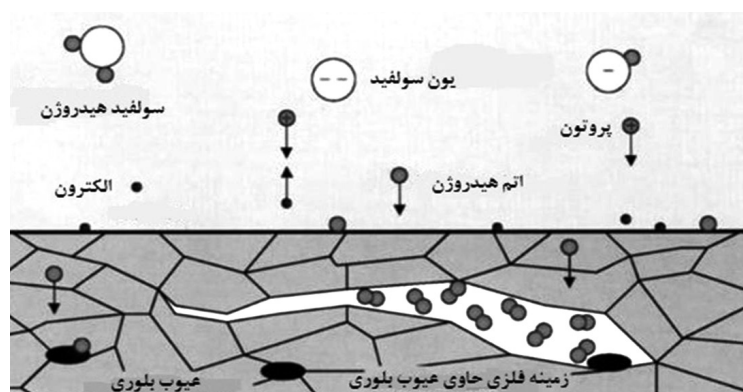
2 - Hydrogen Induced Cracking (HIC)
6 - Particulate Deposition Fouling

3 - Microbiologically Influenced Corrosion (MIC)
7 - Corrosion fouling

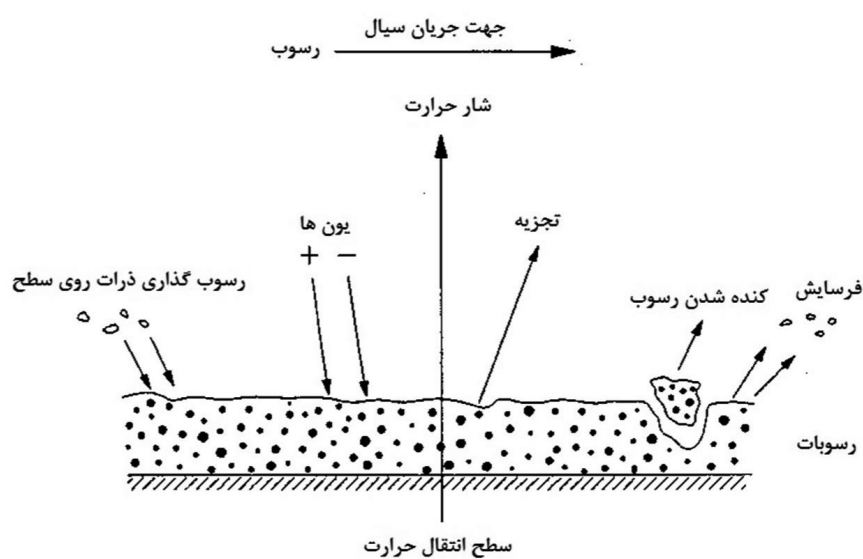
4 - Biofouling



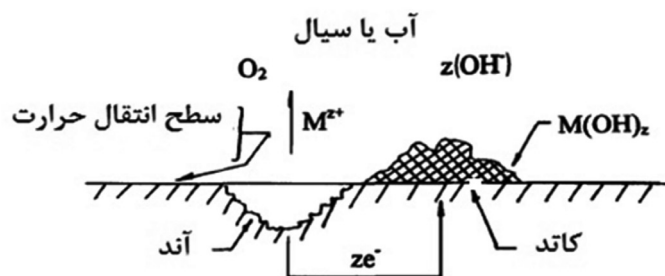
شکل ۷- وقوع خوردگی میکروبی در سطح لوله‌های مسی درون یک مبدل حرارتی پوسته و لوله [۱۵]



شکل ۶- سازوکار وقوع ترک ناشی از هیدروژن [۱۳]



شکل ۸- سازوکار رسوب گذاری ذرات ریز معلق [۱۸]



شکل ۹- سازوکار رسوب گذاری ناشی از خوردگی [۱۹]

۲-۲-۳- رسوب‌گذاری بیولوژیکی

رسوب‌گذاری بیولوژیکی یا بیوفولینگ^۱ ناشی از تشکیل بیوفیلم‌های میکروبی است. به‌عنوان مثال لایه لجن تشکیل شده روی سطوح برخی از تجهیزات صنعتی را می‌توان به‌عنوان نمونه‌ای از رسوب‌گذاری بیولوژیکی بر شمرده. رسوب‌گذاری بیولوژیکی در طیف گسترده‌ای از فرایندهای صنعتی یک پدیده متداول بوده و مشکلات زیادی ایجاد می‌کند. به‌عنوان مثال، در مبدل‌های حرارتی ایجاد رسوب بیولوژیکی موجب کاهش بازده انتقال حرارت و گاهی افزایش مقاومت در برابر جریان سیال می‌شود. تشکیل بیوفیلم به شرایط محیطی و خواص زیرلایه بستگی دارد. با تشکیل یک بیوفیلم، عوامل زیادی در زنده ماندن و مقاومت سلول‌ها اثرگذار هستند. چسبندگی سلول‌ها به سطوح، لازمه کلونیزه شدن آن‌ها است. با این حال ممکن است میکروارگانیسم‌های اتصال یافته به سطوح نتوانند تکثیر یابند و فقط به تنه‌های روی سطوح زنده بمانند. تجمع میکروارگانیسم‌های روی سطح یک مورد کلیدی در بهداشت سطوح و کنترل بیوفیلم است. عوامل تاثیر گذار در این رابطه به‌طور عمده شامل خواص زیرلایه، حضور مواد آلی، وجود میکروارگانیسم‌های قدرتمند در اتصال و البته شرایط محیطی می‌باشند. در شکل ۱۰ مراحل رسوب‌گذاری بیولوژیکی نشان داده شده است. همانگونه که در تصویر مشاهده می‌شود، ابتدا یک لایه از مواد معلق و ناخالصی‌های موجود در آب بر روی سطح فلز ته نشین می‌شوند. این لایه به‌عنوان یک محیط مساعد، میکروارگانیسم‌ها را به خود جذب نموده و به تدریج تعداد بیشتری از آن‌ها به سطح می‌چسبند. با گذشت زمان، میکروارگانیسم‌ها تشکیل کلونی میکروبی داده و رشد کرده و در نهایت یک بیوفیلم تشکیل می‌شود. فعالیت میکروارگانیسم‌ها متوقف نشده و با تکثیر آن‌ها بیوفیلم رشد بیشتری می‌یابد تا یک ترکیب فراسلولوزی ایجاد می‌شود. در این شرایط مواد حاصل از فعالیت زیستی میکروارگانیسم‌ها به صورت رسوب متراکم روی سطح فلز باقی می‌ماند [۲۰ و ۲۱].

۲-۲-۴- رسوب‌گذاری به علت تشکیل بلورهای جامد

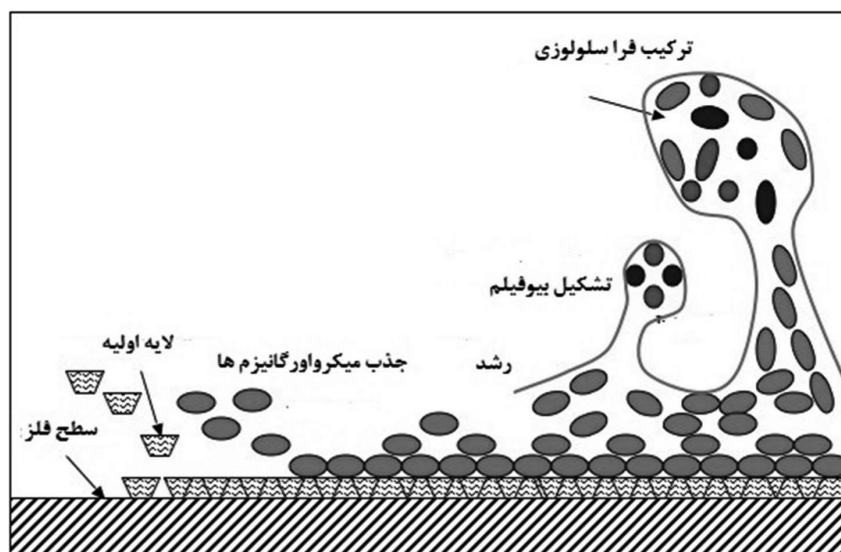
هسته‌های اولیه مواد جامد در واقع تسهیل کننده رسوب‌گذاری در سامانه هستند و عوامل زیادی از جمله گرد و غبار و ذرات معلق، رسوبات قبلی و نیز محصولات خوردگی می‌توانند به‌عنوان هسته اولیه در نظر گرفته شوند.

پس از جوانه‌زنی اولیه رسوب در یک محلول فوق اشباع، با گذشت زمان و تماس کافی بین محلول و جوانه‌های اولیه، ذرات رسوب رشد می‌کنند. با افزایش زمان تماس، امکان ایجاد رسوبات چسبنده‌تر، بیشتر خواهد شد.

مشخصات رسوب تشکیل شده در این شرایط به درجه فوق اشباع محلول، نوع ماده رسوب کننده، تعداد جوانه‌های اولیه، دما، فشار، اغتشاش و شرایط محیط بستگی دارد. به‌عنوان مثال، هم زدن تاثیر مهمی در مشخصات رسوب کربنات کلسیم دارد. در سامانه‌هایی که آب در گردش است، رسوبات کلسیم کربنات سفت، سخت و چسبنده هستند ولی در آب‌های ساکن، بلورهای کربنات کلسیم به صورت پودر نرم و غیر چسبنده روی سطح ماده تشکیل می‌شوند. در شکل ۱۱ چگونگی تشکیل و رسوب‌گذاری بلورهای جامد^۲ کربناتی نشان داده شده است [۱۷ و ۲۲].

۲-۲-۵- رسوب‌گذاری در اثر یک واکنش شیمیایی

تغییرات شیمیایی در رسوبات به صورت محلول انجام می‌گیرد. به‌عنوان مثال مواد محلول موجود در آب بر رسوبات موجود در این محیط‌ها اثر می‌گذارند. فرایندهای شیمیایی تشکیل رسوب در این حالت شامل واکنش‌های شیمیایی آلی و غیر آلی می‌باشند. یکی از عوامل مهم در فرایندهای شیمیایی منجر به رسوب‌گذاری و انحلال مواد بویژه کربنات کلسیم، تغییرات pH در محیط است. اسیدی و یا قلیایی بودن آب در انحلال مواد و رسوب‌گذاری آن‌ها موثر است. اسیدی یا قلیایی بودن محیط به میزان یون هیدروژن موجود در محیط یا pH در آب بستگی دارد. به همین خاطر هر قدر غلظت یون‌های H^+ زیادتر شود، pH کمتر



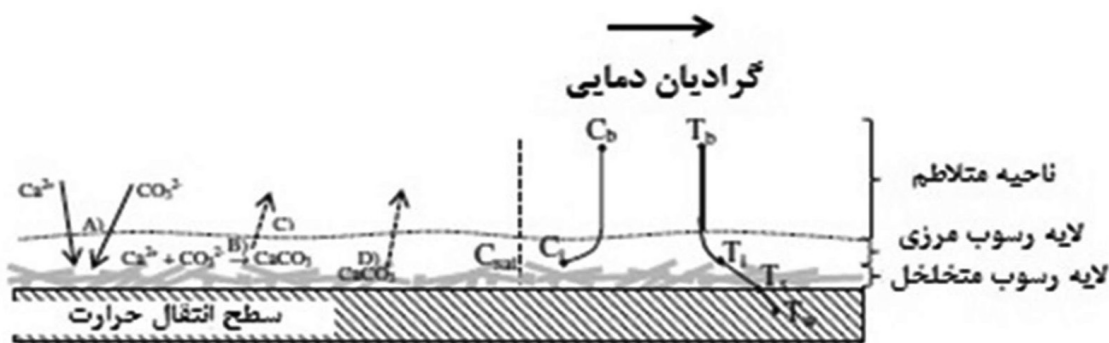
شکل ۱۰ - سازوکار رسوب‌گذاری بیولوژیکی [۲۱]

سختی، دی اکسید کربن، اکسیژن، کلراید، نیترات، فسفات و سولفات تا حد امکان اصلاح شود. در حقیقت، محیط‌های بیش از حد اسیدی یا قلیایی می‌توانند به ترتیب باعث بروز خوردگی یا رسوب گذاری شود که در صورت استفاده از آب سخت این پدیده تشدید خواهد شد. گازهای محلول در آب مورد استفاده در مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله همچنین با ایجاد تاثیر منفی بر سطح لوله‌ها می‌تواند از طریق انجام واکنش‌های الکتروشیمیایی تشکیل اکسید مس روی سطح لوله‌ها را افزایش دهد. وجود یون کلر در آب به دلیل داشتن ماهیت مهاجم و سینتیک نفوذ سریع می‌تواند مشکلات خوردگی را افزایش دهد. در $\text{pH} < 6$ نقش کلراید در بروز خوردگی بسیار بحرانی‌تر خواهد شد. در ادامه و در جدول ۱ نمونه‌ای از محدوده مجاز متغیرهای کیفی آب ورودی در برخی انواع مبدل‌های حرارتی آورده شده است. لازم به ذکر است که مقادیر توصیه شده بر اساس نوع مبدل، طراحی، مواد مورد استفاده در ساخت تجهیزات و کیفیت آب ورودی در مبدل‌های مختلف متفاوت است [۲۴].

و محیط اسیدی‌تر خواهد بود. این شرایط برای واکنش‌های خوردگی مساعدتر است که در ادامه می‌تواند منجر به رسوب‌گذاری شیمیایی نیز بشود. همچنین اگر غلظت یون‌های H^+ کم باشد، pH بیشتر شده و محیط قلیایی‌تر و در نتیجه شرایط مطلوب برای رسوب‌گذاری فراهم خواهد بود [۲۳].

۳- تاثیر کیفیت آب ورودی به مبدل‌های حرارتی بر خوردگی و رسوب‌گذاری

همانگونه که بیان شد، کیفیت آب مورد استفاده در مبدل‌های حرارتی از اهمیت زیادی برخوردار است. پیشنهاد می‌شود که آب ورودی به سامانه از کیفیت مطلوب برخوردار باشد و یا به عبارتی تا حد امکان فاقد آلودگی‌های شیمیایی و باکتریایی باشد. از آنجایی که آب مورد استفاده به‌طور معمول از منابعی نظیر آب چاه، رودخانه و یا دریاچه تامین می‌شود، لازم است که از طریق عملیات تصفیه یا فراوری مقدماتی پارامترهایی از جمله pH ،



شکل ۱۱ - سازوکار رسوب گذاری به علت تشکیل بلورهای های جامد [۲۲]

جدول ۱ - نمونه‌ای مقادیر مجاز شاخص‌های کیفی آب در برخی انواع مبدل‌های حرارتی [۲۴]

متغیر	مقدار مجاز (ppm)	توضیحات
pH	۶-۸/۵	
آمونیاک	صفر	
باکتری	تا حد امکان کم	
کلسیم	< 120	
کلر	< 5	
TDS	< 800	در صورت حضور مواد ساینده، < 500
آهن	۳	
نیترات	< 10	
ترکیبات نیتروژن	صفر	
نمک‌های اکسیدی و اسید	صفر	
اکسید سیلیسیوم	< 150	
سولفید	< 1	
اکسید گوگرد	< 50	

۴- روش‌های کنترل خوردگی و رسوب‌گذاری در مبدل‌های حرارتی

۴-۱- استفاده از افزودنی‌ها

یکی از مرسوم‌ترین و مناسب‌ترین روش‌های کنترل خوردگی و رسوب‌گذاری در مبدل‌های حرارتی، استفاده از مواد بازدارنده می‌باشد. انتخاب این نوع بازدارنده‌ها براساس شرایط عملیات فرایندی و آنالیز آب صورت می‌گیرد. به همین منظور جهت انتخاب مناسب‌ترین مواد بازدارنده خوردگی^۱ جلوگیری کننده از تشکیل رسوب با کارایی بالا، داشتن اطلاعات در مورد سازوکار تشکیل رسوب و خوردگی و سازوکار عملکرد بازدارنده‌ها در جلوگیری از این پدیده‌ها مفید و ضروری می‌باشد. سدیم هگزا متافسفات^۲ (SHMP) به خاطر کارایی نسبتاً خوب و قیمت پایین از بازدارنده‌های مورد استفاده می‌باشد. اما از معایب آن عدم پایداری و انحلال سخت آن در آب است. در حقیقت اگر هر سه روز به‌طور کامل همزده نشود، سدیم هگزا متافسفات به فسفات‌ها هیدرولیز شده و در آب‌های با pH قلیایی یا خنثی رسوب فسفات کلسیم را تشکیل خواهد داد. به همین دلیل استفاده از سدیم هگزا متافسفات به‌عنوان ماده بازدارنده رو به کاهش نهاده است.

ارگاتو فسفات‌ها^۳ ترکیبات پایداری نسبت به سدیم هگزا متافسفات بوده و خواص بازدارندگی و معلق نگه‌دارندگی مشابه SHMP را دارا هستند. اما برخلاف SHMP گروه‌های عاملی آن تجزیه نمی‌شوند. پلی اکریلیت‌ها با وزن مولکولی بالا (وزن مولکولی ۶ تا ۲۵ هزار) خاصیت معلق نگه‌دارندگی بسیار خوبی دارند. لیکن قدرت بازدارندگی آن‌ها در جلوگیری از تشکیل رسوب کمتر از پلی اکریلیت‌های با وزن مولکولی پایین است. گاهی اوقات مخلوطی از پلی اکریلیت‌های با وزن مولکولی بالا و پایین انتخاب شده تا هر دو خاصیت بازدارندگی و معلق نگه‌دارندگی در حد مطلوبی ایجاد شود. گاهی نیز از مخلوط ارگاتو فسفات‌ها و اکریلیت‌های با وزن مولکولی پایین برای ایجاد همین خصوصیات استفاده می‌شود [۲۵].

۴-۲- استفاده از اندیس‌های آب برای پیش‌بینی خوردگی و رسوب‌گذاری

قلیائیت عامل مؤثر بر خوردگی و رسوب‌گذاری آب است. برای مثال می‌توان گفت قلیائیت آب مورد استفاده در مبدل‌های حرارتی باید به اندازه کافی بالا باشد تا از خورده شدن قسمت‌های مختلف مبدل حرارتی جلوگیری شود. همچنین قلیائیت نباید به حدی بالا باشد که سبب رسوب‌گذاری و یا سبب ترک خوردگی قلیایی شده و ایجاد ترک در پوسته مبدل نماید.

قلیائیت با pH رابطه نزدیکی دارد به گونه ای که هر چه قلیائیت بیشتر باشد نشانگر بالاتر بودن غلظت هیدروکسیدها و کربنات‌ها است. بنابراین pH بالاتر می‌رود و محلول قلیایی‌تر می‌گردد.

قابلیت خوردگی یا رسوب‌گذاری آب به عوامل زیادی بستگی دارد که از مهمترین آن‌ها می‌توان به دما، سختی، pH، اسیدیته، قلیائیت، کلراید، کل جامدات محلول (TDS)، وجود گازها، نمک‌های محلول و میکروارگانیسم‌ها در آب اشاره کرد.

رسوب‌گذاری فرایندی است که در آن کاتیون‌های دو ظرفیتی مانند کلسیم و منیزیم با سایر مواد محلول در آب واکنش داده و به شکل لایه ای در سطح لوله در تماس با آب رسوب می‌کند. متداول‌ترین لایه رسوبی ایجاد شده در این فرایند از جنس کربنات کلسیم می‌باشد.

فرآیند رسوب‌گذاری سبب مشکلاتی مانند گرفتگی لوله‌ها، کاهش میزان جریان آب و افزایش افت فشار در شبکه می‌شود که این امر نیز افزایش هزینه بهره‌برداری تاسیسات آبی را به همراه دارد.

مهمترین شاخص‌هایی مورد استفاده برای تعیین رسوب‌گذار یا خورنده بودن آب در یک منطقه اندیس‌های لانژلیه^۴ (LSI)، رایزنر^۵ (RSI)، خوردگی^۶ (AI) و پوکوریوس^۷ (PI) می‌باشند.

شاخص اشباع لانژلیه بیانگر وضعیت آب به لحاظ خوردگی و رسوب‌گذاری است که به شرایط مختلفی از قبیل اسیدیته آب، TDS، غلظت کربنات، غلظت بی‌کربنات، دمای آب و قلیائیت بستگی دارد. نحوه محاسبه شاخص اشباع لانژلیه بر اساس محاسبه pHs (pH اشباع آب) می‌باشد. پس از محاسبه pHs مقدار شاخص محاسبه می‌گردد. طبق تعریف اندیس لانژلیه برابر است با:

$$pH = LSI - pHs \quad (1)$$

(محاسبه شده) (حقیقی)

در این رابطه: pH (حقیقی)، مقدار اندازه‌گیری شده توسط pH متر و pHs (محاسبه شده) مقدار به دست آمده از طریق محاسبه و تئوری هستند. در شکل (۱۲) نمودار لانژلیه نشان داده شده است.

شاخص پایداری رایزنر وابستگی میان حالت اشباع کربنات کلسیم و تشکیل پوسته را به صورت کمی نشان می‌دهد. شاخص رایزنر مقدار pHs به وسیله pH واقعی، غلظت یون‌های کلسیم، بی‌کربنات، TDS و دما را تعیین می‌کند. شاخص‌های لانژلیه و رایزنر تفاوت میان pH واقعی آب و pH اشباع توسط کربنات کلسیم را نشان می‌دهند.

این اندیس بر اساس مطالعه نتایج عملی روی آب‌ها با اندیس‌های اشباع متفاوت می‌باشد.

$$RSI = 2 pHs - pH \quad (2)$$

(محاسبه شده) (حقیقی)

در اندیس پایداری برابر با ۶ و یا کمتر، تمایل به رسوب‌گذاری افزایش و تمایل به خورنده بودن کم می‌شود. با اندیس پایداری بیش از ۷، امکان به وجود آمدن لایه‌های رسوبی کلسیم کربنات از بین می‌رود.

چنانچه اندیس پایداری از ۷/۵ الی ۸ بالاتر رود، خاصیت خوردگی آب افزایش می‌یابد. با استفاده مشترک از اندیس اشباع و اندیس پایداری می‌توان به‌طور دقیق‌تر خواص رسوب‌گذاری و یا خوردگی آب را پیش‌بینی کرد.

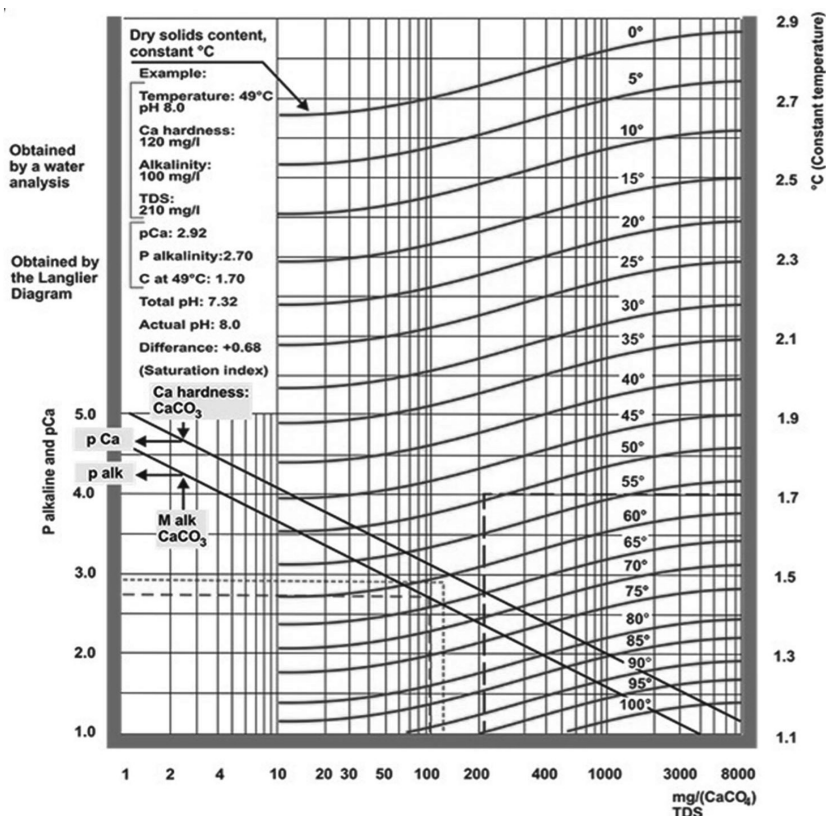
شاخص خوردگی اثر پارامترهایی نظیر pH، غلظت کلسیم و قلیائیت را بررسی می‌کنند. شاخص پوکوریوس بر پایه ظرفیت بافری آب است و بیشترین مقدار رسوبی را بیان می‌کند که برای ایجاد تعادل در آب می‌تواند تشکیل شود. این شاخص تجربی است و مقادیر عددی به دست آمده از آن مشابه مقادیر شاخص رایزنر است [۳۰-۲۶].

اندیس پوکوریوس برای آب‌هایی دارای $pH > 8$ کاربرد نسبتاً مناسبی دارد که در این حالت pH محلول بافری بوده و با قلیائیت رابطه مناسبی ندارد. در این حالت از pHeq استفاده می‌شود:

$$PI = 2pHs - pHeq \quad (3)$$

$$pHeq = 54/4 + (قلیائیت کل) \times 465/1 \quad (4)$$

اندیس پوکوریوس بزرگتر از ۶ نشان دهنده خورنده بودن آب و کوچکتر از آن دلیل بر رسوب‌گذار بودن آب می‌باشد. در جدول ۲ این شاخص‌ها مقایسه شده‌اند [۳۰-۲۶].



شکل ۱۲ - نمودار لانژیله

جدول ۲ - اطلاعات شاخص‌های پایداری آب [۲۶ - ۳۰]

وضعیت آب	دامنه شاخص	معادله	شاخص
رسوب گذار خشنی خورنده	$LSI > 0$ $LSI = 0$ $LSI < 0$	$LSI = pH_s - pH$	لانژیله (LSI)
رسوب گذار خشنی خورنده	$RSI < 6$ $6 < RSI < 7$ $RSI > 7$	$RSI = 2pH_s - pH$	رایزنر (RSI)
رسوب گذار خشنی خورنده	$AI < 10$ $10 < AI < 12$ $AI > 12$	$AI = [pH + \log[(A)(H)]]$	خورندگی (AI)
رسوب گذار خشنی خورنده	$PI < 6$ $PI = 6$ $PI > 6$	$PI = 2pH_s - pHeq$	پوکوریوس (PI)

نتیجه‌گیری

با توجه به نقش مهم مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله در تولید انرژی در صنایع مختلف، اطلاع از سازوکار کارکرد و نگهداری آن‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است. شرایط کاری خاص این تجهیزات باعث می‌شود که مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله در معرض انواع مختلفی از سازوکارهای تخریب قرار داشته باشند. عمده‌ترین این سازوکارهای تخریب، خوردگی و رسوب‌گذاری هستند. در این رابطه عوامل بسیاری می‌توانند تأثیر گذار باشند ولی نقش کیفیت آب ورودی بیش از سایر عوامل قابل تأمل است. تغییر کیفیت و تبخیر آب مورد استفاده در مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله در حین کارکرد، رسوبات و مواد جامد از خود به جا می‌گذارند که موجب بروز مشکلاتی خواهند شد. اثرات مشابه در اثر افزودن ترکیبات شیمیایی درون آب ورودی مشاهده شده است که می‌تواند علاوه بر ایجاد اختلال در فرایند تولید، موجب افزایش هزینه‌های بازرسی، تعمیر و تعویض قطعات نیز بشود. از این رو، کنترل کیفیت آب ورودی و در صورت نیاز بهبود کیفیت آب در این سامانه‌ها یک راهکار مفید و به صرفه می‌باشد. خوردگی و رسوب‌گذاری در مبدل‌های حرارتی بر حسب شرایط کاری، جنس مواد و کیفیت آب دارای انواع مختلف است که شناسایی آن‌ها اولین گام به شمار می‌رود. پس از تعیین سازوکار خوردگی و رسوب‌گذاری در قسمت‌های مختلف تجهیزات می‌توان روش بهینه برای مقابله با آن‌ها را انتخاب نمود. در این زمینه استفاده از اندیس‌های آب، یک راهکار کمکی است که نه تنها می‌تواند به پیش بینی وضعیت سامانه از لحاظ خوردگی و رسوب‌گذاری کمک کند، بلکه از صرف هزینه‌های سنگین و استفاده از مواد افزودنی که خود منجر به آسیب بیشتر می‌شود، جلوگیری نماید.

تشکر و قدردانی

از همکاری‌های ارزشمند و همه‌جانبه مدیریت، مسئولین و کارشناسان محترم واحد تحقیقات و اکسیژن شرکت فولاد مبارکه اصفهان در رابطه با فراهم نمودن امکانات لازم برای انجام و پیشبرد این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- [1] S.Kakaç; H.Liu, Heat Exchangers: Selection, Rating and Thermal Design (2nd ed.), CRC Press, 2002. ISBN 0-8493-0902-6.
- [2] U. Salahuddin, M. Bilal, and H. Ejaz, "A review of the advancements made in helical baffles used in shell and tube heat exchangers," International Communications in Heat and Mass Transfer, vol. 67, pp. 104–108, Oct. 2015.
- [3] K.Thulukkanam, Heat Exchanger Design Handbook, Second Edition-CRC Press (2013).
- [4] A.K. Sinha, "Aspects of Failure of Condenser tubes and their Remedial Measures at Power Plants", AGM (NETRA), NTPC Limited, AKS journal, 2010.
- [5] Mars G. Fontana, "Corrosion Engineering", third edition, McGrow Hill Book Company, 1987.
- [6] L.Lazzari, Engineering Tools for Corrosion Design and Diagnosis A volume in European Federation of Corrosion (EFC) Series, 2017.
- [7] http://www.corrosionclinic.com/types_of_corrosion/crevice_corrosion.htm
- [8] J.Xie, K.Yazdanfar, M.Butcher, T.Rockwell, "Corrosion of a Shell-and-Tube Heat Exchanger", NACE International, 2013.
- [9] K. M. Deen, M. A. Virk, C. I. Haque, R. Ahmad, and I. H. Khan, "Failure investigation of heat exchanger plates due to pitting corrosion," Engineering Failure Analysis, vol. 17, no. 4, pp. 886–893, Jun. 2010.
- [10] S.Xu, C.Wang, W.Wang, "Failure analysis of stress corrosion cracking in heat exchanger tubes during start-up operation", Engineering Failure Analysis, 51(2015) 1–8.
- [11] B. Kuźnicka, "Erosion–corrosion of heat exchanger tubes," Engineering Failure Analysis, vol. 16, no. 7, pp. 2382–2387, Oct. 2009.
- [12] <http://www.corrosionlab.com/papers/erosion-corrosion/erosion-corrosion.htm>
- [13] A. S. El-Amoush, "Hydrogen induced cracking and pitting of brass heat exchanger tube," Materials Science and Technology, vol. 24, no. 6, pp. 711–717, Jun. 2008.
- [14] E. Huttunen-Saarivirta, M. Honkanen, T. Lepistö, V.-T. Kuokkala, L.Koivisto, and C.-G. Berg, "Microbiologically influenced corrosion (MIC) in stainless steel heat exchanger," Applied Surface Science, vol. 258, no. 17, pp. 6512–6526, Jun. 2012.
- [15] H.H.Almahamedh, "Microbiologically Influenced Corrosion of Heat Exchanger Tubes", NACE International, 2014.
- [16] Mars G. Fontana, "Corrosion Engineering", third edition, McGrow Hill Book Company, 1987.
- [17] T.R.Bott, Fouling of Heat Exchangers, Elsevier, 1995.
- [18] S.N.Kazi, G.G. Duffy, X.D. Chen, "Fouling and fouling mitigation on heated metal surfaces", Desalination, vol. 288, pp. 126–134, January. 2012.
- [19] E. F. C. Somerscales, "Fundamentals of corrosion fouling," Experimental Thermal and Fluid Science, vol. 14, no. 4, pp. 335–355, May 1997.
- [20] C. J. L. Taylor, "The effects of biological fouling control at coastal and estuarine power stations," Marine Pollution Bulletin, vol. 53, no. 1–4, pp. 30–48, Jan. 2006.
- [21] <https://en.wikipedia.org/wiki/Biofouling>
- [22] T. M. Pääkkönen, M. Riihimäki, C. J. Simonson, E. Muurinen, and R. L. Keiski, "Modeling CaCO₃ crystallization fouling on a heat exchanger surface – Definition of fouling layer properties and model parameters," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 83, pp. 84–98, Apr. 2015.
- [23] A. P. Watkinson and D. I. Wilson, "Chemical reaction fouling: A review," Experimental Thermal and Fluid Science, vol. 14, no. 4, pp. 361–374, May 1997.
- [24] MTS Systems Corporation, Heat Exchanger Care and Water Quality Guide, 2005.
- [25] E.W. Flick, Corrosion inhibitors: an industrial guide, Noyes Publications (1993).

[۲۶] م. پیکری، ا. مهربانی، میانی تصفیه آب، ارکان دانش، ۱۳۹۱.

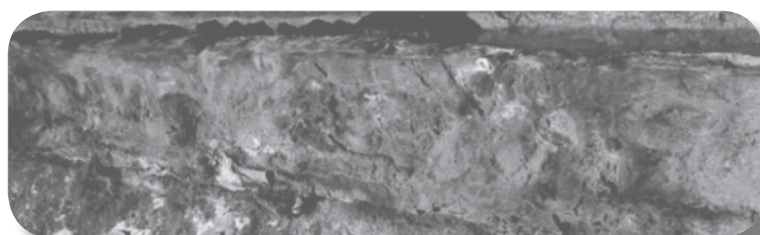
[۲۷] م. پیکری، ا. کرباسیان، آزمایش‌های آب، ارکان دانش، ۱۳۹۱.

[28] Aquaprox, Treatment of cooling water, springer, 2009.

[29] Robert N. Reid, P.E., Water Quality Systems: Guide For Facility Managers, second edition, 2003.

[۳۰] م. ع. گلزار، پیکری، روش‌های بازرسی و نظارت بر خوردگی، ارکان دانش، ۱۳۸۷.

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

واژه‌های مصوب خوردگی که 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

استحکام تسلیم yield strength

میزان تنش که یک فلز می‌تواند بدون انحراف از تناسب میان کرنش و تنش تحمل کند

استرهای فسفاتی phosphate esters

نوعی فسفات‌های آمینی برای جلوگیری از خوردگی و رسوب‌گذاری و ممانعت از تشکیل اکسیدهای فلزی در سامانه آب خنک‌کن می‌شود

اسیدپاشی پُرفشار acid slugging

پاشیدن محلول اسیدی با فشار برای حل کردن پوسته‌ها و رسوبات سطحی تجهیزات صنعتی در حال کار

اسید سخت hard acid

یک اسید لوئیس با قطبش‌پذیری پایین و اندازه کوچک و حالت اکسایش مثبت بالا و فاقد الکترون‌های لایه خارجی که به‌سادگی برانگیخته شوند

افتادگی دانه grain dropping

از جا در آمدن یا جدا شدن دانه‌ها از سطح فلز بر اثر خوردگی مرزدانه‌ای

اُفت اُهمی ohmic drop

نوعی بیش‌پتانسیل ناشی از مقاومت برق‌کاف در برابر عبور جریان الکتریکی

اُفت قطبش polarization decay

اُفت پتانسیل الکترود در طول زمان به دلیل قطع جریان اعمالی

افزودنی additive

ماده‌ای که برای بهبود کارایی فرآورده نهایی به ماده دیگر می‌افزایند

افزودنی مکمل خنک‌کننده supplemental coolant additive, SCA

ماده افزونی شیمیایی که به سامانه‌های خنک‌ساز انواع موتور افزوده می‌شوند تا علاوه بر خنک کردن، از خوردگی آنها جلوگیری کند

افشانش ایستابرقی electrostatic spraying

رنگ زدن با استفاده از دستگاهی که در آن قطرات یا ذرات بسیار ریز رنگ به‌صورت باردار بر سطح قطعه دارای بار مخالف پاشیده و به‌خوبی جذب می‌شوند

افشانش بادی air spray

نوعی پوشانش افشانه‌ای که در آن ماده پوششی بر اثر اختلاط با هوای فشرده بسیار ریز می‌شود

افشانش پلاسمایی plasma spraying

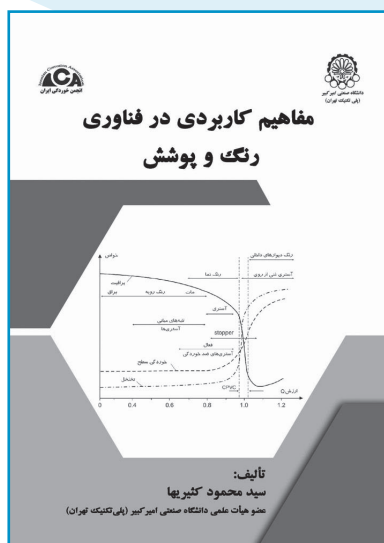
نوعی افشانش گرمایی که در آن ماده پوششی بر اثر گرمای حاصل از قوس انتقال‌ناپذیر مشعل پلاسمایی ذوب و بر سطح افشانه می‌شود

افشانش شعله‌ای flame spraying

نوعی افشانش گرمایی که در آن ماده پوششی با تزریق در شعله اکسی‌سوخت گازی به‌صورت مذاب درمی‌آید و سپس بر سطح موردنظر پاشیده و به‌خوبی جذب آن می‌شود

افشانش فشاری airless spraying, hydraulic spraying

فرایندی که در آن پوش‌رنگ با فشار زیاد از یک روزنه به‌صورت ذرات ریز به بیرون رانده می‌شود



عنوان کتاب: مفاهیم کاربردی در فناوری رنگ و پوشش

مؤلف: مهندس سید محمود کتیریا

انتشارات: انجمن خوردگی ایران با همکاری دانشگاه صنعتی امیرکبیر

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

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

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



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

مترجم: مهندس محمدرضا حامدغفاریان

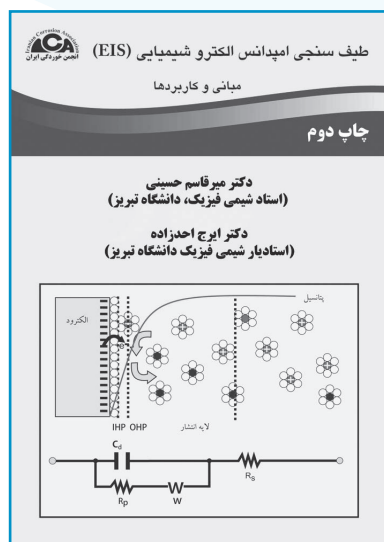
انتشارات: انجمن خوردگی ایران

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

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

این کتاب توسط آقای مهندس محمدرضا حامدغفاریان از اعضای برجسته انجمن خوردگی ایران به فارسی ترجمه شده است. ایشان مهندس سرویس‌های جانبی (یوتیلیتی) در فازهای ۶ و ۷ و ۸ پارس جنوبی بوده ...

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



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

مؤلفین: دکتر میرقاسم حسینی و دکتر ایرج احدزاده

انتشارات: انجمن خوردگی ایران

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

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

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

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

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه، سال نشر: ۱۳۹۷، تعداد صفحه: ۳۴۳، قیمت: ۲۲۰/۰۰۰ ریال

روی خط اینترنت

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

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

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

فراخوان

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

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

www.ica.ir



اولین نمایشگاه بین‌المللی صنعت گاز ایران
1st Iran Int'l Gas Show

اولین نمایشگاه بین‌المللی صنعت گاز ایران

۱۰ لغایت ۱۳ شهریور ۱۳۹۷

در تهران، مرکز نمایشگاه‌های بین‌المللی شهر آفتاب
برگزار می‌گردد.

MINEX 2018
Iran's International Mines & Mining Industries Exhibition

هفتمین همایش و نمایشگاه
بین المللی فرصتهای سرمایه گذاری در
معدن و صنایع معدنی ایران
۱۷ تیرماه ۱۳۹۷ (مهرماه امام خمینیه) - شبستان

7th International Investment Opportunities in Iran's Mines & Mining Industries Exhibition & Conference
Imam Khomeini Musalla - Shabestan, Tehran-Iran
October 9-11, 2018

www.minex.ir

88 54 88 45 - 9

www.minex.ir

شرکت نمایشگاههای آرکا نمایش پارس

شرکت توسعه و صنعتی آرکا

چهارمین همایش و نمایشگاه
ملی تجهیزات و مواد آزمایشگاهی
صنعت نفت ایران

مکان برگزاری: مجتمع نمایشگاهی گفتگو

ثبت نام در نمایشگاه: ۳۰ تیرماه ۱۳۹۷
ثبت نام در همایش: ۳۰ مرداد ۱۳۹۷
مهلت ارسال کامل مقاله: ۳۰ مرداد ۱۳۹۷

با حضور مدیران، متخصصین آزمایشگاه کنترل کیفیت صنعت نفت

برگزاری کارگاه تخصصی: معرفی تغییرات اجرای استاندارد ISO 17025:2017 با ارائه مدرک بین المللی

نشانی: تهران/توپان صیادشیرازی / مسپیل پاختر/پلاک ۱۷

تلفن: ۰۲۱۲۳۵۰۷۷۰۹ / ۰۲۱۲۳۳۳۷۸۱۸

www.iranlabconf.ir / iranlabconf@gmail.com

iMat 2018
7th International Conference & Exhibition on Materials Engineering and Metallurgy
Tehran-Iran October 9-11, 2018

هفتمین کنفرانس و نمایشگاه بین المللی مهندسی مواد و متالورژی
۱۷ تیرماه ۱۳۹۷ - تهران

گردهمایی بزرگ زنجیره صنایع معدنی و متالورژی

Conference Topics:
Casting and Solidification
Industrial Metallurgy
Extractive Metallurgy
Physical Metallurgy and Materials Science
Engineering Materials
Strategic Management and ronment
Simulation

محورهای کنفرانس:
مواد معدنی
متالورژی صنعتی
متالورژی استخراجی
متالورژی فیزیکی و علم مواد
ریخته گری و ایجاد
مدیریت راهبردی و محیط زیست
شبیه سازی

شروع پذیرش مقالات: ۱۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷
آخرین مهلت ارسال متن کامل مقالات: ۱۰ شهریور ماه ۱۳۹۷

Full-Text Paper Submission Deadline: 01 September 2018
Conference: 9 and 10 October 2018

ISC CIVILICA

تلفن: +982188308626
Cell: +989121890956
www.imatconf.com
info@imatconf.com
exhibition@imatconf.com

سازمان نمایشگاهها: EXPOPARS

12th Conference on MAINTENANCE

بهره وری و صیانت از سرمایه های ملی

آخرین مهلت ارسال مقالات و تجارب: ۱ آبان ماه ۹۷

همراه با برگزاری:
نشست های تخصصی
کارگاه های آموزشی
نمایشگاه جانبی با حضور سازمان های فعال صنعتی

ارکان کنفرانس:
رئیس کنفرانس: دکتر فرشید رعایت صنعتی
دبیر علمی: دکتر محمد ریاحی
دبیر اجرایی: مهندس هوشنگ رستمیان

جهت اطلاع از مجورها، اخبار کنفرانس و نحوه ارسال مقالات به سایت www.conf.isc.gov.ir/irma12 مراجعه فرمائید.

ISC

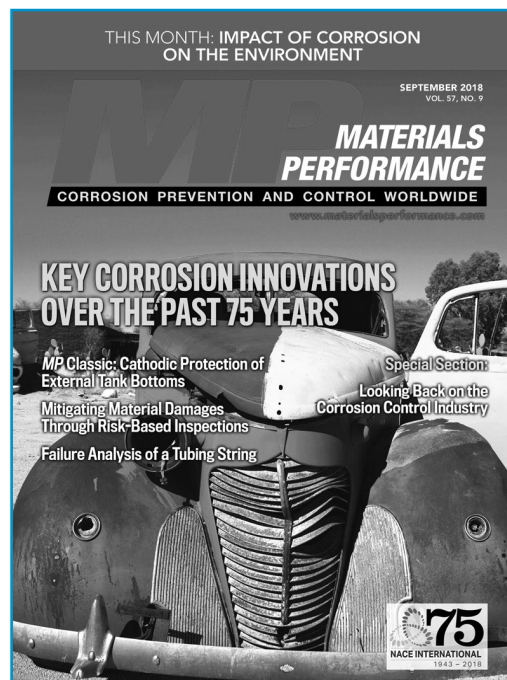
نشانی: دبیرخانه: تهران، میدان صیانت، خیابان هور، پیروزن جنوبی، کوچه پنجم، ساختمان لری، طبقه همکف
تلفن: ۰۲۱-۸۸۲۸۸۸۸۸ / ۸۸۲۸۸۸۸۸
www.irma12.ir
conf12@irma12.ir

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 می‌تواند مفید باشد. فصلنامه زنگ، به منظور آشنایی خوانندگان با عناوین مقاله‌های این نشریه، فهرست مقاله‌ها منتشر شده در آن را ارائه خواهد نمود تا هر یک از خوانندگان بر اساس زمینه کاری خود از مقاله‌های این مجله بهره‌مند گردند. در این شماره از مجله تصاویر جلد مجله Material Performance آورده شده است و علاقمندان می‌توانند جهت مشاهده و مطالعه متن کامل مقاله‌ها به پایگاه اینترنتی <http://mp.epubxp.com> مراجعه نمایند.



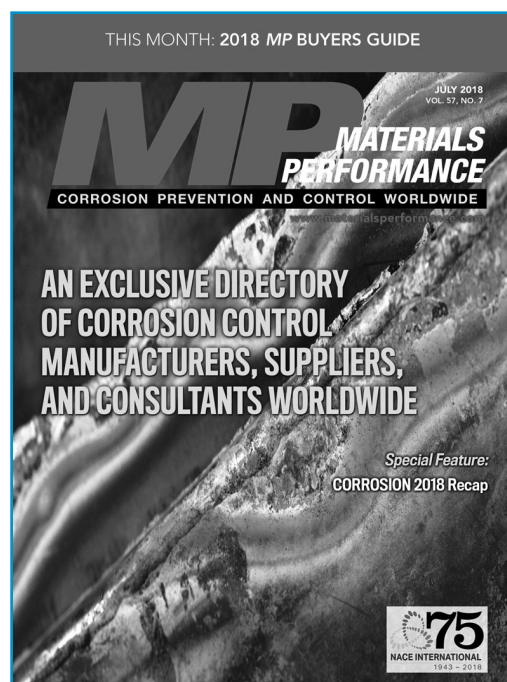
OCT 2018
VOL. 57, NO. 10



SEP 2018
VOL. 57, NO. 9



AUG 2018
VOL. 57, NO. 8



JUL 2018
VOL. 57, NO. 7

بیشتر بدانیم

بیشتر بدانیم



● مدیریت خوردگی

طرح‌ریزی استقرار نظام جامع مدیریت خوردگی مطالعه موردی در شرکت‌های گاز استانی زنجان، اصفهان و مرکزی

● حفاظت کاتدی

استفاده از روش قطبشی (پلاریزاسیونی) برای انتخاب معیار حفاظت کاتدی کف مخزن

● بازرسی و پایش خوردگی

هفت اشتباه رایج در استفاده از روش التراسونیک دور برد برای پایش خوردگی خطوط لوله

مدیریت خوردگی

طرح‌ریزی استقرار نظام جامع مدیریت خوردگی مطالعه موردی در شرکت‌های گاز استانی زنجان، اصفهان و مرکزی

بهزاد آهنگری^{۱*}، مهدی احمدی^۲، علیرضا اسکانیان^۳

^۱ طراحی ارشد برق و حفاظت کاتدی، امور مهندسی، شرکت گاز استان زنجان، دبیر و عضو کارگروه برق و حفاظت کاتدی مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز
^۲ کارشناس ارشد برق و حفاظت کاتدی، معاونت بهره‌برداری، شرکت گاز استان اصفهان، عضو کارگروه برق و حفاظت کاتدی مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز
^۳ طراحی ارشد برق و حفاظت کاتدی، امور مهندسی، شرکت گاز استان مرکزی، عضو کارگروه برق و حفاظت کاتدی مدیریت گازرسانی شرکت ملی گاز

* پست الکترونیک نویسنده مسئول: Behzad.Ahangari@yahoo.com

چکیده

برای استقرار نظام جامع مدیریت خوردگی (CM (Corrosion Management)، هماهنگی واحدهای مهندسی، بهره‌برداری، بازرسی فنی، برنامه‌ریزی و امور مالی و پشتیبانی در شرکت‌های گاز استانی ضروری است. در مرحله‌گذار از مهندسی خوردگی و برپایی CM چالش‌هایی وجود دارد. از جمله چالش‌های فراروی استقرار CM عدم هماهنگی بین واحدها و عدم آشنایی کافی برخی از واحدهای دخیل در CM و عدم استقرار حسابداری صنعتی است. با عنایت به تازگی مبحث استقرار نظام جامع مدیریت خوردگی در شرکت‌های گاز استانی و نبود تجربه کافی در این زمینه، گردآوری تجربه‌های موجود جهت طرح‌ریزی استقرار نظام جامع CM بسیار ضروری است. در این نوشتار نقشه راه استقرار نظام جامع CM با هدف هماهنگی واحدهای مختلف دخیل در CM بر اساس مطالعه موردی در سه شرکت گاز استان‌های زنجان، اصفهان و مرکزی ارائه شده است.

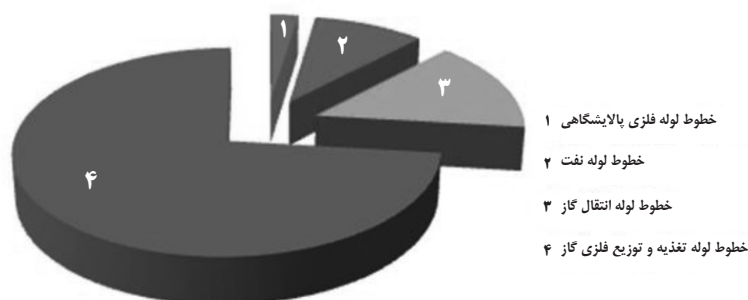
کلمات کلیدی: مدیریت خوردگی (CM)، استراتژی خوردگی، خطوط لوله فولادی مدفون در خاک، شرکت‌های گاز استانی؛

مقدمه

تدوین و نظارت بر زمانبندی‌ها انجام می‌گیرد. این نظارت امروزه عموماً تحت سامانه‌های بهبود و ارتقای کیفیت (ISO) انجام شده و در برخی شرکت‌ها در سطوح عالی‌تر و تحت سامانه‌های تعالی کیفیت مورد بررسی قرار می‌گیرند. همچنین موارد تامین کالای مورد نیاز، برآورد هزینه‌های پروژه‌ها و آموزش نیروی انسانی مورد نیاز در واحدهای زیر مجموعه امور مالی و پشتیبانی شرکت‌های گاز استانی انجام می‌گردد. در مواردی که راهکار خاصی برای مقابله با خوردگی به‌عنوان نوآوری محسوب شود این راهکار تحت یک پروژه پژوهشی و توسط واحد پژوهش انجام می‌گردد. با دقت در روال سنتی فوق یک مسیر مستقیم از طراحی تا بهره‌برداری از سامانه‌های مقابله با خوردگی در شرکت‌های گاز استانی مشاهده می‌گردد (شکل ۲). اگر این روال را روال مهندسی خوردگی بنامیم در مهندسی خوردگی شرکت‌های گاز استانی بازخوردی برای بررسی میزان اثربخشی طرح‌های مقابله با خوردگی، در طول بهره‌برداری که قبلاً در واحد مهندسی و اجرای طرح‌ها طراحی و اجرا شده است، وجود ندارد.

بعلاوه در روش سنتی، داده‌های خوردگی بدست آمده از سامانه‌های حفاظت کاتدی و نقاط اندازه‌گیری (TP (test point در زمان بهره‌برداری برای تحلیل متولی خاصی ندارد و شرکت‌ها فراخور متخصصانی که در واحدهای خود دارند به تحلیل این داده‌ها می‌پردازند. برای مثال شرکتی که متخصصان مجربی در واحد مهندسی دارد تحلیل داده‌ها در واحد مهندسی انجام می‌شود و یا شرکتی که متخصصان مجربی در واحد بازرسی فنی دارد تحلیل داده‌ها در این واحد انجام می‌شود لذا وحدت رویه ای برای تعیین واحد مشخص جهت تحلیل داده‌ها وجود ندارد. مهمتر از آن اینکه در روش سنتی در کمیت و کیفیت داده‌های خوردگی و روش تحلیل آنها و نیز در نتیجه‌گیری از تحلیل داده‌ها نیز وحدت رویه بین شرکت‌های گاز استانی مختلف وجود ندارد.

یکی از مشکلات عمده صنایع نفت گاز جهان و ایران، خوردگی تجهیزات فلزی است. با توجه به حجم تجهیزات فلزی در معرض خوردگی که جزو دارایی‌های فیزیکی وزارت نفت محسوب می‌شوند، خطوط لوله نفت و گاز و فراورده‌های مربوطه آنها سهم بسیار زیادی را به خود اختصاص می‌دهند. با تقسیم‌بندی خطوط لوله فولادی مذکور در چهار دسته خطوط لوله پالایشگاهی، خطوط لوله انتقال نفت، خطوط لوله انتقال گاز و خطوط لوله تغذیه و توزیع گاز مشاهده می‌گردد که با اختلاف زیادی رتبه اول دارایی‌های فیزیکی در معرض خوردگی وزارت نفت را خطوط لوله فولادی تغذیه و توزیع گاز تشکیل می‌دهد. (شکل ۱) برای مقابله با خوردگی در شرکت‌های نفت و گاز به‌طور سنتی (قبل از استقرار مدیریت خوردگی) راهکارهای مقابله با خوردگی، در واحدهای مهندسی طراحی شده و توسط واحد اجرا نصب و راهاندازی می‌شوند. در شرکت‌های گاز استانی که عمده تجهیزات در معرض خوردگی، خطوط لوله فولادی مدفون در خاک بوده و عموماً راهکارهای مقابله با خوردگی سامانه‌های حفاظت کاتدی و اعمال پوشش و عایق‌کاری است. مراحل اجرای پروژه‌های گازرسانی و اعمال پوشش و عایق‌کاری و نیز اجرای سامانه‌های حفاظت کاتدی تحت بازرسی‌های واحدهای بازرسی فنی انجام می‌گیرد تا صحت‌گذاری بر تطابق طراحی‌ها با آنچه اجرا می‌شود و نیز تطابق با استانداردهای موجود انجام گردد. پس از طراحی و اجرای سامانه‌های مذکور توسط واحدهای مهندسی و اجرا، پروژه به واحدهای بهره‌برداری تحویل داده شده و در بازه‌های زمانی مشخص این سامانه‌ها تحت برنامه نگهداری و تعمیرات (نت) قرار می‌گیرند. برنامه‌های زمان‌بندی طراحی، اجرا، بازرسی فنی و بهره‌برداری از ابتدا و در طول مدت بهره‌برداری در واحد برنامه‌ریزی و کنترل شرکت‌های گاز استانی



شکل ۱ - آمار خطوط لوله فولادی در معرض خوردگی



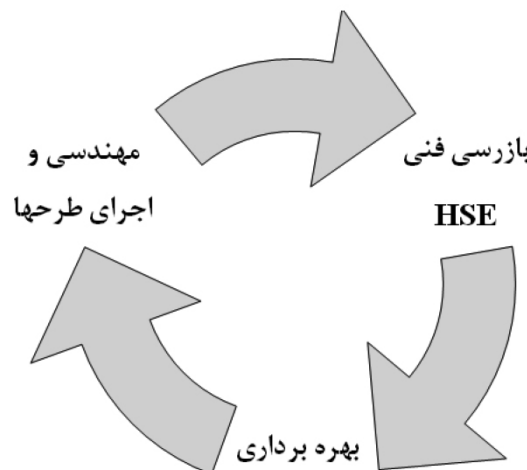
شکل ۲ - روال مهندسی خوردگی

را که از واحد مهندسی و اجرای طرحها با بازرسی واحد بازرسی فنی به واحدهای بهره‌برداری تحویل داده شده‌اند چنانچه در سال‌های بعدی بهره‌برداری دچار نواقص و عیوبی در سامانه‌های حفاظت کاتدی و یا پوشش و عایق‌کاری شده به نحوی که موجب خسارات ناشی از خوردگی گردند، بازخورد وضعیت خطوط لوله به واحد مهندسی انعکاس داده شده و طرحهای تکمیلی در راستای بهبود و رفع نواقصات بوجود آمده توسط این واحد ارائه می‌گردد. بنابراین در روال توسعه داده شده مهندسی خوردگی یک چرخه برای فعالیتهای مهندسی خوردگی بوجود می‌آید. این چرخه تا اتمام عمر تجهیزات گازرسانی ادامه خواهد یافت. همچنین در این وضعیت تحلیل داده‌های خوردگی که در واحد بهره‌برداری بدست می‌آید در واحد مهندسی امکان‌پذیر است. در حال حاضر برخی از شرکت‌های گاز استانی شرح وظایف واحدهای دخیل در مهندسی خوردگی به نحوی تدوین نموده‌اند که مطابق چرخه مذکور روال مهندسی خوردگی به شکل پویا و دارای بازخورد در شرکت وجود داشته باشد.

کاستی‌های فوق در روند مقابله با خوردگی ناشی از عدم تکامل مسیر مهندسی خوردگی است به گونه‌ای که بازخوردی برای مهندسی خوردگی در ماهیت عملکرد و حتی در جایگاه‌های سازمانی و ساختار و نمودار سازمانی و شرح وظایف واحدهای کنونی شرکت‌های گاز استانی وجود ندارد. از طرفی با نگاه بر جدول داده‌های خوردگی مهم در شرکت‌های گاز استانی (جدول ۱) جای خالی داده‌های مربوط به هزینه‌های خوردگی نمایان می‌گردد. چرا که صیانت از دارائی‌های فیزیکی و مقابله با خوردگی بدون مشخص شدن زیان‌های مالی ناشی از خوردگی و نیز صرفه‌جویی حاصل از بکاربردن روش‌های صحیح مقابله با خوردگی در روش سنتی و صرفاً با استفاده از مهندسی خوردگی به سرانجام نمی‌رسد. بنابراین ناتوانی استفاده صرف از مهندسی خوردگی برای مقابله کامل با خوردگی تجهیزات مشاهده می‌گردد. با ایجاد بازخورد در روال مهندسی خوردگی که خود شامل مهندسی و اجرای طرحها، بازرسی فنی و بهره‌برداری است یکی از نواقصات مهم مهندسی خوردگی برآورد می‌گردد (شکل ۳). در این حالت طرح‌هایی

جدول ۱ - انواع داده‌های خوردگی خطوط لوله مدفون در خاک، در فرآیند مهندسی خوردگی شرکت‌های گاز استانی [۱]

داده	نوع	توضیحات
ولتاژ	لوله	AC
	روشن Von	DC
	خاموش لحظه‌ای IOP	DC
	خاموش دائم - ولتاژ طبیعی Vn یا Voff	DC
جریان	ورودی ترانس	AC
	خروجی ترانس	DC
دما	محیط	°C
	روغن ترانس	
مشخصات خاک	pH، رطوبت، نمک، مواد شیمیایی، مقاومت ویژه الکتریکی و ...	
GPS	موقعیت جهانی TP	
داده‌های عینی از وضعیت خطوط لوله و تأسیسات فلزی (ضخامت جداره، عایق، وجود باکتری)		



شکل ۳ - چرخه مهندسی خوردگی اصلاح شده

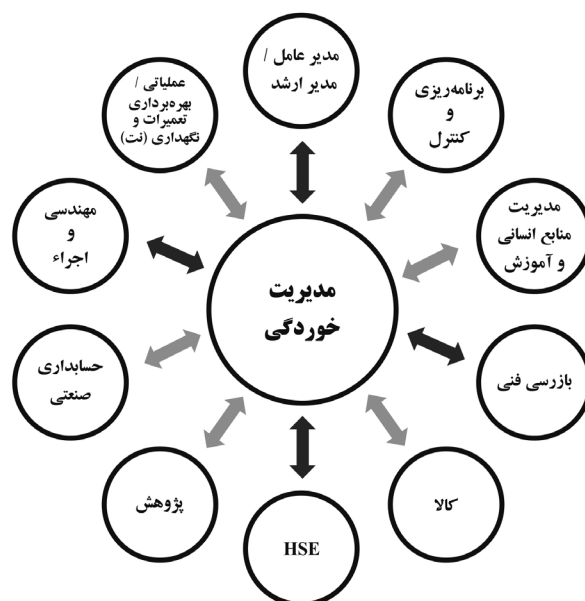
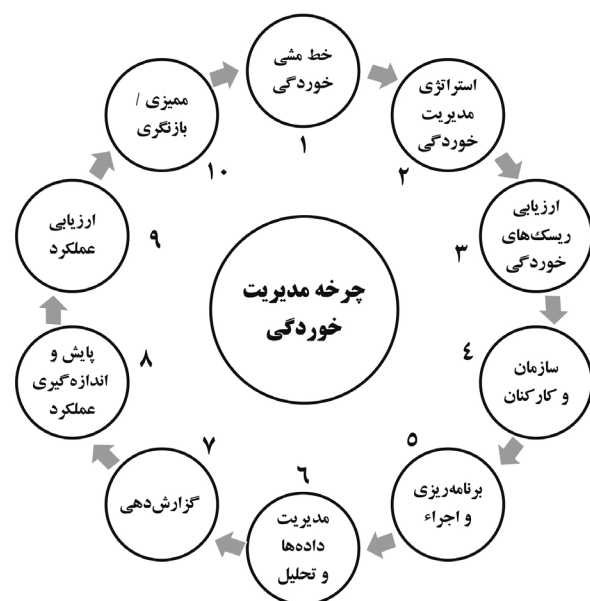
یک کارگروه متولی انجام وظایف آن است) با مدیر ارشد شرکت و نیز سایر واحدهای دارای ارتباط با خوردگی بسیار ضروری است. واحدهایی چون بهره‌برداری، مهندسی و اجراء، برنامه‌ریزی، بازرسی فنی، HSE، پژوهش، مالی و پشتیبانی (کالا، حسابداری و آموزش).

از آنجا که مدیریت خوردگی یکی از انواع روش‌های مدیریتی است نیازمند به اصول مدیریت همانند چرخه مدیریت است (شکل ۴). در این چرخه که چرخه دمینگ (Deaming) نامیده می‌شود، ده مرحله و گام اساسی هر فرآیند مدیریتی وجود دارد. تدوین خط مشی، تعیین استراتژی‌های مدیریت، ارزیابی ریسک‌ها، توجیه سازمان و کارکنان، برنامه‌ریزی و اجراء، مدیریت و تحلیل داده‌ها، گزارش‌دهی از فرآیند، پایش و اندازه‌گیری فرآیند، ارزیابی عملکرد، ممیزی و بازنگری فرآیند مراحل و گام‌های اساسی چرخه دمینگ می‌باشند.

در خط مشی، سازمان متعهد به اجرا نمودن فرآیند CM است. برای اجرایی شدن فرآیند مقابله با خوردگی تحت CM، می‌بایست راهکارهای (راهبرد) خوردگی در تمامی واحدهای سازمان مشخص و تدوین گردد. مدیریت سازمان به‌عنوان مسئول ارشد اجرایی شدن CM شامل تایید و تصویب نهایی و ابلاغ راهکارهای اجرایی مراحل ده گانه CM به واحدهای مرتبط با CM سازمان متبوع خود است. در مرحله بعدی در راستای نهادینه‌سازی CM، مدیر ارشد سازمان، مسئول CM و ارکان سازمانی CM می‌بایست با هدف توجیه و دانستن اهمیت خوردگی و مدیریت آن، توسط کارشناسان مجرب خوردگی تحت آموزش دوره‌های تخصصی خوردگی مهندسی و مدیریت خوردگی قرار گیرند. در مرحله ارزیابی ریسک خوردگی (Corrosion Risk Assessment) CRA با پیدا کردن ریسک‌های خوردگی در خطوط لوله فولادی، مناطق دارای ریسک خوردگی از روش RBI (Risk Based Inspection) شناسایی

با وجود اصلاح بوجود آمده همچنان جای خالی داده‌های مربوط به هزینه‌های خوردگی در روال مذکور وجود دارد. داده‌هایی که وجود دارد ولی به دلیل نبود روش معینی برای ثبت و استفاده از آنها به صورت پنهان است. در چرخه مهندسی خوردگی هزینه‌های پروژه‌ها و پوشش و عایق‌کاری و سامانه‌های مقابله با خوردگی برای تدوین پیمان‌های اجرایی تهیه می‌گردد ولی سایر هزینه‌ها بخصوص هزینه‌هایی که شرکت راسا برای این منظور پرداخت می‌کند در روال مهندسی خوردگی، در یک سامانه متمرکز و دارای قابلیت ثبت و استخراج داده‌های مالی نیست. اگر هزینه‌های ناشی از خوردگی را به هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم تقسیم کنیم، از جمله این هزینه‌ها می‌توان به هزینه‌های تامین کالای مربوط به مقابله با خوردگی، هزینه کارگاه‌های عایق‌کاری، هزینه ماموریت‌ها و دستمزدهای مربوطه، هزینه آموزش‌های لازم پرسنل مرتبط و هزینه‌های پروژه‌های پژوهشی مورد نیاز با موضوع مقابله با خوردگی، به‌عنوان هزینه‌های مستقیم و هزینه صدمات ناشی از خوردگی تجهیزات را هزینه‌های غیرمستقیم می‌توان عنوان کرد. تنوع کمیت و کیفیت داده‌های نامبرده به قدری زیاد است که واحدهای مرتبط با چرخه مهندسی خوردگی قادر به جمع‌بندی و ثبت و نگهداری متمرکز آنها نیستند [۴].

در گامی فراتر از مهندسی خوردگی نیاز به مدیریت خوردگی (CM) جهت متمرکز ساختن تمامی داده‌های خوردگی اعم از داده‌های مهندسی و مالی و نیز سهولت ذخیره و بازیابی داده‌ها و مهمتر از آن تحلیل داده‌ها به شدت احساس می‌شود. اگر CM را استفاده از روش‌های مدیریتی برای کاهش هزینه‌های اقتصادی مستقیم و غیر مستقیم خوردگی تعریف کنیم [۲]، ارتباط یک واحد متمرکز به نام واحد مدیریت خوردگی که در حال حاضر در شرکت‌های گاز استانی وجود ندارد (و در حال حاضر



شکل ۴ - اجزای مدیریت خوردگی و چرخه مدیریت خوردگی [۳]

و مقایسه آنها با داده‌های قبلی در هر دوره، گزارش نتیجه تحلیل شامل عادی بودن شرایط و یا بحرانی بودن برخی نواحی و مناطق گازرسانی و نیز دستورالعمل‌های اصلاحی نت، درخواست طراحی‌های جدید، درخواست تدوین دستورالعمل استاندارد جدید، درخواست اصلاح ریسک‌های بازرسی، درخواست تجهیزات جدید مورد نیاز در امر مقابله با خوردگی و حتی درخواست برگزاری دوره‌های آموزشی برای برخی از پرسنل مرتبط با خوردگی، درخواست پروژه‌های پژوهشی، درخواست افزایش نیروهای پرسنلی مرتبط با خوردگی در برخی واحدها و ارائه گزارش صرفه‌جویی و یا زیان مالی شرکت در اثر خوردگی در طی سال گذشته مالی شرکت توسط واحد CM انجام می‌گردد [۳].

جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز CM، از راهکارها و دستورالعمل‌های خاصی تبعیت می‌کند. داده‌های مذکور دارای قابلیت ارزیابی و غنی‌سازی

شده و برنامه‌های عملیاتی و بهره‌برداری و تعمیر نگهداری (نت) با توجه به این ریسک‌ها بروزرسانی می‌شوند که در نهایت موجب کاهش هزینه‌های عملیاتی و بهره‌برداری و نت می‌گردد. در مرحله برنامه‌ریزی و اجرا برنامه‌های اجرایی در راهبرد CM (بلند مدت و کوتاه مدت) عملیاتی می‌شوند. این فعالیت‌ها شامل طراحی، اجراء، بازرسی فنی و HSE، بهره‌برداری و نت، پایش خوردگی، فعالیت‌های واحدهای مالی و پشتیبانی (شامل حسابداری صنعتی جهت برآورد هزینه‌های مخصوص خوردگی، هزینه‌های کالا، هزینه‌های آموزش پرسنل و هزینه‌های ماموریت و دستمزدهای پرسنل مرتبط با مقابله با خوردگی) و اجرای پروژه‌های پژوهشی است. در مرحله ششم که مدیریت و تحلیل داده‌های خوردگی است، داده‌های گردآوری شده (مطابق جدول ۲) در واحد CM مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته و فراخور داده‌ها

جدول ۲ - انواع داده‌ها در مدیریت خوردگی شرکت‌های گاز استانی

نوع داده خوردگی	ماهیت داده	مشخصات فنی	توضیحات
مهندسی	ولتاژ	لوله روشن Von خاموش لحظه‌ای IOP خاموش دائم - ولتاژ طبیعی Vn یا Voff	AC DC DC DC
	جریان	ورودی ترانس خروجی ترانس	AC DC
	دما	محیط روغن ترانس	°C
	مشخصات خاک	pH، رطوبت، نمک، مواد شیمیایی، مقاومت ویژه الکتریکی و ...	
	GPS	موقعیت جهانی TP	
	توصیفی	داده‌های عینی از وضعیت خطوط لوله و تاسیسات فلزی (ضخامت جداره، وضعیت پوشش و عایق، وجود باکتری، نشتی‌های گاز و موارد مشابه)	
مالی	ریالی	هزینه کالای مصرفی خریداری شده در سال مالی گذشته شامل کالای خریداری شده توسط شرکت و پیمانکاران	
	ریالی	هزینه ماموریت و دستمزد پرسنل مربوط به خوردگی در سال مالی گذشته (شامل پرسنل رسمی، قراردادی، ناظران، پیمانکاران، کارگران روزمزد و موارد مشابه)	
	ریالی	هزینه آموزش پرسنل مربوط به خوردگی در سال مالی گذشته	
	ریالی	هزینه خسارت ناشی از خوردگی و نت در سال مالی گذشته	
	ریالی	هزینه خسارت HSE ناشی از خوردگی در سال مالی گذشته	
	ریالی	هزینه پروژه‌های پژوهشی مرتبط با خوردگی در سال مالی گذشته	
گزارش	توصیفی	گزارش پروژه پژوهشی انجام شده مرتبط با خوردگی و دستاوردهای عملی آن	
	توصیفی	گزارش دوره آموزشی انجام شده مرتبط با خوردگی و دستاوردهای آن	

(راهبرد) خوردگی که به نوعی شرح کار واحدهای مرتبط با مدیریت خوردگی است، در استقرار مدیریت خوردگی نقش کلیدی و اساسی دارد. در غیر این صورت و حتی با توجیه و آموزش مدیران و کارکنان سازمان بدون شرح کار مشخص برای واحدهای مختلف، امکان استقرار نظام مدیریت خوردگی وجود ندارد. لذا یکی از موانع کنونی در شرکت‌های گاز استانی عدم تدوین نقشه راه استقرار مدیریت خوردگی و همچنین عدم تدوین شرح کار و راهکارهای مدیریت خوردگی برای واحدهای مرتبط با این مقوله است. این مقاله با مطالعه موردی شرکت‌های گاز استانی زنجان، اصفهان و مرکزی و گردآوری تجربیات آنها در زمینه تدوین نقشه راه استقرار مدیریت خوردگی و تدوین شرح کار و راهکارهای مدیریت خوردگی برای واحد‌های مرتبط، پیشنهاد‌های اجرایی را برای تسهیل استقرار مدیریت خوردگی در سایر شرکت‌های گاز استانی ارائه می‌دهد.

۲- مورد کاوی

نقشه راه مدیریت خوردگی شامل اهداف استراتژی، کاربردی و قابل اندازه‌گیری و شامل مواردی همانند موارد ذیل است:

۱- تشکیل واحد مدیریت خوردگی (به‌طور موقت و قبل از آن با تشکیل کارگروه مدیریت خوردگی از مسئولین واحدهایی که مرتبط با مدیریت خوردگی هستند وظایف واحد خوردگی توسط اعضای کارگروه انجام خواهد شد)

۲- تدوین خط مشی خوردگی شرکت.

۳- تدوین راهکارها (استراتژی‌های) خوردگی شرکت، که شامل شرح کار واحدهای مرتبط با مدیریت خوردگی است (شکل ۴).

۴- تدوین دستورالعمل ارزیابی ریسک (با روش RBI) با همکاری واحدهای مهندسی، بهره‌برداری، HSE و بازرسی فنی و اجرای آنها توسط واحدهای بهره‌برداری و بازرسی فنی و تهیه گزارش از نتایج بدست آمده.

۵- تشکیل جلسات توجیهی مدیران و معاونان (مهندسی، بهره‌برداری و مالی پشتیبانی) و رئیس‌های زیر مجموعه امور مهندسی و کارشناسان مربوطه، رئیس‌های زیر مجموعه بهره‌برداری و کارشناسان مربوطه، رئیس‌های زیر مجموعه مالی پشتیبانی (کالا، امور اداری، آموزش، مالی) و کارشناسان مربوطه و کارشناس حسابداری صنعتی، روسای ستادی مربوطه (بازرسی فنی، HSE، برنامه‌ریزی و پژوهش) در خصوص اهمیت خوردگی و هزینه‌های تحمیل شده آن و لزوم مقابله با خوردگی، تفاوت‌های مهندسی خوردگی و مدیریت خوردگی، واحدهای مرتبط با خوردگی و علل آن، لزوم مشارکت فعال امور مالی پشتیبانی و بخصوص تشکیل واحد حسابداری صنعتی.

۶- برنامه‌ریزی ارتباطات میان واحدهای مرتبط با CM و نحوه گزارش‌دهی و تدوین فرم‌های گزارش دهی مربوطه (ISO) بین واحدها و واحد مدیریت خوردگی و اصلاح و ارتقای فرم‌های موجود

بوده و در سامانه مناسبی ذخیره و بازبینی می‌شوند. تجزیه و تحلیل و ارزیابی باید به صورت مستمر (کوتاه مدت و میان مدت و بلند مدت) انجام شود. در مرحله گزارش‌دهی، ارائه گزارش‌ها در راستای راهکارهای (راهبرد) مدیریت خوردگی انجام می‌شود. در این گزارش‌ها اطلاعات به‌طور شفاف و مؤثر طبقه‌بندی و در بین واحدهای مرتبط با خوردگی ارسال و دریافت می‌شوند و با استفاده از تجربیات اجرایی، فرآیند آن مرتباً اصلاح می‌شود. همچنین دریافت‌کنندگان و مخاطبان هر گزارش، از واحدهای مختلف سازمان و دخیل در چرخه CM و از اجزای CM هستند (شکل ۴). چنانچه گزاری بین واحدها نیز ارسال می‌گردد رونوشت گزارش نیز به واحد CM ارسال می‌گردد. در سه مرحله بعدی که خاص فرآیندهای مدیریتی است در مرحله پایش و اندازه‌گیری عملکرد CM، واحد برنامه‌ریزی و کنترل، فعالیت‌های مدیریت خوردگی را که مستلزم ارزیابی مستمر بوده و بر خط مشی سازمان منطبق است مورد ارزیابی قرار می‌دهد. این واحد برای ارزیابی‌ها از شاخص‌های کلیدی عملکرد استفاده می‌نماید. همچنین این ارزیابی‌ها اهداف را در یک چرخه بسته دنبال و بازخوردهای لازم را مدنظر قرار می‌دهند. در مرحله ارزیابی عملکرد CM واحد برنامه‌ریزی اقدام به ارزیابی عملکرد فعالیت‌های مدیریت خوردگی می‌نماید. یافته‌های این ارزیابی‌ها به مدیریت ارشد ارسال شده و برنامه‌های آتی را بروزرسانی می‌نماید. این ارزیابی‌ها منافع استفاده از تکنیک‌ها و فناوری‌های جدید را آشکار نموده و استراتژی‌های تدوین شده را بررسی و پیشنهاد اصلاحی ارائه می‌نماید. در دهمین و آخرین مرحله از چرخه CM که ممیزی و بازنگری است، فرآیند و فعالیت‌های داخلی و خارجی CM خصوصاً نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد توسط بخش ممیزی، مورد بررسی دوره‌ای یا موردی قرار گرفته و بازنگری‌های لازم ارائه می‌شود. داده‌های ممیزی و بازنگری مورد نیاز در این بخش، ثبت و مبنای تغییرات آتی در راهکارهای (راهبرد) و برنامه‌ها و روش‌ها خواهد بود [۳].

با مقایسه چرخه CM با چرخه مهندسی خوردگی مشاهده می‌گردد مهندسی خوردگی زیر مجموعه CM است و نه فرآیندی جدای از آن. در چرخه CM مراحل ارزیابی ریسک‌های خوردگی عموماً در واحدهای بازرسی فنی انجام می‌گردد و تحلیل داده‌های خوردگی در واحدهای مهندسی. در مرحله پنجم چرخه CM اجرای فرآیندهای طراحی مهندسی و اجرای پروژه‌های مقابله با خوردگی و فرآیند اجرای بازرسی فنی و فرآیندهای بهره‌برداری (نت) مدنظر قرار دارد. همچنین واحد برنامه‌ریزی که در چرخه مهندسی خوردگی برنامه‌ریزی و کنترل از مرحله طراحی تا بهره‌برداری را پایش می‌کرد در چرخه CM به‌طور موثرتر و در مراحل پنجم و هفتم و هشتم و نهم و دهم ایفای نقش می‌نماید.

استقرار نظام مدیریت خوردگی با مشخصات فوق‌الذکر در شرکت‌های گاز استانی نیازمند تدوین نقشه راهی متناسب با ساختار سازمانی و امکانات و پرسنل شرکت است. شناخت ویژگی‌های شرکت گاز استانی در تدوین نقشه راه بسیار مهم است. همچنین تدوین راهکارهای

در شرکت‌ها با رویکرد CM و پایش ارتباطات و تبادل فرمها و گزارش‌دهی واحدها توسط واحد برنامه‌ریزی با توجه به راهکارها و شرح وظایف تعیین شده واحدها برای CM و با کمک واحدهای مرتبط با CM بخصوص واحدهای مهندسی، بهره‌برداری و بازرسی فنی.

۷ - اجرای CM با توجه به راهکارها و شرح وظایف تعیین شده واحدها برای CM و برنامه‌ریزی انجام شده و فرم‌های تدوین شده. ۸ - داده‌های بدست آمده CM از واحدهای مهندسی، اجراء، بهره‌برداری، بازرسی فنی، کالا، امور اداری، آموزش، مالی، HSE، برنامه‌ریزی و پژوهش در واحد مدیریت خوردگی (و یا کارگروه CM) با ایجاد بانک اطلاعاتی از داده‌های خوردگی ذخیره شده و قابل بازیابی خواهند بود. با استفاده از راهکارها و دستورالعمل‌های استاندارد کلیه واحدهای نامبرده اقدام به گردآوری داده‌های مربوط به خود می‌نمایند. همچنین واحد مدیریت خوردگی (و یا کارگروه CM) با استفاده از روش‌های استاندارد تحلیل داده‌های خوردگی و با طراحی نرم‌افزارهای مخصوص تحلیل داده‌های خوردگی در بازه‌های زمانی مشخص اقدام به تحلیل داده‌های مذکور نموده و نتایج تحلیل را به مدیر ارشد شرکت ارائه می‌نماید.

۹ - با عنایت به مشخص نمودن نحوه گزارش‌دهی و تدوین فرم‌های گزارش‌دهی مربوطه بین واحدها و واحد مدیریت خوردگی، گزارش‌ها در بازه‌های زمانی مشخص شده و در فرم‌های مربوطه توسط واحدهای مختلف مرتبط با CM ارسال می‌گردند.

۱۰ - پایش و اندازه‌گیری عملکرد CM و ارزیابی عملکرد CM و ممیزی و بازنگری توسط واحد برنامه‌ریزی و با هدف ارزیابی وضعیت CM، به روزرسانی و بهبود نمودار سازمانی، شرح وظایف کارکنان با توجه به نتایج ارزیابی وضعیت CM. تدوین شاخص‌های کلیدی عملکرد، برقراری فرآیند گزارش‌دهی مناسب در سطوح مختلف سازمانی و ممیزی مستمر و تدوین برنامه‌های اصلاحی در قالب بازخورد انجام می‌گردد.

همچنین در تدوین شرح وظایف و راهکارهای (راهبرد) خوردگی راهکارهای پیشنهادی به شرح زیر است.

۱ - راهکارهای مسئول CM

۱ - ۱ - اخذ و گردآوری مدارک، گزارشها و داده‌ها از ارکان سازمانی CM.

۱ - ۲ - نگهداری و بایگانی داده‌ها و مدارک خوردگی
۱ - ۳ - تحلیل داده‌های خوردگی. گزارش نتیجه تحلیل شامل موارد زیر است:

۱ - عادی بودن شرایط و یا بحرانی بودن برخی نواحی و مناطق گازرسانی

۲ - درخواست اصلاح و ارتقای دستورالعمل‌های نت

۳ - درخواست طراحی سامانه‌های حفاظت کاتدی جدید

۴ - درخواست تعویض پوشش

۵ - درخواست تدوین دستورالعمل استاندارد جدید

۶ - درخواست اصلاح ارزیابی ریسک‌های بازرسی فنی

۷ - درخواست تجهیزات جدید مورد نیاز در امر مقابله با خوردگی و طراحی و اجرای سامانه‌های پایش داده‌های خوردگی جهت تحلیل داده‌ها

۸ - حتی درخواست برگزاری دوره‌های آموزشی برای برخی از پرسنل مرتبط با خوردگی و تهیه و تدوین برنامه‌ها و مستندات آموزشی

۹ - درخواست پروژه‌های پژوهشی و تعیین اولویت‌های پژوهشی در زمینه CM

۱۰ - درخواست افزایش نیروهای پرسنلی مرتبط با خوردگی در برخی واحدها

۱۱ - ارائه گزارش صرفه‌جویی و یا زیان مالی شرکت در اثر خوردگی در طی سال گذشته مالی شرکت

۱۲ - محاسبه عمر مفید خطوط لوله فولادی

۱۳ - اصلاح و بازنگری دستورالعمل‌های طراحی، ساخت و اجراء و بهره‌برداری طرح‌ها

۱۴ - اصلاح فرآیند ریشه‌یابی علل وقوع حادثه

۴ - ۱ - ارائه گزارش از نتایج تحلیل داده‌ها به مدیر ارشد شرکت

۵ - ۱ - تدوین و بروزرسانی استراتژی‌های خوردگی با توجه به نتایج تحلیل داده‌های خوردگی

۶ - ۱ - ایجاد بانک اطلاعاتی از تخریب‌های ناشی از خوردگی و داده‌های خوردگی و برقراری فرآیند ریشه‌یابی علل وقوع حادثه

۲ - راهکارهای (راهبرد) مهندسی

۱ - ۲ - گردآوری و بایگانی مدارک طراحی پروژه‌های قبلی (طراحی پوشش، عایق‌کاری و سامانه‌های حفاظت کاتدی خطوط لوله، قطعات و تاسیسات)

۲ - ۲ - طراحی اولیه / مجدد (پوشش، عایق‌کاری و سامانه‌های حفاظت کاتدی خطوط لوله، قطعات و تاسیسات و سامانه‌های پایش و کنترل از راه دور)

۳ - راهکارهای (راهبرد) اجراء

۱ - ۳ - شامل اجرای طرح‌های اولیه / مجدد (مقاومت‌سنجی زمین، پوشش، عایق‌کاری و سامانه‌های حفاظت کاتدی خطوط لوله، قطعات و تاسیسات و سامانه‌های پایش و کنترل از راه دور مربوطه)

۴ - راهکارهای (راهبرد) بازرسی فنی

۱ - ۴ - بازرسی فنی در مرحله اجراء (پوشش، عایق‌کاری و سامانه‌های حفاظت کاتدی خطوط لوله، قطعات و تاسیسات)

۲ - ۴ - بازرسی فنی در مرحله بهره‌برداری (آزمایش پوشش، عایق‌کاری و سامانه‌های حفاظت کاتدی خطوط لوله، قطعات و تاسیسات).

هزینه‌های ناشی از خوردگی جهت استخراج تخصصی هزینه‌های مربوطه.

۸- راه کارهای (راهبرد) کالا

۱- ۸- تهیه و استخراج داده‌های مربوط به کالای مقابله با خوردگی شامل پوشش، عایق کاری و سامانه‌های حفاظت کاتدی خطوط لوله، قطعات

۹- راه کارهای (راهبرد) برنامه‌ریزی و کنترل

۱- ۹- برنامه‌ریزی و کنترل فرآیندهای پایش و بروزرسانی مراحل چرخه عملکرد CM

۲- ۹- پایش و اندازه‌گیری عملکرد CM و ارزیابی عملکرد CM و ممیزی عملکرد CM

۱۰- راه کارهای (راهبرد) مدیریت منابع انسانی

۱- ۱۰- اجرای دوره‌های آموزشی و پروژه‌های پژوهشی مربوط به خوردگی در سازمان با توجه نیازهای سمت‌های مرتبط با خوردگی

۲- ۱۰- تأمین و یا تعدیل نیروی انسانی در سمت‌های مربوط به خوردگی در سازمان با توجه به نمودار سازمانی و با توجه به درخواست‌های CM

۳- ۱۰- برآورد هزینه‌های نیروی انسانی شاغل در ارتباط با خوردگی شامل حقوق و دستمزد و هزینه‌های دوره‌های آموزشی، مأموریت‌ها، برگزاری همایش‌ها و جلسات و موارد مشابه

۱۱- راه کارهای (راهبرد) مدیر ارشد سازمان

به‌عنوان مسئول ارشد اجرایی شدن مدیریت خوردگی شامل تأیید و تصویب نهایی و ابلاغ راه کارهای عملیاتی مراحل ده‌گانه مدیریت خوردگی به ارکان سازمانی مدیریت خوردگی سازمان متبوع خود است.

۳- ۴- ضخامت‌سنجی (UT) خطوط لوله، قطعات و تاسیسات انتقال و توزیع گاز رومینی با هدف بررسی خوردگی داخلی و سایشی

۴- ۴- استقرار و کاربرد فرآیندهای بازرسی بر مبنای ریسک RBI

۵- ۴- گردآوری، ثبت و بایگانی داده‌های خوردگی و ارائه آنها به مسئول CM

۵- راه کارهای (راهبرد) عملیاتی / بهره‌برداری / تعمیر و نگهداری (نت)

۱- ۵- فرآیندهای عملیاتی / بهره‌برداری / تعمیر و نگهداری (نت) پوشش، عایق کاری و سامانه‌های حفاظت کاتدی خطوط لوله، قطعات و تاسیسات.

۲- ۵- گردآوری، ثبت و بایگانی داده‌های خوردگی و ارائه آنها به مسئول CM در بازه‌های زمانی معین

۶- راه کارهای (راهبرد) HSE

۱- ۶- بازرسی از دیدگاه ایمنی / بهداشت / محیط زیست مربوط به پوشش، عایق کاری و سامانه‌های حفاظت کاتدی خطوط لوله، قطعات و تاسیسات

۲- ۶- گردآوری، ثبت و بایگانی اطلاعات مربوط به صدمات ناشی از خوردگی و ارائه آنها به مسئول CM در بازه‌های زمانی معین

۷- راه کارهای (راهبرد) مالی

۱- ۷- بررسی و برآورد هزینه‌های ناشی از خوردگی خطوط لوله و قطعات تاسیسات

۲- ۷- فعال‌سازی نظام حسابداری صنعتی در بخش مدیریت

نتیجه‌گیری

جهت استقرار نظام جامع مدیریت خوردگی در شرکت‌های گاز استانی که دارای ده مرحله اساسی است، ابتدا نیاز به تدوین نقشه راه استقرار مدیریت خوردگی است. سپس در گام اول تدوین خط مشی خوردگی شرکت و گام دوم راه کارها و شرح وظایف واحدهای مختلف و مرتبط با CM (مهندسی، اجراء، بهره‌برداری، بازرسی فنی، کالا، امور اداری، آموزش، مالی، HSE، برنامه‌ریزی و پژوهش) باید تدوین گردد. گام سوم ارزیابی ریسک‌های خوردگی خطوط لوله و تأسیسات فولادی است و گام چهارم توجیه مدیران و پرسنل مرتبط با CM است. اجرای CM در شرکت گام پنجم است و گام ششم تحلیل داده‌های خوردگی و نتیجه‌گیری از تحلیل داده‌ها است. گام هفتم گزارش دهی و گام هشتم تا دهم مراحل مدیریتی پایش و اندازه‌گیری عملکرد، ارزیابی عملکرد و ممیزی و بازرنگری در ساختار و راه کارهای مدیریت خوردگی است.

منابع

[۱] آهنگری، بهزاد "شناسایی و مقابله با پدیده خوردگی در خطوط لوله فولادی انتقال و توزیع نفت و گاز" انتشارات ناقوس، شابک: ۸-۳۰۳-۳۷۷-۹۶۴-۹۷۸، چاپ اول ۱۳۸۶.

[۲] جواهر دشتی، رضا "مدیریت خوردگی" انتشارات آموزش شرکت ملی گاز ایران، ۱۳۸۴.

[۳] سند راهبردی مدیریت خوردگی وزارت نفت، 1393 MOP-DSM-003 & DEA-DSM-COM-001

[4] Morshed Ali . "Corrosion Management "NACE Publication 2012.

حفاظت کاتدی

استفاده از روش قطبشی (پلاریزاسیونی) برای انتخاب معیار حفاظت کاتدی کف مخزن

مهدی عطارچی^{۱*}، مرحوم سیدمحمدصادق میرغفوریان^۲، محسن نصری^۳، صالح نوروزی^۴

^۱ کارشناس ارشد خوردگی و حفاظت مواد، شرکت برنا الکترونیک

^۲ دکتری برق قدرت، شرکت برنا الکترونیک

^۳ کارشناس برق قدرت، شرکت برنا الکترونیک

^۴ کارشناس ارشد خوردگی و حفاظت مواد، شرکت برنا الکترونیک

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: attarchi@gmail.com / attarchi@borna-co.com

چکیده

حفاظت کاتدی یکی از روش‌های صنعتی شناخته شده کنترل خوردگی می‌باشد. در مقاله حاضر به بررسی معیارهای حفاظت کاتدی کف مخزن‌های ذخیره در تماس با خاک به روش اعمال جریان پرداخته می‌شود. بررسی‌های انجام شده بر روی ۳ مخزن، استفاده از معیار پتانسل قطع ۸۵۰- به عنوان سختگیرانه‌ترین معیار به صورت موفقیت‌آمیز را نشان می‌دهد. در یک نمونه مخزن مشخص شد، به علت نشت جریان به سازه‌های اطراف استفاده از معیار حداکثری با ریسک‌های پیش‌بینی نشده‌ای همراه خواهد بود. واحد مهندسی شرکت برنا الکترونیک با توسعه روش‌های صنعتی مطالعه رفتار سازه‌های تحت حفاظت و اندازه‌گیری قطبش در شرایط صنعتی، مشخص نمود که با استفاده از جریان کمتر و معیار شیفت ۱۰۰ هم می‌توان سرعت خوردگی را کنترل نمود.

کلمات کلیدی: حفاظت کاتدی، خوردگی کف مخازن، معیار حفاظت، قطبش؛

۱ - مقدمه

ورقه‌های کف مخازن در تماس با خاک با تشکیل سل‌های خوردگی دچار تخریب و کاهش ضخامت می‌شوند [۱]. در کشور ایران به علت عدم توجه به همین پدیده طبیعی و پیش‌بینی‌پذیر در برخی موارد موجب به تخریب ورقه‌ها کف مخازن و از بین رفتن حد مجازهای خوردگی (Corrosion Allowance) در زمان قبل از راه‌اندازی شده است. در برخی موارد حتی نیاز به اجرای مجدد کف مخزن قبل از راه‌اندازی بوده است.

متداول‌ترین روش کنترل خوردگی ورقه کف مخازن (از طرف تماس با زمین) استفاده از پوشش و حفاظت کاتدی همزمان می‌باشد. اگرچه اولین جبهه مقابله با خوردگی رنگ و پوشش کف می‌باشد اما در محل جوش ورقه‌ها و یا اعوجاج‌های متاثر از جوشکاری تخریب پوشش اجتناب‌ناپذیر است و به همین دلیل استفاده از حفاظت کاتدی الزامیست [۲]. در مواردی که ورقه‌های کف مخزن فاقد پوشش هستند حفاظت کاتدی الزامی و زمان راه‌اندازی آن می‌بایست کوتاه شود. در روش حفاظت کاتدی پتانسیل سطح مورد حفاظت در جهت منفی قطبیده (پلاریزه) می‌شود. بر اساس تعریف NACE "حفاظت کاتدی، قطبیده کردن کل سطح به پتانسیلی منفی‌تر از فعال‌ترین آند" می‌باشد [۳]. در این حالت اختلاف پتانسیل در میکروسول‌ها از بین می‌رود و کل سطح نسبت به یک آند پیش‌بینی شده کاتد می‌شود. از یک سو میکروسول‌های خوردگی به حداقل می‌رسد و از سوی دیگر کل سطح نسبت به یک آند پیش‌بینی شده کاتد می‌شود و تمایل کلی خوردگی از بین می‌رود.

معیار پتانسیل بر اساس مفهوم ترمودینامیکی "تمایل به خوردگی" و "انرژی آزاد گیبس" بنا نهاده شده است. پتانسیل واکنش‌ها و محدوده پایداری اجزاء مختلف واکنش‌های خوردگی براساس pH و پتانسیل بر اساس معادلات ترمودینامیکی در نمودارهای پوربه ساده‌سازی شده است [۴]. اگرچه این نمودارها براساس داده‌های آزمایشگاهی و معادلات ترمودینامیکی اثبات شده بوده اما توسعه آن در محیط‌های صنعتی به ندرت انجام شده است و در صنعت مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. در صنعت کارشناسان خوردگی در طی سالیان دراز معیارهای پایداری فولاد و آلیاژهای مختلف در محیط‌های مختلف تحت حفاظت را بررسی و گزارش نموده‌اند و نتیجه این کار عظیم در کنار بنیان‌ها و معادلات علمی در طی سالیان در استانداردهای معتبر گردآوری شده است.

استانداردهای شناخته شده مانند ISO، DIN، API، BS، NACE و IPS دونوع معیار حفاظت کاتدی برای ورقه‌های کف مخزن دارند. معیارهایی که مستقیماً بر اساس ترمودینامیک واکنش خوردگی برای آلیاژ مورد نظر با خاک بوده و معیار شیفت ۱۰۰ که براساس کاهش سینتیک خوردگی حداقل به میزان ده برابر می‌باشد [۵]. شناخته شده‌ترین معیار ترمودینامیکی حفاظت کاتدی معیار ۸۵۰- میلی‌ولت نسبت به الکترو

مرجع مس / سولفات مس (CSE) است که نتایج خوبی به همراه داشته و مورد اعتماد مهندسان خوردگی در سراسر دنیا قرار گرفته است. این معیار در دو حالت پتانسیل وصل و یا قطع لحظه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. استانداردهایی نظیر DIN و BS به جای معیار ۸۵۰-، برای گروه آلیاژهای مختلف و در شرایط مختلف خاک اعداد دیگری را نیز پیشنهاد می‌کنند [۶-۸]. استاندارد NACE به‌عنوان شناخته شده‌ترین استاندارد خوردگی بجز این، معیار شیفت ۱۰۰ را نیز پیشنهاد می‌کند. در این معیار پتانسیل سازه حداقل به میزان ۱۰۰- میلی‌ولت پلاریزه می‌شود [۹]. این معیار هم برای همه گروه‌های فولاد و هم برای غیر فولادی‌ها پیشنهاد شده است [۱۰]. در استاندارد NACE SP-0169 برای انتخاب روش مناسب حفاظت، مطالعه مهندسی را پیش شرط می‌داند.

در مطالعه حاضر سامانه حفاظت کاتدی ۵ عدد مخزن مورد بررسی قرار گرفت. سامانه همه این مخزن‌ها برای رسیدن به معیار ۸۵۰- طراحی شده بود. در زمان راه‌اندازی دو مخزن از نمونه‌های مورد بررسی نیازمند جریان حفاظتی غیرعادی شدند. واحد مهندسی شرکت برنا الکترونیک با توسعه روش علمی اندازه‌گیری قطبش در محیط صنعتی رفتار قطبشی کف مخزن‌ها را بررسی و رفتار آنها را در جریان‌های بالا پیش‌بینی کرد.

۲ - روش تحقیق

سامانه مورد بررسی

در مطالعه حاضر عملکرد سامانه حفاظت کاتدی ۵ عدد مخزن مورد بررسی قرار گرفته است. این مخزن‌ها دارای قطر و سرویس‌های مختلف بودند. از لحاظ ساختاری تمامی این مخزن‌ها بر روی یک پی بتنی بنا شده بودند. حداثی لایه بتنی و کف مخزن لایه‌های فشرده ماسه و یک لایه عایق ژئوممبران (Geo-membrane) در یک متری زیر مخزن نصب شده بود. سامانه حفاظت کاتدی شبکه مش آندی در عمق ۶۰ سانتیمتری زیر ورقه مخزن بوده است و هافسل‌های دائم CSE در عمق ۳۰ سانتیمتری زیر ورقه کف و در شعاع‌ها مختلف زیر مخزن دفن شده بود. ورقه زیرین کلیه مخزن‌ها با پوشش اپوکسی با ضخامت ۴۰۰ میکرومتر قبل از جوشکاری پوشیده شده بود. مقاومت الکتریکی ماسه زیر مخزن‌ها به طور میانگین در حدود ۲۰۰۰۰ اهم . سانتیمتر بوده است. سامانه‌های حفاظت کاتدی در بازه یک سال پس از اجرای مخزن‌ها راه‌اندازی شدند. کلیه ترانسفورمر رکتیفایرهای مورد استفاده ساخت شرکت برنا الکترونیک بوده است. ضخامت‌سنجی و وضعیت ورقه‌ها توسط گروهی دیگر مورد بررسی قرار گرفت. پتانسیل و جریان اعمالی و رفتار ۳ مخزن (محافظت شده با معیار ۸۵۰-) در جدول ۱ آورده شده است.

دانسیته جریان نرمال حفاظت 2 mA/m^2 -۵ است و به دفعات مورد

جدول ۱ - داده‌های عملکرد سامانه کاتدی مخزن شماره ۱ تا ۳

تجهیز	قطر مخزن (m)	دمای کاری (°C)	جریان ترانس (I)	ولتاژ ترانس (V)	پتانسیل حالت وصل* (mV E _{on} vs. CSE)	پتانسیل حالت قطع* (mV E _{off} vs. CSE)	دانسیته جریان اعمالی** (mA/m ²)
مخزن ۱	۶/۳	۴۰	۰/۵	۲	-۱۵۷۸	-۸۹۲	۳۲/۱
مخزن ۲	۱۲/۲	۷۰	۱/۶	۲/۸	-۱۸۰۵	-۹۲۳	۲۷/۳
					-۱۸۸۵	-۹۳۷	
					-۱۷۱۵	-۹۰۸	
					-۱۸۷۵	-۹۴۲	
					-۱۸۸۲	-۹۴۲	
مخزن ۳	۳۶/۹	۴۵	۱۷	۸	-۱۶۹۳	-۸۵۰	۳۱/۸
					-۱۵۱۵	-۹۲۰	
					-۱۴۹۷	-۸۴۵	
					-۱۵۱۳	-۸۷۵	
					-۱۵۳۵	-۹۰۵	
					-۱۷۸۶	-۸۵۳	
					-۱۸۶۰	-۸۷۷	
					-۱۸۵۲	-۹۴۵	

*پتانسیل‌های قرائت شده برای تمام هافسل‌ها جداگانه آورده شده است.

**فرض شده جریان اعمالی تنها از سطح بدون پوشش عبور می‌کند. اثر دما در این دانسیته جریان در نظر گرفته نشده است.

۳ - بحث و نتیجه گیری

بررسی سامانه حفاظت کاتدی مخزن‌های شماره ۱ تا ۳ - براساس اطلاعات و محاسبات ارائه شده در جدول ۱، دانسیته جریان حفاظتی ۳ مخزن برای رسیدن به معیار حفاظتی ۸۵۰- در بازه ۲۵-۳۵ mA/m² قرار دارد. اندازه‌گیری‌های انجام گرفته از کف مخزن صحت عملکرد سامانه کاتدی را نیز تایید کرده اند.

بررسی سامانه حفاظت کاتدی مخزن‌های شماره ۴ و ۵
براساس طراحی و محاسبات جدول ۲ جریان ۲۲ آمپر (معادل دانسیته جریان ۹۵-۹۰ mA/m² با فرض ۵۰ درصد تخریب پوشش) به مخزن ۴ و ۵ اعمال شد. پتانسیل قطع لحظه‌ای مخزن‌ها در محدوده ۸۰۰- میلی ولت نسبت CSE قرار گرفت. با توجه به تجارب گذشته شرکت برنا الکترونیک و گزارشات دیگر شرکت‌ها [۲] نیاز به چنین جریانی غیرعادی ارزیابی شد.

وضعیت مخزن براساس رویه داخلی شرکت برنا الکترونیک با عنوان " گزارش وضعیت مخزن‌ها " مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد علت قرائت جریان بالا نقص‌های سازه‌ای و اتصال کوتاه نیست. براساس تصمیم کمیته فنی پروژه، پروفیل پتانسیل به صورت CIPS در اطراف مخزن تهیه شد. این پروفیل به همراه نقشه موقعیت مخزن شماره ۴ در شکل ۱ آورده شده است. جدول ۳ پتانسیل‌های قرائت شده در اطراف مخزن ۴ را نشان می‌دهد.

استفاده قرار گرفته است. برای محاسبه جریان حفاظتی ابتدا میزان تخریب پوشش پیش‌بینی می‌شود و سپس با در نظر گرفتن دانسیته جریان نرمال، جریان کل محاسبه می‌شود. براساس استانداردها و رویه‌های مهندسی [۱۱ و ۱۲] به ازای ۱۰ درجه سلسیوس دمای بالاتر از دمای محیط (۳۰ درجه سلسیوس)، ۲۵ درصد به جریان حفاظتی اضافه می‌شود. در شرایط موجود تخریب اولیه پوشش ۵۰ درصد در نظر گرفته شده است. به این معنی که نصف مساحت کف مخزن جریان را جذب می‌کند و در محاسبات دانسیته جریان آورده می‌شود.

رفتار غیرعادی

دو مخزن دیگر که در محدوده واحد آب پالایشگاه بودند رفتار غیرعادی داشته‌اند و با اعمال جریان‌های نرمال به حد حفاظت نمی‌رسیدند. اندازه‌گیری‌های پتانسیل به صورت CIPS در اطراف این دو مخزن پروفیل‌های متغیری از نشت جریان را نشان داد. نمونه ای از پروفیل اندازه‌گیری شده در شکل ۱ آورده شده است.

بررسی رفتار قطبشی

ابتدا براساس رویه بررسی سامانه‌های کاتدی واحد مهندسی شرکت برنا الکترونیک سامانه موجود مورد بررسی قرار گرفت. سپس زمان رسیدن به حد پایداری در چند پتانسیل مورد بررسی قرار گرفت و بعد از آن تغییرات جریان براساس تغییرات پله ای پتانسیل استخراج گردید. پروفیل رفتار قطبشی در شکل ۲ آورده شده است.

جدول ۲ - داده‌های عملکرد سامانه کاتدی مخزن شماره ۴ و ۵

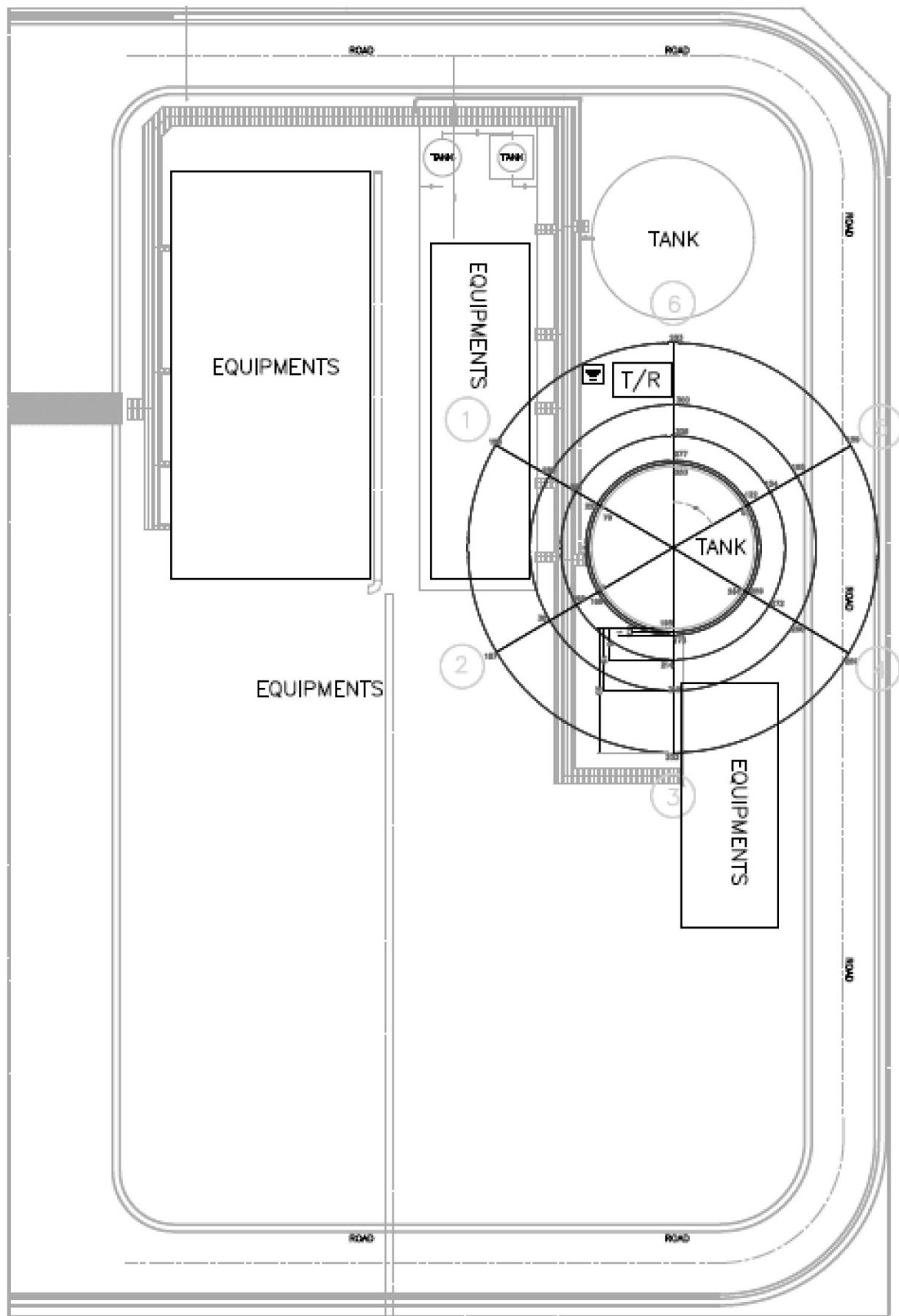
تجهیز	قطر مخزن (m)	دمای کاری (°C)	جریان ترانس (I)	ولتاژ ترانس (V)	پتانسیل حالت وصل* (mV E _{on} vs. CSE)	پتانسیل حالت قطع* (mV E _{off} vs. CSE)	دانشیته جریان اعمالی ^{xx} (mA/m ²)
مخزن ۴	۲۴/۹	۵۰	۲۲/۰	۷/۰	-۱۸۵۶ -۱۷۵۴ -۱۷۵۹ -۱۸۷۳ -۱۸۰۵ -۱۷۳۶	-۸۵۳ -۸۴۳ -۷۷۰ -۸۱۸ -۸۲۷ -۷۴۱	۹۰/۴
مخزن ۵	۲۴/۹	۵۰	۲۳/۲	۷/۲	-۱۸۴۴ -۱۸۰۳ -۱۷۸۲ -۱۸۱۹ -۱۸۰۷ -۱۹۷۷	-۸۱۱ -۸۲۵ -۸۲۰ -۸۳۰ -۹۰۱ -۸۳۱	۹۵/۳

* پتانسیل‌های قرائت شده برای تمام هافسل‌ها جداگانه آورده شده است.

^{xx} فرض شده جریان اعمالی تنها از سطح بدون پوشش عبور می‌کند. اثر دما در این دانشیته جریان در نظر گرفته نشده است.

جدول ۳ - پتانسیل قرائت شده (CIPS) اطراف مخزن ۴ براساس جهت‌های مشخص شده در شکل ۱

پتانسیل بر اساس متر فاصله شعاعی از دیواره مخزن (mV vs. CSE)					نوع اندازه‌گیری	جهت اندازه‌گیری در شکل ۱
۲۰	۱۰	۵	۱	۰/۵		
-۲۰۹ -۵۱	-۳۱۶ -۳۶	-۲۹۰ -۹	-۲۲۷ -۶	-۱۸۸ -۱۰۹	وصل قطع	۱
-۱۹۲ -۵	-۱۰۹ -۷۱	-۲۱۳ -۱۴	-۱۵۲ +۱۶	-۱۰۲ -۹	وصل قطع	۲
-۴۰۱ -۱۹۸	-۳۱۱ -۹۲	-۲۷۲ -۵۸	-۲۴۳ -۷۰	-۲۱۱ -۱۶	وصل قطع	۳
-۳۱۸ -۵۹	-۳۲۴ -۶۴	-۳۵۲ -۸۰	-۳۲۰ -۶۱	-۳۰۹ -۶۳	وصل قطع	۴
-۵۵ -۱۰۴	-۸۴ +۸۱	-۹۱ +۶۳	-۶۷ +۵۵	-۴۷ +۴۳	وصل قطع	۵
-۳۰۶ -۲۳	-۳۳۴ -۳۴	-۳۵۸ -۵۲	-۳۲۴ -۴۷	-۲۹۳ -۴۳	وصل قطع	۶



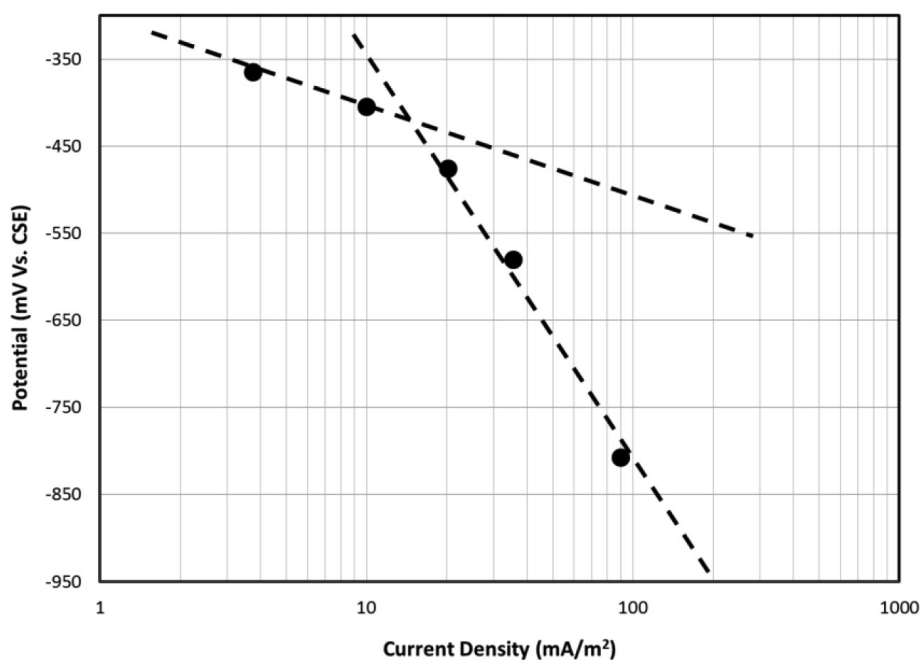
شکل ۱ - موقعیت مخزن شماره ۴ و ۵ و پروفیل پتانسیل اطراف

بر اساس نمودار بدست آمده شیب قطبشی برای هافسل‌های مختلف در دانسیته جریان‌های پایین حدود 100 mV/Decade و در دانسیته جریان‌های بالا و ورود به حالت نفوذی حدود -450 mV/Decade بدست آمد. این شیب در کلیه هافسل‌ها و دو مخزن ۴ و ۵ در همین حدود بوده است. براساس تفسیر معیارهای حفاظت استاندارد NACE SP-0169 [۱۰] که در مرجع پی بادی آمده است [۵]، پایه انتخاب شیف ۱۰۰، کمتر بودن شیب قطبشی از 100 mV/Decade است. این حالت در بررسی مخزن‌های شماره ۴ و ۵ در دانسیته جریان‌های کم مشاهده شده است. نزدیک بودن شیب پلاریزاسیونی به 100 mV/Decade تایید می‌کند استفاده از شیف ۱۰۰ سرعت خوردگی را بیشتر از ۱۰ برابر کاهش می‌دهد و برای این شرایط قابل استفاده است [۵]. براساس منحنی قطبش (شکل ۲) افزایش دانسیته جریان منجر به غلبه حالت نفوذی می‌شود. در این شرایط احتمال تخریب پوشش افزایش می‌یابد. علاوه بر این قطبش اضافه موجب تصاعد گاز در آند زیر کف مخزن شده که این گاز خود به خود موجب دیپلاریزه شدن شده و نیاز به جریان برای قطبیده شدن را افزایش می‌دهد.

با توجه به شیب قطبشی برای رسیدن به معیار -850 (در سال اول) پیش‌بینی می‌شود، میزان جریان مورد نیاز حدود ۲۶ آمپر معادل دانسیته جریان 105 mA/m^2 باشد. با در نظر گرفتن نتایج CIPS و مشاهده گرادیان پتانسیل این جریان قطعا نشت زیادی به سازه‌های اطراف دارد. هرچند که معیار -850 معیار سختگیرانه تری در میان کارشناسان خوردگی است اما باید توجه داشت که رسیدن به این معیار مستلزم استفاده از جریان‌های بالاتری نسبت به معیار شیف ۱۰۰ است. استفاده از جریان بیشتر می‌تواند خطرات متعددی را برای سازه‌های اطراف بوجود آورد.

براساس اطلاعات پتانسیل قرائت شده به روش CIPS که در شکل ۱ و جدول ۲ آورده شده است در اطراف مخزن گرادیان پتانسیل متأثر از سامانه حفاظت کاتدی کف مخزن بوجود آمده است. این نوع گرادیان پتانسیل نشان دهنده نشت جریان است. بر اساس پیش فرض طراحی و جزئیات اجرایی، کف مخزن بر روی یک لایه ماسه فشرده قرار گرفته است. در زیر این لایه ماسه یک ژئو ممبران با مقاومت الکتریکی بالا قرار دارد که معمولاً به عنوان عایق در نظر گرفته می‌شود. چنین نشت جریانی نشان می‌دهد که این لایه صدمه دیده است. اندازه‌گیری‌های صورت گرفته در اطراف دیگر مخزن‌ها نشاندهنده گرادیان ناچیز میلی ولت بوده که خود تاییدی بر صحت عملکرد لایه زیرین برای ۳ مخزن اول دارد.

در مرحله بعد برای پیش‌بینی جریان حفاظتی مناسب و بازنگری معیار پتانسیل به صورت صنعتی رفتار پلاریزاسیونی کف مخزن استخراج شد. برای استخراج داده‌های صحیح ابتدا سامانه حفاظت کاتدی به مدت یک هفته خاموش شد تا به پتانسیل طبیعی برسد. سپس با اعمال جریان‌های مختلف و زمان‌های طولانی زمان رسیدن به حد پایداری پتانسیل‌ها استخراج شد تا خطای اندازه‌گیری در اثر به پایداری نرسیدن سامانه تحت قطبش به حداقل برسد. زمان پایداری برای سامانه موجود یک ساعت (۶۰ دقیقه) بدست آمد. در زمان یکساعت تغییرات پتانسیل کمتر از ۵ درصد نسبت به حالت نهایی بوده است. مجدداً سامانه به مدت سه روز خاموش شد و پتانسیل به حالت پله‌ای افزایش داده شد. شرایط خروجی ترانسفورمر رکتیفایر و پتانسیل قطع و وصل در هر مرحله قرائت شد. منحنی قطبش به صورت صنعتی رسم گردید. نتایج قرائت شده بر روی کلیه هافسل‌ها رفتار یکسانی را نشان دادند و یکی از آنها به عنوان نمونه در شکل ۲ آورده شده است.



شکل ۲ - منحنی قطبش ورقه کف مخزن

سازه‌های مجاور شده و راه حل مناسبی برای حفاظت از سازه‌هایی است که به معیار ۸۵۰- نمی‌رسند و یا برای رسیدن به آن نیازمند دانسیته جریان‌های بسیار بالا هستند. معیار شیفت ۱۰۰ در پالایشگاه‌های متعددی استفاده شده است. نمونه‌ای از این گزارشات در مرجع ۳ و ۱۳ و ۱۴ آورده شده است. یکی از نکات مثبت استفاده از شیفت ۱۰۰ به عنوان معیار حفاظت به خصوص در پالایشگاه‌های بزرگ کمتر شدن خطر نشت به دیگر سازه‌ها بوده است.

در نمونه مورد بررسی مخزن‌های ۴ و ۵ حالت قطبشی به حالت نفوذی می‌رسد که موجب تخریب پوشش و فعال شدن سازوکارهای واقطیش (دیپلاریزاسیون) شده که در نتیجه آن در دراز مدت جریان مورد نیاز به طرز غیر واقعی افزایش یافته و در برخی موارد می‌تواند موجب از کار افتادن سامانه حفاظت کاتدی شود. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از معیار شیفت ۱۰۰ علاوه بر کاهش سرعت خوردگی به میزان کافی باعث جلوگیری از آسیب دیدن

نتیجه

نتایج بدست آمده به صورت خلاصه در زیر آورده شده است:

- ۱ - حفاظت کاتدی یک راه موثر کنترل خوردگی کف مخزن‌ها در تماس با زمین می‌باشد.
- ۲ - استفاده از روش قطبشی می‌تواند به عنوان یک روش انتخاب معیار مورد استفاده قرار گیرد.
- ۳ - رسیدن به معیار ۸۵۰- (قطع لحظه‌ای) با دانسیته جریان پیش‌بینی شده قابل تحقق است به شرطی که میزان نشت جریان کنترل شده باشد.
- ۴ - در حالت وجود نشت جریان می‌توان با معیار شیفت ۱۰۰ به حفاظت رسید و سرعت خوردگی را کنترل نمود.
- ۵ - قطبش بیش از حد منجر به رسیدن به حالت نفوذی شده که می‌تواند برای خود سازه تحت حفاظت نامناسب باشد.
- ۶ - استفاده از معیار ۸۵۰- همیشه مناسب نبوده و در بعضی مواقع می‌تواند موجب خسارت نیز بشود.
- ۷ - استفاده از معیار شیفت ۱۰۰، هم هزینه کمتری دارد و هم باعث عمر طولانی سازه خواهد شد.

منابع

- [1] W. Von Baeckmann, W. Schwenk, W. Prinz, "Handbook of Cathodic Protection: Theory and Practice of Electrochemical Processes", 3rd Ed., 1997.
- [2] B. Chatterjee, "Prevention of External (Soil Side) Corrosion on Storage Tank Bottom Plates by Cathodic Protection System", NACE Corrosion Conference 2008, Paper No. 08058.
- [3] NACE CP3 Course Manual, 2011.
- [4] E. E. Stansbury, R. A. Buchanan, "Fundamentals of Electrochemical Corrosion", 1st Ed., 2000.
- [5] A. W. Peabody, "Peabody's Control of Pipeline Corrosion", 2ed Ed.
- [6] Standard DIN 30676, "Design and Application of Cathodic Protection of External Surface", 1985.
- [7] Standard BS EN 13636, "Cathodic Protection of Buried Metallic Tanks and Related Piping", 2004.
- [8] Standard BS EN 12954, "Cathodic Protection of Buried or Immersed-General Principles and Application for Pipeline", 2001.
- [9] Standard NACE RP0285, "Corrosion Control of Underground Storage Tank Systems by Cathodic Protection", 2002.
- [10] Standard NACE SP0169, "Corrosion of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping System",
- [11] Standard ISO 15589-1, "Petroleum and Natural Gas Industries-Cathodic Protection of Pipeline Transportation Systems-Part 1: On-Land Pipeline", 2003.
- [12] Shell DEP 30.10.73.10, "Cathodic Protection", 2003.
- [13] L. Koszewski, "Application of the 100 mV Polarization Criterion for Aboveground Storage Tank Bottoms", NACE Corrosion Conference 2001, Paper No. 01591.
- [14] T. J. Barlo, "Field Testing the Criteria for Cathodic Protection", American Gas Association, SAIC Interim Report, Dec. 1987, Cat. No. L51546, 1988.

بازرسی و پایش خوردگی

هفت اشتباه رایج در استفاده از روش التراسونیک دور برد برای پایش خوردگی خطوط لوله

امیر یاری سعدی^{۱*}، حسین کهتری^۲، ایمان موسی نیا^۳

^{۱،۲،۳} شرکت بازرسی فنی و کنترل خوردگی تکنیکو

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: a.yari@techinco.net

چکیده

در این مقاله ضمن تشریح اصول بازرسی با استفاده از روش التراسونیک دور برد (Guided Wave Ultrasonic, GW) به بررسی قابلیت‌ها و دامنه کاربرد این روش برای بازرسی خوردگی خطوط لوله پرداخته شده است. در سال‌های اخیر استفاده از التراسونیک دور برد به عنوان یک روش کیفی مناسب به منظور پایش خوردگی خطوط لوله، جایگاه مناسبی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در دنیا پیدا کرده است. متأسفانه بروز برخی اشتباهات فنی در بکارگیری مناسب این روش در پایش خوردگی خطوط لوله موجب عدم موفقیت و ناکارآمدی این روش در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی ایران شده است. در اینجا سعی شده که این اشتباهات رایج با توجه به تجربه‌های موجود بررسی شده و راه کارهای مناسب جهت اصلاح آنها و در نتیجه افزایش اثربخشی و کاربرد بیشتر این روش در صنایع مربوطه ارائه گردد. همچنین با توجه به مزایا و محدودیت‌های این روش بازرسی به عنوان یک روش کیفی، استفاده از روش‌های تکمیلی برای کامل نمودن بازرسی و صحت‌گذاری نتایج حاصل از بازرسی با روش التراسونیک دور برد، مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: التراسونیک دور برد، خوردگی خطوط لوله، امواج هدایت شونده، Guided Wave Ultrasonic, GW

۱ - مقدمه

خطوط لوله مورد استفاده برای انتقال و توزیع نفت، گاز، محصولات پتروشیمی، مواد شیمیایی و غیره، اهمیت حیاتی در اقتصاد دارند و سلامت این تجهیزات حیاتی با تخریب الکتروشیمیایی یا خوردگی در معرض خطر می‌باشد. خوردگی خط لوله عبارت است از تخریب متريال لوله و سامانه مربوطه به دلیل برهمکنش با محیط کاری آن که یک مشکل بزرگ است. خوردگی خطوط لوله هزینه‌های گزافی را به صنایع مختلف تحمیل می‌کند. بنابراین طراحی و انتخاب متريال مناسب جهت ساخت لوله و روشهای پیشگیری از بروز خوردگی مانند پوشش‌دهی و حفاظت کاتدی اهمیت بالایی دارد [۱ و ۲].

با توجه به شرایط سرویس‌دهی خطوط لوله انواع سازوکارهای تخریب می‌توانند موجب بروز عیب بر روی لوله گردند [۳]. متداول‌ترین عیب در خطوط لوله سایش است که این عیب از نوع عیوب مکانیکی بوده و با دسترسی موضعی به بخشی از خط لوله و انجام ضخامت‌سنجی التراسونیک شناسایی می‌گردد [۴]. این روش از دهه ۱۹۶۰ میلادی مورد استفاده بوده است [۵]. خوردگی‌های عمومی، موضعی و حفزه‌ای از نمونه عیوب رایج در خطوط لوله می‌باشند که با فراهم بودن دسترسی مناسب به سطح لوله و اجرای بازرسی التراسونیک پالس اکو با پروب نرمال مشخص می‌گردند. ترک‌های خستگی، ترک ناشی از نفوذ هیدروژن، تاول‌ها و پوسته‌ای شدن از نمونه عیوب موضعی خطوط لوله است که در شرایط سرویس‌دهی خاصی (مانند خطوط لوله آمین، گاز ترش) بوجود می‌آیند [۳]. این عیوب با فراهم بودن دسترسی مناسب به سطح لوله و اجرای بازرسی التراسونیک پالس اکو با پروب زاویه‌ای مشخص می‌گردند [۴].

هدف از بازرسی حین بهره‌برداری یا سرویس‌دهی، تعیین وضعیت موجود و وسعت عیوب و تخریب‌های به وجود آمده در خط لوله می‌باشد. بازرسی حین بهره‌برداری جزء لاینفکی از مدیریت یکپارچگی ساختاری است که یک فرایند مداوم برای اطمینان از متناسب بودن برای سرویس‌دهی (Fitness For Service) است [۶]. در زمان تعمیرات دوره‌ای و اساسی با توجه به محدود بودن زمان بازرسی، اجرای عملیات آماده‌سازی خطوط لوله برای بازرسی همواره چالشی جدی بوده است. این آماده‌سازی معمولاً شامل داربست بندی، برداشتن عایق، برداشتن رنگ، ایجاد روشنایی مناسب، آماده‌سازی و تمیزکاری سطح در برخی از نواحی مشکوک به تخریب و غیره می‌باشد. با توجه به اینکه قبل از انجام بازرسی، پیش بینی موقعیت رخداد عیب و تخریب در خط لوله به صورت دقیق و کامل ممکن نیست، لذا تعیین این مواضع تست و بازرسی حدودی بوده و در نتیجه با بازرسی موضعی تنها می‌توان حداقل اطلاعات را در خصوص وضعیت خط لوله به دست آورد. از طرفی، بهترین گزینه در تعمیر و نگهداری خطوط لوله ارزیابی مستقیم صد درصدی خطوط با حداقل هزینه است. لذا در صورتی که تصمیم به اجرای بازرسی در کل طول خط لوله باشد، این امر همواره با هزینه‌های

بالای اجرای آماده‌سازی و بازرسی همراه است که در عمل از لحاظ اقتصادی و فنی توجیه پذیر نیست.

در نتیجه با توجه به موارد ذکر شده فوق نیاز به روش بازرسی پیشرفته‌ای است که ضمن عدم نیاز به آماده‌سازی سطحی زیاد و زمانبر بودن، بتواند حداکثر اطلاعات از وضعیت خطوط لوله را ارائه نماید. در سال‌های اخیر و با توجه به رشد تکنولوژی، روش بازرسی التراسونیک دور برد (Guided Wave Ultrasonic - GW) به عنوان روشی بسیار اثربخش و سریع در پایش کامل خط لوله با دسترسی موضعی حداقل، مطرح شده است [۷-۹]. اجرای این روش بازرسی برای سالیان متمادی بر روی خطوط لوله مهم دنیا کیفیت و دقت این روش را به اثبات رسانده است. ولی متأسفانه بروز برخی اشتباهات در استفاده از این روش، مانع از بکارگیری مناسب آن در پایش خطوط لوله در صنایع مختلف در ایران شده است. در این مقاله پس از شرح مختصر اصول بازرسی به روش GW به تشریح اشتباهات مربوط به استفاده از آن پرداخته شده و در ادامه راه‌کارهایی برای برطرف نمودن این اشتباهات ارائه شده است.

۲ - معرفی روش بازرسی التراسونیک دور برد

التراسونیک با امواج هدایت شونده یا دور برد (GW) یکی از روش‌های آزمون‌های غیرمخرب است که برای پیدا کردن نواحی خوردگی در خطوط لوله مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۱). در این روش از امواج التراسونیک فرکانس پایین (معمولاً کمتر از ۱۰۰ kHz) استفاده می‌شود [۷]. استفاده از روش بازرسی التراسونیک با امواج هدایت شونده یا دور برد برای بازرسی خوردگی خطوط لوله در حال سرویس در سرتاسر دنیا به صورت روزافزون در حال گسترش می‌باشد [۷-۱۷].

در این روش پس ایجاد دسترسی در نواحی مشخصی از خط لوله و برداشتن عایق، مجموعه مبدل‌های التراسونیک در قالب نوار یا حلقه به دور لوله بسته شده و با ارسال و دریافت امواج التراسونیک، تمامی مقطع لوله از دو طرف حلقه به فاصله مشخصی، که به شرایط خط لوله و تنظیمات سامانه بستگی دارد، مورد پایش قرار گرفته و نتایج توسط سامانه نرم‌افزاری دستگاه GW (مانند Wave Maker G4 TM) پردازش و ارائه می‌شود (شکل ۲).

در شکل ۲ بخش پایینی مربوط به نمودار A-Scan و بخش بالایی مربوط به نمودار C-Scan می‌باشد. در نمودار A-Scan مکان نصب حلقه با رنگ سبز و محدوده میدان نزدیک التراسونیک (Ultrasonic Near Field) با نوار خاکستری رنگ در کنار مکان نصب حلقه مشخص می‌باشد. کلیه عوامل موجود بر روی خط لوله مانند جوش یا زانویی به صورت سیگنال التراسونیک در این نما مشخص می‌شوند. عوامل متقارن نسبت به محیط لوله مانند جوش به صورت سیگنال مشکی و عوامل نامتقارن نسبت به محیط لوله مانند درین (Drain) و ونت (Vent) به صورت سیگنال قرمز در این نمودار مشخص می‌باشد.

میزان افت امواج التراسونیک و برد امواج متغیر می‌باشد که به‌عنوان نمونه این حالت‌ها در جدول شماره ۱ آورده شده است [۱۸].

۳- هفت اشتباه رایج در استفاده از روش التراسونیک دور برد برای پایش خوردگی خطوط لوله

۱- ۳- بازرسی کلیه خطوط لوله فرآیندی در واحد صنعتی به روش التراسونیک دور برد

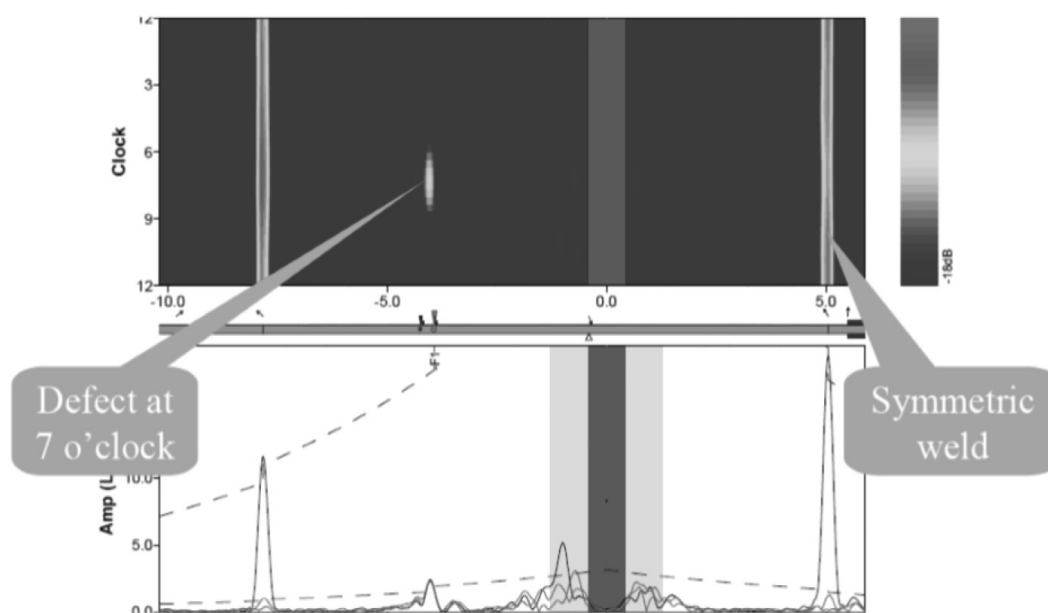
در واحدهای صنعتی در زمان تعمیرات اساسی برای خطوط لوله فرآیندی روش‌های بازرسی چشمی، ضخامت‌سنجی، التراسونیک پالس اکو، التراسونیک پیشرفته (Phased Array)، مایعات نافذ، ذرات مغناطیسی و پرتونگاری جهت شناسایی انواع سازوکارهای تخریب مورد استفاده

در نمودار C-Scan موقعیت مکانی کلیه عوامل موجود در خط لوله به همراه مکان و ساعت قرارگیری عیوب به صورت نمای باز شده لوله یا C-Scan نمایش داده می‌شود.

در سامانه التراسونیک دور برد با توجه به فرکانس کاری سامانه، تماس بین میله‌های التراسونیک و سطح لوله به صورت خشک بوده و نیاز به عامل کوپل کننده نیست ولی برای برقراری تماس مناسب از ابزار مکانیکی یا پنوماتیکی استفاده می‌شود. برد انتشار سیگنال التراسونیک به شرایط لوله مورد بازرسی از جمله میزان خوردگی، نوع و کیفیت پوشش، جنس و چگالی سیال داخل لوله بستگی دارد. اگر لوله در شرایط خوبی بوده و تعداد عواملی مانند زانویی، درین، ونت، ولو (Valve)، جوش و غیره کم باشد، برد امواج بیشتر می‌شود. در مجموع با توجه به شرایط خوردگی داخلی و خارجی لوله و شرایط پوشش لوله



شکل ۱ - استفاده از روش GW برای بازرسی خط لوله



شکل ۲ - نمونه ای از نتیجه بازرسی به روش GW که نشان دهنده نمایش A-Scan (پایین) و C-Scan (بالا) است [۱۸]

تجهیزات GW این روش در خطوط لوله فرآیندی با طول زیاد (بیش از یک شاخه لوله) اثربخشی بهتری نسبت به خطوط لوله فرآیندی با طول کمتر دارد [۱۸].

بنابراین در بازرسی خطوط لوله فرآیندی می‌بایست با توجه به نوع سازوکار تخریب هر بخش از خطوط لوله نسبت به انتخاب روش بازرسی مناسب آن اقدام نمود. در نهایت روش بازرسی GW جایگزین مناسبی برای بخشی از این خطوط لوله می‌تواند باشد که حداقل یکی از شرایط زیر را دارا باشد [۱۸]:

– در خطوط لوله رایزر (Riser) بدلیل عدم نیاز به داربست‌بندی در کل ارتفاع تجهیز

– در خطوط لوله دارای عایق با طول زیاد بدلیل عدم نیاز به برداشتن و نصب زمان بر و هزینه بر عایق‌ها

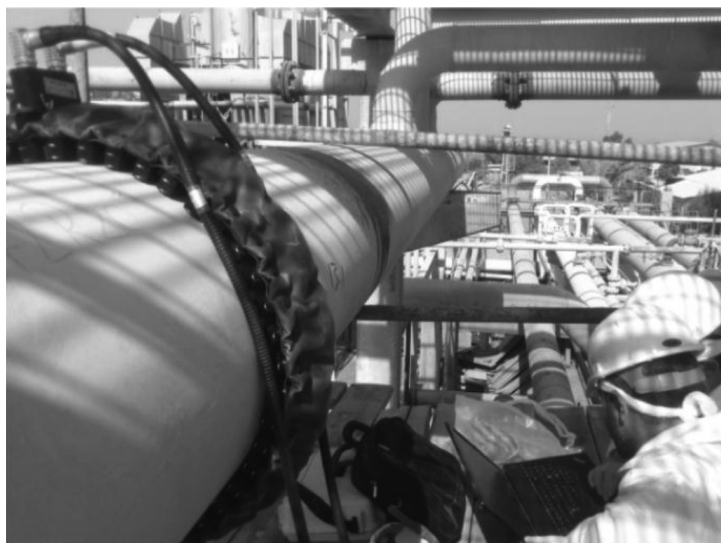
– در خطوط لوله روی پایپ رک (Pipe Rack) بدلیل عدم نیاز به بازرسی زمان بر و هزینه بر التراسونیک موضعی و همچنین پوشش کامل تر روش GW (شکل ۳)

قرار می‌گیرد. با روال متداول نادرست اطلاع‌رسانی و تبلیغ روش GW، جایگزینی این روش به جای سایر روش‌های بازرسی به کارفرمایان پیشنهاد داده می‌شود. از مزایای اعلام شده می‌توان به بالاتر بودن سرعت بازرسی، کمتر بودن هزینه و در نتیجه بازرسی کلیه خطوط لوله فرآیندی در زمان کم تعمیرات اساسی اشاره کرد. در برخی مجتمع‌ها کارفرمایان با حذف کلیه بازرسی‌های جاری خود اقدام به جایگزینی روش GW نمودند که در نهایت با توجه به عدم انطباق نتایج حاصله با انتظارات کارفرما، روش GW به عنوان روشی ناکارآمد شناخته شد.

در توضیح اشتباه فوق می‌توان گفت که مطابق با توصیه‌های استانداردهای بین‌المللی، هر سازوکار تخریبی، روش بازرسی مختص خود را دارد [۳]. به عنوان مثال عیب سایش با دسترسی موضعی به بخشی از خط لوله و انجام ضخامت‌سنجی التراسونیک شناسایی می‌گردد یا عیوب خوردگی موضعی با فراهم بودن دسترسی مناسب به سطح لوله و اجرای بازرسی التراسونیک پالس اکو با پروب نرمال مشخص می‌گردند. لازم به ذکر است با توجه به توصیه‌های شرکت‌های سازنده

جدول ۱- محدود برد GW در خط لوله با شرایط مختلف [۱۸]

شروط خط لوله		حداقل برد GW		حداکثر برد GW	
		برد (متر)	میرایی (dB/m)	برد (متر)	میرایی (dB/m)
مستقیم با ساپورت ساده و خوردگی کم		۵۰	۰/۸	۲۰۰	۰/۲
۳۰ ساله تمیز		۲۰	۲	۵۰	۰/۸
۳۰ ساله با خوردگی یکنواخت		۱۵	۲٫۶	۳۰	۱/۳
با فوم اعمال شده در کارخانه		۱۰	۴	۲۰	۲
با لایه نازک قیر سفت		۵	۸	۲۵	۱/۶
با لایه ضخیم قیر نرم		۲	۲۰	۸	۵
اندود شده با دوغاب یا ملات رقیق		۱۰	۴	۳۰	۰/۷۵
داخل بتن با چسبندگی ضعیف		۲	۲۰	۸	۵
داخل بتن با چسبندگی خوب		۱	۴۰	۲	۲۰



شکل ۳ - استفاده از روش بازرسی GW برای خط لوله واقع در ارتفاع

صوتی (امپدانس) گردد می‌تواند موجب بروز نشانه ناپیوستگی در روش GW گردد، لذا اجرای بازرسی تکمیلی بر روی نتایج حاصله از عملیات بازرسی GW الزامی می‌باشد.

در پایش خوردگی خطوط لوله می‌توان با توجه به مزایایی مانند بلند بودن برد، داشتن پوشش کامل، کم هزینه بودن و حداقل نیاز به دسترسی به سطح لوله، از روش GW استفاده نمود تا با سرعت و دقت بالا با حداقل هزینه، کل سطوح خطوط لوله مورد پایش و غربالگری قرار گیرد (شکل ۴). بعد از تفسیر نمودارهای بدست آمده از روش GW، در نواحی مشکوک به عیب اجرای بازرسی تکمیلی چشمی برای عیوب خارجی و بازرسی التراسونیک برای عیوب داخلی لوله اجرا می‌گردد. در نهایت نتایج حاصله در گزارشات GW درج شده و پس از بررسی نتایج و با توجه به شرایط سرویس‌دهی خط، می‌توان بر مبنای استاندارد API 579 ارزیابی متناسب بودن جهت سرویس‌دهی (FFS) و تعیین عمر باقیمانده انجام داده [۱۹] و نسبت به صدور گواهینامه سلامت خط لوله اقدام نمود.

۳-۳ - تفسیر نمودارها و نتایج حاصل از روش GW توسط نفرات دارای گواهینامه التراسونیک سطح دو یا سه

با توجه به نوین بودن روش GW و دشواری تئوری آن و تفسیر نتایج حاصل از بازرسی، اجرای درست این روش بستگی زیادی به مهارت و تجربه بازرسین دارد. نتایج حاصل از روش GW در قالب نمودارهای

۲-۳ - انتظار صدور گواهینامه سلامت برای خطوط لوله بازرسی شده صرفاً به روش التراسونیک دور برد

در برخی موارد این گونه اظهار می‌شود که پس از اجرای بازرسی به روش GW، می‌توان برای خطوط لوله گواهینامه سلامت صادر نمود. بر این اساس برخی از کارفرمایان اجرای این روش را در دستور کار قرار داده و پس از دریافت نتایج حاصله از روش GW اقدام به اجرای تعمیرات بر اساس این گزارشات می‌کنند. نتیجه این بوده که در برخی از موارد در موضع تعویض شده هیچگونه نشانه‌ای از عیب مشاهده نشده و یا در برخی دیگر، در موضعی که هیچگونه عیبی گزارش نشده بود نشستی اتفاق افتاده است. در نتیجه با توجه به عدم انطباق نتایج حاصله با انتظارات کارفرما روش GW به‌عنوان روشی بی اثر جلوه نموده است. در توضیح اشتباه فوق می‌توان گفت که روش GW یک بازرسی غیرمخرب پیشرفته جهت پایش و غربالگری وضعیت خوردگی در خطوط لوله می‌باشد. این بدین معناست که از نتایج این روش نمی‌توان ابعاد دقیق عیوب را بدست آورد. در روش بازرسی التراسونیک یا پرتونگاری، در نهایت گزارش حاصله ابعاد عیب را در قطعه جهت ارزیابی نهایی و تطبیق با استاندارد مشخص می‌نماید، ولی در روش GW صرفاً نتایج حاصله می‌تواند جهت پایش و غربالگری وضعیت خوردگی در خطوط لوله مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی با توجه به اینکه هر دو مورد تغییرات در سطح مقطع لوله (کاهش یا افزایش به صورت خوردگی یا جوش) و یا تغییرات در خواص متریال که موجب تغییرات در مقاومت



شکل ۴ - استفاده از روش GW برای پایش وضعیت خوردگی و غربالگری

متداول متفاوت است. بر همین اساس بر مبنای توصیه‌های شرکت‌های سازنده تجهیزات GW مفسرین سطح یک، دو و سه التراسونیک دور برد مجاز به اجرای برخی از بازرسی‌ها و تفسیر برخی از نتایج می‌باشند (شکل ۵). به عنوان مثال مفسر سطح یک GW می‌تواند بازرسی خطوط لوله‌داری پوشش پشم سنگی، مفسر سطح دو GW می‌تواند بازرسی خطوط لوله مدفون و مفسر سطح سه GW می‌تواند بازرسی تجهیزاتی با هندسه پیچیده را انجام دهد [۲۰].

۴-۳- پایین بودن حساسیت روش GW در تشخیص خوردگی حفره‌ای نسبت به التراسونیک متداول

در روش التراسونیک متداول از مقدار $\lambda/2$ حساسیت روش بازرسی مشخص می‌گردد. به عنوان مثال پروب‌های ۵ مگاهرتز برای بازرسی قطعات آهنگری شده با حساسیت تشخیص دهم میلیمتر و پروب‌های یک مگاهرتز برای بازرسی قطعات ریخته‌گری شده با حساسیت چند میلیمتری مناسب می‌باشند. لذا در این روش با کاهش فرکانس بازرسی، حساسیت تست نیز کاهش می‌یابد. اشتباه رایج در روش GW این است که با توجه به اینکه فرکانس بازرسی در حدود ۱۰۰ کیلوهرتز می‌باشد، پس حساسیت روش GW بسیار پایین‌تر از روش التراسونیک متداول بوده و اساساً توانایی تشخیص عیوبی مانند خوردگی حفره‌ای و سوراخ‌ها را ندارد. لذا بسیاری از کارفرمایان با این استدلال، استفاده از روش نوین GW را محدود نموده و یا منتفی می‌دانند.

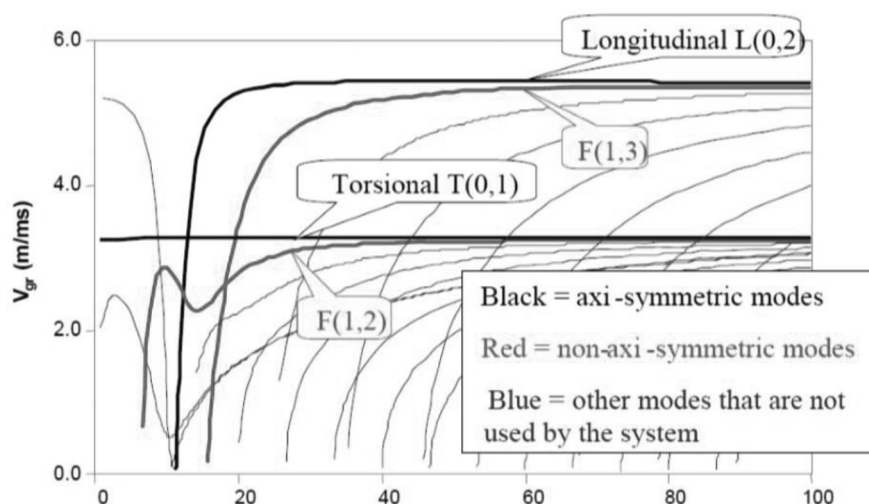
در توضیح اشتباه فوق می‌توان گفت که در روش GW انتشار امواج التراسونیک در بازه‌های فرکانسی و پهنای باند متفاوت صورت می‌گیرد (۱۰ و ۱۲) (شکل ۶). همچنین ارسال و دریافت امواج توسط چندین مبدل صوتی انجام می‌شود، به این صورت که در یک فرکانس

A-Scan و C-Scan متداول در روش التراسونیک می‌باشد. نمایش نتایج در این نماها، این اشتباه را در زمان تفسیر به وجود می‌آورد که یک بازرس باتجربه دارای گواهینامه التراسونیک سطح دو یا سه به خوبی می‌تواند این نتایج و نمودارها را تفسیر نماید. به همین دلیل و با توجه به کم هزینه بودن استفاده از مفسر التراسونیک به جای مفسر GW، در برخی موارد، تفسیر و ارزیابی نهایی نتایج GW بر عهده این کارشناسان قرار داده می‌شود. نتیجه این تفسیرها و ارزیابی‌ها منجر به بروز برخی از تحلیل‌های نادرست و به وجود آمدن عدم انطباق‌هایی در نتایج نهایی شده که در نهایت با توجه به عدم انطباق نتایج حاصله با انتظارات کارفرما روش GW به عنوان روشی با حساسیت کم جلوه می‌نماید [۲۰].

در توضیح اشتباه فوق می‌توان گفت که روش GW مانند سایر روش‌های بازرسی غیرمخرب نیاز به کارشناسان مربوط به خود دارد. توضیح اینکه به عنوان مثال در روش بازرسی پرتونگاری ذاتا وجود نقاط سیاه رنگ در فیلم پرتودهی شده، نشانه وجود عیب می‌باشد ولی بر اساس استاندارد و با توجه به موارد پیش‌بینی نشده موجود در روند بازرسی، تفسیر و ارزیابی نهایی این فیلم‌ها بر عهده مفسر دارای صلاحیت پرتونگاری می‌باشد. در روش GW نیز اساساً اصول اولیه ایجاد و انتشار امواج صوتی با روش التراسونیک پالس اکو متفاوت است. به عنوان مثال در روش التراسونیک متداول سرعت حرکت صوت در هر محیط مادی ثابت فرض می‌شود ولی در روش GW سرعت انتشار امواج در هر فرکانسی و با هر حالت موجی متفاوت می‌باشد و بخش اصلی آنالیز نتایج، مربوط به این مشخصه امواج در روش GW است. لذا رفتار سیگنال‌ها و تفسیرهای مربوط به نشانه‌های به وجود آمده در نمودارهای A-Scan و C-Scan ذاتا با نمودارهای روش التراسونیک



شکل ۵- لزوم استفاده از مفسر مرتبط و با تجربه برای تفسیر نتایج GW



شکل ۶ - در روش GW از حالات مختلف موج با فرکانس و پهنای باند متفاوت استفاده می‌شود

مثال همان‌گونه که کاهش ضخامت جداره لوله بواسطه بروز خوردگی می‌تواند ایجاد نشانه نماید، در مقطعی که شاخه لوله‌ها به هم جوش شده‌اند و یا اتصالی بر روی خط لوله نصب شده است نیز سامانه GW نشانه مربوطه را ایجاد می‌نماید. ثانیاً در مواضعی که بخشی از متریال دارای خواص مقاومت صوتی (امپدانس) متفاوتی باشد، سامانه GW نشانه مربوطه را ایجاد می‌نماید. از طرفی، هدف از اجرای بازرسی GW یافتن ناپیوستگی‌های مربوط به عیوب و مضر برای سرویس‌دهی خط لوله می‌باشد. لذا مطابق با توصیه‌های استانداردهای بین‌المللی (ASTM E2775 & E2929) [۲۷ و ۲۹] اجرای بازرسی تکمیلی چشمی و التراسونیک بر روی نواحی مشکوک یافته شده توسط GW، به ترتیب برای صحنه‌گذاری و اندازه‌گیری دقیق عیوب داخلی و خارجی خط لوله اجباری می‌باشد (شکل ۷). ارائه نتایج بازرسی تکمیلی به‌عنوان بخشی از تفسیر نتایج گزارشات GW الزامی بوده و در نتیجه اجرای روش GW بدون بازرسی تکمیلی به هیچ عنوان مورد قبول نمی‌باشد.

۳-۶- اجرای بازرسی GW بر روی ۲۰۰ متر از هر طرف خط لوله و جمعاً ۴۰۰ متر با دسترسی از یک نقطه

به دلیل روال متداول نادرست در اطلاع رسانی و تبلیغ روش GW، اکثر کارفرمایان بر این باورند که با دسترسی به یک نقطه از خط لوله و نصب حلقه GW می‌توان بیش از ۴۰۰ متر از خط لوله را پایش نمود. به عنوان نمونه در یکی از مناقصات برگزار شده در کشور برای بازرسی GW حدوداً ۴۰ کیلومتر خط لوله، ۸۰ نقطه نصب حلقه در نظر گرفته شده بود که در نهایت بدلیل عدم اجرای کامل بازرسی با ایجاد دسترسی به این نقاط کل پروژه منتفی گردید.

در توضیح اشتباه فوق می‌توان گفت انتشار امواج GW در کل مقطع لوله بوده و در هر دو سمت نصب حلقه GW توسعه پیدا می‌کند. اول اینکه حداکثر این انتشار به وجود موانع و اتصالات بر روی خط مربوط می‌شود (شکل ۸). به‌عنوان مثال در سه مورد فلنج، سهراهی و زانویی وضعیت انتشار امواج به صورت زیر می‌باشد:

خاص با یک پهنای باند خاص، یک مبدل صوتی ارسال امواج را انجام داده و سایر مبدل‌ها عمل دریافت را انجام می‌دهند. این فرآیند برای چندین مبدل ارسال کننده و چندین مبدل دریافت کننده به صورت منظم تکرار می‌گردد. کل چرخه ارسال و دریافت منظم برای هر پهنای باند و هر فرکانسی به صورت مجزا تکرار می‌شود. سامانه نرم افزاری GW کلیه نمودارهای مورد اشاره را دریافت کرده و پس از بررسی، با تلفیق این نمودارها، نمودار نهایی A-Scan و C-Scan را ایجاد نموده و از رفتار سیگنال‌ها در پهنای باندها و فرکانس‌های متفاوت می‌توان وجود یا عدم وجود عیوب را شناسایی نمود. به‌عنوان مثال در یکی از پروژه‌های اجرایی در تاسیسات سرچاهی نفت و گاز کشور کاهش ضخامت حفره‌ای با اندازه چند میلیمتر در خطوط لوله چهار اینچی گاز ترش با ضخامت یک اینچ در متر ۴۰ متری مشخص گردید. یافته شدن این خوردگی حفره‌ای نشان دهنده حساسیت و دقت خیلی خوب روش GW در پایش خوردگی خطوط لوله می‌باشد [۲۶-۲۱].

۵-۳- عدم نیاز به بازرسی تکمیلی پس از اجرای بازرسی GW

هزینه اجرای اکیپ روز عملیات بازرسی GW معمولاً سه تا چهار برابر عملیات بازرسی التراسونیک متداول است. لذا اکثر کارفرمایان به دلیل پرداخت این هزینه اضافی، تصور می‌کنند که دیگر نیازی به اجرای بازرسی تکمیلی مانند التراسونیک یا چشمی نبوده و اجرای این روش‌های تکمیلی بیشتر جنبه تشریفاتی داشته یا برای صحنه‌گذاری نتایج GW است. همچنین عدم شناخت مناسب از تکنولوژی GW منجر به این شده که این کارفرمایان نیازی به اجرای عملیات بازرسی تکمیلی بر روی نتایج GW احساس نکنند. عدم اجرای این بازرسی تکمیلی و استناد به تنها نتایج GW منجر به بروز عدم تطابق نتایج با واقعیت شده و به همین علت، استفاده از روش نوین GW همراه با شبهه، شک و تردید بوده است.

در توضیح اشتباه فوق می‌توان گفت سیگنال‌های ایجاد شده در این روش اولاً بواسطه تغییرات در سطح مقطع لوله می‌باشد. به‌عنوان



شکل ۷ - استفاده از روش های بازرسی تکمیلی همراه با روش GW

خطوط لوله، استفاده از توپک رانی هوشمند می‌باشد. در این روش از توپک های هوشمندی استفاده می‌شود که با ترکیبی از روش‌های التراسونیک، نشت میدان مغناطیسی و جریان‌های گردابی کار می‌کنند. کارفرمایان ایرانی بدلیل وجود برخی تحریم‌های فنی و هزینه بر بودن این روش تصمیم به جایگزینی روش GW به جای توپک‌رانی گرفتند. استدلال این کارفرمایان، با توجه به اطلاع‌رسانی و تبلیغات نادرست در خصوص روش GW، عبارتند از:

- بالا بودن برد روش GW (۲۰۰ متر از هر طرف خاک‌برداری شده و جمعاً ۴۰۰ متر بازرسی با دسترسی از یک نقطه)
- پایین بودن هزینه اجرایی این روش نسبت به توپک رانی
- دقت خیلی بالا در یافتن عیوب در این حالت خاص
- عدم امکان اجرای توپک رانی در برخی از خطوط لوله مدفون.

متأسفانه با این استدلال‌های اشتباه، این کارفرمایان اقدام به برگزاری مناقصه و اجرای عملیات بازرسی GW به جای توپک‌رانی هوشمند بر روی خطوط مذکور نمودند. نتیجه کار عدم رضایت کارفرمایان بعلت عدم تطابق نتایج با شرایط واقعی و اختلاف نتایج حاصل از روش GW نسبت به روش توپک‌رانی بوده است که این امر منجر به کاهش اعتماد نسبت به روش GW شده است.

در توضیح اشتباه فوق می‌توان گفت که مطابق با توصیه‌های

- در صورت مواجهه خط لوله با فلنج، کلا ادامه سیر امواج التراسونیک دور برد قطع می‌گردد.

- در صورت وجود سهراهی در مسیر خط لوله، به جز ناحیه پشت انشعاب فرعی از اصلی، در سایر نواحی خط لوله اصلی سیر امواج التراسونیک دور برد به صورت مستقیم ادامه پیدا می‌کند.

- در صورت وجود یک زانویی در مسیر خط لوله، سیر امواج التراسونیک دور برد پس از زانویی نیز ادامه پیدا می‌کند. در صورت وجود دو زانویی متوالی در خط لوله سیر امواج التراسونیک دور برد پس از زانویی دوم همراه با اختلال بوده و امواج التراسونیک سیر مناسبی نخواهند داشت. دوم اینکه وجود عیوب، پوشش و چگالی سیال داخل لوله می‌تواند، با توجه به تأثیری که بر میرایی امواج التراسونیک دور برد می‌گذارد، موجب کاهش چشمگیر برد این امواج شود [۲۹]. در جدول شماره ۱ بردهای اجرایی روش GW با توجه به شرایط متفاوت آورده شده است. لازم به ذکر است در خطوط لوله رو زمینی این کاهش برد، با افزایش نقاط برداشت اطلاعات GW قابل جبران است.

۳ - ۷ - جایگزینی التراسونیک دور برد به جای توپک‌رانی هوشمند برای خطوط لوله مدفون

در خطوط لوله زیرزمینی روش متداول جهت بازرسی وضعیت کیفی

موجود برای روش GW (E2929 ASTM E2775 &) تنها برای خطوط لوله روزمینی قابل استفاده است [۱۷ و ۲۸]. استفاده از روش GW برای خطوط لوله مدفونی که امکان توپکرانی و اجرای روش بازرسی دیگری مقدور نباشد، جهت جمع‌آوری اطلاعات خوردگی حداقلی از خط لوله توصیه می‌گردد [۳۰]. لازم به ذکر است با توجه به مطالب اشاره شده در بالا اجرای این روش برای خطوط

شرکت‌های سازنده تجهیزات GW، با توجه به پوشش خارجی لوله‌های مدفون و چسبندگی بالای این نوع پوشش‌ها عملاً برد این روش به حدود ۲۰ متر محدود می‌گردد. ترکیب این محدودیت با وجود انواع عیوب در این لوله‌ها موجب کاهش حساسیت این روش در پایش عیوب می‌گردد که مطابق با توصیه‌های شرکت‌های سازنده نهایت برد موثر ۱۰ متر می‌باشد [۱۸]. به دلیل همین موارد، در حال حاضر استانداردهای



شکل ۸ - نمونه‌های استفاده از روش بازرسی GW برای خطوط لوله

قبلی هرگونه تغییر در شرایط خوردگی و وضعیت خط لوله قابل بررسی و ارزیابی خواهد بود (شکل ۹). در این نواحی، خوردگی و میزان پیشرفت خوردگی در آنها قابل پایش بوده و اطلاعات دقیقتری جهت محاسبه عمر باقیمانده بر اساس نرخ خوردگی به دست می‌آید.

لوله مدفون منجر به صدور گواهینامه سلامت لوله نمی‌شود. یکی از موارد مناسب استفاده از روش GW در خطوط لوله مدفون، نصب سنسورها به صورت دائمی در نقاط مورد نظر از خط لوله در زمان نصب خط لوله است [۳۱] که بدین ترتیب در فواصل زمانی مختلف با داده‌برداری و مقایسه اطلاعات بازرسی جدید با موارد



شکل ۹ - نصب حلقه دائمی GW بر روی خط لوله مدفون

نتیجه‌گیری

همانند سایر روش‌های بازرسی و آزمون‌های غیر مخرب، بازرسی به روش GW نیز دارای مزایا و محدودیت‌هایی است. نکته مهم در استفاده از این روش رسیدن به یک نگاه درست در خصوص توانمندی‌ها و قابلیت‌های این روش برای استفاده در کاربردهای مختلف از جمله پایش خوردگی خطوط لوله است که این نگاه باید شامل در نظر گرفتن محدودیت‌های روش GW نیز باشد. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده در بالا و در نظر گرفتن مشخصات فنی کار و اجتناب از اشتباهات اشاره شده می‌توان از روش GW به خوبی برای پایش خوردگی در خطوط لوله استفاده نمود. از مهمترین قابلیت‌های روش بازرسی التراسونیک دور برد می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۱۸]:

- انجام آزمون در دمای محیط تا ۱۸۰ درجه سلسیوس
- توانایی آزمون خطوط لوله با قطر و ضخامت‌های مختلف
- عدم نیاز به برداشتن کلی عایق، رنگ و پوشش قیر اندود
- عدم نیاز به نصب داربست‌بندی کلی برای خطوط لوله در ارتفاع
- قابلیت آزمون حین سرویس و خارج از سرویس خطوط لوله با جنس مغناطیسی و غیرمغناطیسی
- زمان مورد نیاز برای انجام آزمون و گردآوری اطلاعات از هر موضع مورد آزمایش در حدود چند دقیقه است.
- تعیین مکان دقیق عیب در راستای طول لوله به همراه جانمایی دقیق ساعت قرارگیری عیب در محیط لوله
- با تمیزکاری حدود ۲۰ سانتیمتر از محیط لوله و نصب حلقه در آن ناحیه امکان آزمون در هر طرف از حلقه از ۱ الی ۲۰۰ متر وجود دارد.
- حساسیت مناسب در تشخیص خوردگی و انواع عیوب رایج در خطوط لوله‌هایی که دسترسی مستقیم به آنها وجود ندارد. مانند: واقع بودن در ارتفاع، زیر عایق، داخل غلاف، زیر جاده، نزدیک به هم، زیر دریایی، محصور در پشت دیواره‌ها، خطوط لوله زیرزمینی.
- مترائ لوله‌های تحت پوشش امواج برای لوله‌های مدفون حدود ۱ تا ۲۰ متر از هر طرف حلقه و برای لوله‌های روی زمین حدود ۴۰ تا ۲۰۰ متر از هر طرف حلقه تخمین زده شده است (مقدار مؤثر انتشار امواج دور برد اولتراسونیک به عوامل مختلفی از قبیل نوع خاک برای سازه‌های مدفون، نوع عایق، وضعیت لوله، قطر لوله، نوع ساپورت‌ها و همچنین نوع عیب موجود در لوله بستگی دارد).
- احتمال شناسایی عیوب (Probability of detection, POD) با روش GW به دلیل پوشش کامل تر بالاتر از التراسونیک دستی است، با این وجود استفاده از روش‌های تکمیلی بازرسی چشمی و به ویژه التراسونیک دستی باعث افزایش POD نسبت به زمان استفاده از فقط روش GW است [۳۲].
- در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که با ترکیب روش بازرسی GW با روش‌های بازرسی تکمیلی مانند روش چشمی و التراسونیک دستی، می‌توان بازرسی و پایش خوردگی خطوط لوله را با قابلیت اعتماد بالا انجام داد که این امر منوط به در نظر گرفتن قابلیت‌ها و محدوده کاربردی این روش و اجتناب از بروز اشتباهاتی است که در این مقاله به آنها پرداخته شد. تلاش برای اجتناب از بروز اشتباهات می‌بایست از جانب هر دو طرف کارفرمایان و شرکت‌های ارائه دهنده این نوع از خدمات بازرسی، صورت پذیرد.

- [1] ASM Handbook, Volume 13C, Corrosion: Environments and Industries, 2006.
- [2] A.W. Peabody, Peabody's Control of pipeline corrosion, 2nd edition, 2001.
- [3] API RP 571, "Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry", second edition, April 2011.
- [4] ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sec. V, Nondestructive Examination, 2013.
- [5] J. C. Drury, A comparison of the Magnetic Flux Leakage and Ultrasonic methods in the detection and measurement of corrosion pitting in ferrous plate and pipe, <http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn701/idn701.htm>
- [6] Hossam A. Kishawy , Hossam A. Gabbar, Review of pipeline integrity management practices, International Journal of Pressure Vessels and Piping 87 (2010) Pp. 373-380
- [7] A. Demma, D. Alleyne, Inspection of pipes using Guided Waves: state of the art, 5th Pan American Conference for NDT, 2-6 October 2011, Cancun, Mexico.
- [8] Joseph L. Rose, Successes and Challenges in Ultrasonic Guided Waves for NDT and SHM, Proceedings of the National Seminar & Exhibition on Non-Destructive Evaluation NDE 2009, December 10-12, 2009.
- [9] M.J.S. Lowe and P. Cawley, Long Range Guided Wave Inspection Usage – Current Commercial Capabilities and Research Directions, Department of Mechanical Engineering Imperial College London, 29 March 2006.
- [10] Mohammad Ismail Al-Ammandi, Long range ultrasonic inspection (Guided wave UT) "An end user's view", 3rd MENDT - Middle East Nondestructive Testing Conference & Exhibition - 27-30 Nov 2005 Bahrain, Manama.
- [11] A. Demma, D. Alleyne, B. Pavlakovic, Testing of Buried Pipelines Using Guided Waves, 3rd MENDT - Middle East Nondestructive Testing Conference & Exhibition - 27-30 Nov 2005 Bahrain, Manama.
- [12] Krishnan Balasubramaniam, Long range cylindrically guided ultrasonic wave technique for inspection, Journal of Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 23. No.4, 2003, Pp.364-371.
- [13] Takashi Kuroishi, Guided Wave Pipe Inspection and Monitoring System, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Technical Review Vol. 42 No. 3 (Oct. 2005)
- [14] Stephen Birch and Floyd Baker, Long-Range Guided-Wave Ultrasonics: A New Age in Pipeline Inspection, Inspection Trends, Fall 2007, P. 13-17.
- [15] Everett F. Johnson III, Integrity Inspection of In-Plant Underground Piping, 8th Global Congress on Process Safety , Houston, TX ,April 1-4, 2012.
- [16] Peter Cawley, Practical guided wave inspection and applications to structural health monitoring, 5th Australasian Congress on Applied Mechanics, ACAM 2007, 10-12 December 2007, Brisbane, Australia.
- [17] Joseph L. Rose, Ultrasonic Guided Waves in Structural Health Monitoring, Key Engineering Materials Vols. 270-273 (2004) Pp. 14-21.
- [18] Guided Ultrasonics Ltd., Wavemaker G3TM Procedure Based Inspector Training Manual, 2007.
- [19] API 579-1, Fitness for Service, 2007.
- [20] Guided Ultrasonics Ltd., Training and Qualification Scheme for the Wavemaker™ Pipe Screening System, 2007.
- [21] Nicholas Andruschak, Izella Saletes, Tobin Filleter, Anthony Sinclair, An NDT guided wave technique for the identification of corrosion defects at support locations, NDT&E International, 75(2015), Pp. 72-79.
- [22] Peter Cawley, Practical Long range guided wave inspection- Applications to pipes and rail, NDE2002, National Seminar of ISNTChennai, 5. – 7. 12. 2002.
- [23] Zhenggan Zhou, Zhanying Feng, Yifei Gao, Jicheng Bai, An outline of application of ultrasonic guided waves in non destructive testing of large structures, 12 th A-PCNDT 2006 – Asia-Pacific Conference on NDT, 5 th – 10 th Nov 2006, Auckland, New Zealand.
- [24] Francisco C. R. Marques , Alessandro Demma, Ultrasonic Guided Waves Evaluation of Trials for Pipeline Inspection, 17th World Conference on Nondestructive Testing, 25-28 Oct 2008, Shanghai, China.
- [25] Saeed Izadpanah , Gholam Reza Rashed, Sina Sodagar, Using Ultrasonic Guided Waves in Evaluation of Pipes, The 2 nd International Conference on Technical Inspection and NDT (TINDT2008)- October 2008 - Tehran, Iran.
- [26] Rahul M. Sabhnani, Fault detection in small diameter pipes using ultrasonic guided wave technology, Proc. of SPIE Vol. 9435, 94353F-2, 2015.
- [27] ASTM E2775, Standard Practice for Guided Wave Testing of Above Ground Steel Pipework Using Piezoelectric Effect Transduction.
- [28] ASTM E2929, Standard Practice for Guided Wave Testing of Above Ground Steel Piping with Magnetostrictive Transduction.
- [29] Francesco Bertoncini, Effect of Attenuation on Inspection Range and Sensitivity in Long-Range Guided Wave NDT of Coated and Buried Pipes, <http://www.ndt.net/?id=9985>.
- [30] Scott Lebsack, Non-Invasive Inspection Method for Unpiggable Pipeline Sections, Pipeline & Gas Journal, June 2002, Pp. 57-64.
- [31] Peter Cawley, Frederic Cegla and Andrea Galvagni, Guided Waves for NDT and Permanently Installed Monitoring, 18th World Conference on Nondestructive Testing, 16-20 April 2012, Durban, South Africa.
- [32] Mark Evans, Thomas Vogt, Reliability of guided wave ultrasonic wave ultrasonic testing, Guided Ultrasonics Ltd.

علوم و مهندسی خوردگی

نشریه علمی - پژوهشی
(فصلنامه)

Corrosion Sciences and Engineering

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

پایگاه اینترنتی: corrosionengineering.ica.ir

صاحب امتیاز: انجمن خوردگی ایران

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

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

کدپستی: ۱۵۸۱۹۷۶۴۱۵، صندوق پستی: ۳۴۱۱-۱۵۸۱۵

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

اخبار انجمن

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

تقویم آموزشی نیم سال دوم ۱۳۹۷ مرکز آموزش انجمن خوردگی ایران

ردیف	عنوان دوره	تاریخ برگزاری	مدت دوره (ساعت)	شهریه (ریال)	پیشنیازها
۱	اصول مهندسی خوردگی	۲۷ - ۲۶ مهر ۳۰ آبان - ۱ آذر ۲۵ - ۲۴ آذر ۱۳ - ۱۲ دی ۲۸ - ۲۷ بهمن	۱۶	۴/۴۰۰/۰۰۰	پیشنیاز اکثر دوره ها
۲	بازرسی بر مبنای ریسک	۳۰ آبان - ۲ آذر	۲۴	۶/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۳	بازدارنده های خوردگی	۱۶ - ۱۴ آذر	۲۴	۶/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۴	کنترل خوردگی و رسوب در دیگ های بخار	۷ - ۵ دی	۲۴	۶/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۵	مدیریت خوردگی	۱۴ - ۱۲ دی	۲۴	۶/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۶	اسیدشویی و شستشویی شیمیایی	۴ - ۳ بهمن	۱۶	۶/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۷	پایش خوردگی	۱۲ - ۱۱ بهمن	۱۶	۴/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۸	خوردگی خطوط لوله	۲۱ - ۱۹ آبان	۲۴	۸/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۹	خوردگی تجهیزات نیروگاهی	۹ - ۷ آذر	۲۴	۸/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۰	خوردگی در صنایع آهن و فولاد	۶ - ۴ دی	۲۴	۸/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۱	خوردگی در پالایشگاه ها	۲۸ - ۲۶ دی	۲۴	۸/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۲	خوردگی در صنایع نفت و گاز	۱۸ - ۱۶ بهمن	۲۴	۸/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۳	خوردگی در صنایع دریایی	۹ - ۷ اسفند	۲۴	۸/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۴	بررسی علت تخریب (Failure Analysis) در محیط های خورنده	۲۰ - ۱۹ مهر	۱۶	۴/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۵	انتخاب مواد در صنایع نفت و گاز	۹ - ۸ آذر	۱۶	۴/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۶	دوره ویژه حفاظت کاتدی سطح ۱ و ۲	۳۰ مهر - ۴ آبان ۱۶ - ۱۲ آذر ۲۸ - ۲۴ دی ۲۹ بهمن - ۳ اسفند	۴۰	۱۱/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۱۷	ارزیابی سامانه های حفاظت کاتدی	۲۵ - ۲۳ آبان	۲۴	۶/۶۰۰/۰۰۰	حفاظت کاتدی سطح ۱
۱۸	دوره ویژه حفاظت کاتدی طراحی سیستم های حفاظت کاتدی در پالایشگاه ها	۳۰ - ۲۸ آذر	۲۴	۶/۶۰۰/۰۰۰	حفاظت کاتدی سطح ۱
۱۹	حفاظت کاتدی سطح ۳ (طراحی حفاظت کاتدی خطوط لوله زیر زمینی)	۱۷ - ۱۴ اسفند	۳۲	۸/۸۰۰/۰۰۰	حفاظت کاتدی سطح ۱
۲۰	دوره ویژه بازرسی رنگ و پوشش سطح ۱ و ۲	۲۵ - ۲۴ آبان ۲۳ - ۱۹ آذر ۵ - ۱ بهمن ۱۰ - ۶ اسفند	۴۰	۱۱/۰۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۱	ارزیابی و کنترل کیفیت پوشش خطوط لوله	۳۰ - ۲۹ آذر	۱۶	۴/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۲	بازرسی پوشش های حفاظتی	۱۲ - ۱۰ بهمن	۲۴	۶/۶۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۳	بازرسی رنگ سطح ۳ (اصول انتخاب سیستم های رنگ)	۲۶ - ۲۴ بهمن	۲۴	۶/۶۰۰/۰۰۰	بازرسی رنگ سطح ۱ و ۲
۲۴	انتخاب، اجراء و بازرسی سیستم های پوششی جهت سطوح داخلی تجهیزات	۲۶ - ۲۵ بهمن	۱۶	۴/۴۰۰/۰۰۰	اصول مهندسی خوردگی
۲۵	بازرسی به روش مایعات نافذ (PT) و مواد مغناطیسی (MT)	۲۸ آبان - ۲ آذر	۳۰	۸/۰۰۰/۰۰۰	ساعت برگزاری پس از وقت اداری
۲۶	پرتونگاری و تفسیر رادیو گرافی (RT & RTI)	۲۱ - ۱۷ دی	۳۰	۸/۰۰۰/۰۰۰	ساعت برگزاری پس از وقت اداری

■ شهریه دوره به حساب بانک اقتصاد نوین، شعبه سپهدار، 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 هر یک 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 ۳۳ (داخلی ۳ و ۶) تماس گرفته و یا با نامبر ۸۸۳۴۷۷۴۹ و پست الکترونیکی Training@ICA.IR مکاتبه نمایید.

■ در کانال رسمی تلگرام انجمن خوردگی ایران @ica1372 با ما همراه باشید.

WWW.ICA.IR

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

دانش خوردگی در کشور، با هدف ایجاد ارتباط هدفمند و پیوسته میان سازمان‌ها و شرکت‌های دولتی، خصوصی، دانشگاه‌ها و مراکز پژوهشی و تحقیقاتی با اشخاص حقیقی فعال در حوزه خوردگی، اقدام به تقویت بخش تبلیغات در پایگاه اینترنتی انجمن نموده است. برای اطلاع از نحوه درخواست درج، مشخصات و هزینه آگهی با انجمن خوردگی ایران تماس حاصل نمایید.



تبلیغات در پایگاه اینترنتی انجمن خوردگی ایران

انجمن خوردگی ایران بعنوان مرجع رسمی مهندسی و

می نمایند. از شما بزرگواران و عضو خانواده بزرگ انجمن خوردگی ایران تقاضا داریم که هرگونه ایده، پیشنهاد و یا انتقاد خود را در مورد فعالیت و خدمات انجمن را مطرح نموده تا در تصمیم‌گیری‌های خرد و کلان انجمن مورد توجه قرار گیرد. شما می‌توانید به‌طور مستقیم پیشنهادات، انتقادات و شکایات خود را جهت بررسی به بازرس انجمن خوردگی ایران ارسال نمایید. برای این‌منظور لطفاً به بخش تماس با ما در تارنمای اینترنتی انجمن به نشانی www.ica.ir مراجعه نمائید.

نظرات، ایده‌ها، پیشنهادات و انتقادات

دریافت نظرات، ایده‌ها، پیشنهادات و انتقادات

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

چاپ کرده است، ۱۰ عنوان نیز در دست اقدام می‌باشند. هر کدام از این کتاب‌ها توسط حداقل ۲ نفر از لحاظ ادبی، علمی و فرهنگستانی داوری و با دقت ویراستاری می‌شوند. جدول زیر عناوین جدیدترین کتاب‌های در دست چاپ و نشر انجمن خوردگی ایران را نشان می‌دهد.



جدیدترین کتاب‌های انتشارات انجمن خوردگی ایران

انتشارات انجمن خوردگی ایران تاکنون حدود ۸۰ عنوان کتاب

- ۱ - معرفی کتاب راهنمای عملی روش‌های پیشرفته تصفیه آب‌های شهری و صنعتی
- ۲ - راهنمای عملی روش‌های پیشرفته تصفیه فاضلاب‌های شهری و صنعتی
- ۳ - مبانی خوردگی الکتروشیمیایی
- ۴ - پالایش نفت و شیمی
- ۵ - تصفیه آب تولید شده در صنایع نفت و گاز
- ۶ - راهنمای نالکو برای: تجزیه و تحلیل از کار افتادن دیگ‌های بخار
- ۷ - شیمی خوردگی
- ۸ - خوردگی برای همه
- ۹ - حفاظت کاتدی از دیدگاه مورگان
- ۱۰ - نگرشی بر صنعت پتروشیمی
- ۱۱ - خوردگی و حفاظت کاتدی شناورها با آندهای فداشونده
- ۱۲ - نگارش گزارش فنی

فهرست کتاب‌های موجود در انجمن خوردگی ایران

ردیف	موضوع	عنوان کتاب	پدیدآورندگان	قیمت (تومان)
۱	خوردگی	اصول خوردگی، سازوکارها، علل و روش‌های پیشگیرانه	مهندس محمدرضا نفری	۲۵۰۰۰
۲		خوردگی، راه‌های عملی پیشگیری و حفاظت (مجموعه دو جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۴۵۰۰۰
۳		خوردگی و کنترل خوردگی - مقدمه‌ای بر علم و مهندسی خوردگی	دکتر محمدعلی گل‌عذار، مهندس حمیدرضا ریاضی و مهندس داود قربانی	۳۵۰۰۰
۴		مهندسی خوردگی و حفاظت از فلزات	دکتر منصور فرزام	۲۱۰۰۰
۵		روش‌های بازرسی و نظارت بر خوردگی	دکتر محمد علی گل‌عذار	۱۵۰۰۰
۶		خوردگی میکروبی	دکتر محمد علی گل‌عذار	۱۳۵۰۰
۷		کنترل خوردگی در صنایع (۱۳۹۴)	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۴۲۰۰۰
۸		کنترل خوردگی در صنایع (۱۳۷۴)	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۱۰۰۰۰
۹		کنترل خوردگی خط لوله - پی بادی (ویرایش دوم)	دکتر تقی شهرابی فراهانی، مهندس اشکان دانش مسلک و دکتر محمود علی‌اف	۳۷۰۰۰
۱۰		بازرسی، کنترل و مدیریت خوردگی در پالایشگاه‌ها	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، مهندس رسول سپهرزاد و مهندس مصطفی هدایتی مرزبالی	۲۵۰۰۰
۱۱		خوردگی در پالایشگاه	مهندس حسین مسگری	۹۵۰۰
۱۲		خوردگی قطعات جوشکاری شده	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، مهندس رسول سپهرزاد و محمدابراهیم باجقلی	۲۵۰۰۰
۱۳		پوشش‌های مقاوم به خوردگی جوی در مهندسی سطح	دکتر کریم زنگنه مدار	۲۷۰۰۰
۱۴		آزمون‌های آزمایشگاهی خوردگی و حفاظت - همراه با سوال و تمرین	دکتر محمدعلی گل‌عذار	۸۰۰۰
۱۵		انتخاب مواد برای حداقل کردن خوردگی در صنایع شیمیایی	دکتر احمدساعتچی، مهندس فاطمه اصغرزاده جاوید و مهندس محسن صمدی خوشخو	۵۰۰۰
۱۶		نفت، گاز و پتروشیمی	مهندس منوچهر مداحی	۱۴۰۰۰
۱۷		اصول و مبانی مهندسی خوردگی	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۴۰۰۰۰
۱۸		واژه‌های خوردگی	دکتر سیدمحمد سیدرضی	۵۰۰۰۰
۱۹		فرهنگ واژه‌های مهندسی خوردگی	فرهنگستان زبان و ادب فارسی - گروه واژه‌گزینی	۱۳۰۰۰
۲۰		اصول و مبانی پایش خوردگی در صنعت	مهندس محمد حسن رستگار زارع	۶۹۰۰۰
۲۱		خوردگی پوشش‌های پلیمری	محمدحسین مرادی - محمود علی اف خضری	۴۰۰۰۰
۲۲		نقش آب و کنترل خوردگی در صنایع	مهندس سیداحمد پیشمنازی	۵۵۰۰
۲۳		خوردگی فولاد در بتن	مهندس محمدرضا احمدی بشکانی، مهندس صادق دهقان	۲۵۰۰۰
۲۴		مبانی اکسیداسیون و خوردگی فلزات در دماهای بالا	دکتر احمد ساعتچی	۸۰۰۰
۲۵		اصول و کاربرد بازدارنده‌های خوردگی (مجموعه سه جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۲۰۰۰۰
۲۶		مدیریت خوردگی در صنعت نفت و گاز	مهندس محمد حسن زاده و دکتر عماد رعایایی	۸۰۰۰
۲۷		فولادهای زنگ‌زن خوردگی یکنواخت و خوردگی در دماهای بالا	دکتر آرش فتاح‌الحسینی، دکتر احمد ساعتچی و مهندس پرویز محمدیان صمیم	۷۰۰۰
۲۸		خوردگی فولادهای زنگ‌زن	دکتر آرش فتاح‌الحسینی	۷۰۰۰
۲۹		عملیات حرارتی و مهندسی سطح	دکتر محمدعلی گل‌عذار	۳۸۰۰۰
۳۰	حفاظت کاتدی	جلوگیری از خوردگی فلزات توسط حفاظت کاتدی به روش آند فداشونده	دکتر احمد ساعتچی	۵۰۰۰
۳۱		اصول طراحی حفاظت کاتدی	دکتر محمود علی اف خضری و مسعود روشنی	۳۵۰۰۰
۳۲		حفاظت کاتدی و دستورالعمل‌های بازرسی آن	دکتر محمود علی اف خضری و مهندس علی حیدری قبادی	۴۰۰۰۰
۳۳		حفاظت کاتدی کاربردی خطوط لوله و مخازن	دکتر شهرابی فراهانی، دکتر علی اف خضری و مهندس طاهر شهرابی فراهانی	۱۰۰۰۰
۳۴	آب و فاضلاب	راهنمای عملی واپایش شیمیایی برج‌های خنک‌کن	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰۰۰
۳۵		راهنمای عملی واپایش شیمیایی دیگ‌های بخار	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰۰۰
۳۶		راهنمای تجزیه و تحلیل از کارافتادگی سیستم آب برج‌های خنک‌کننده	مهندس محمدرضا نفری	۶۰۰۰
۳۷		راهنمای تجزیه و تحلیل از کارافتادگی دیگ‌های بخار	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰۰
۳۸		اصول و کار پمپ و فرآیند	مهندس محمدرضا نفری	۹۵۰۰
۳۹		بررسی روش‌های ضدعفونی آبهای آشامیدنی بهداشتی و صنعتی	مهندس محمدرضا نفری	۳۹۰۰
۴۰		راهنمای کار دستگاه‌های فرایندی (مجموعه دو جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۱۰۰۰۰
۴۱		راهنمای کاربرد آب در صنعت (دوجلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۸۰۰۰۰
۴۲		مهندسی فاضلاب پنج جلدی	مهندس محمدرضا نفری	۶۱۰۰۰
۴۳		کاربرد سامانه‌های غشایی در صنعت آب	مهندس محمدرضا نفری	۱۶۰۰۰
۴۴		تصفیه آب‌های صنعتی به ویژه در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی	مهندس محمدرضا نفری	۱۸۰۰۰
۴۵		اسمز معکوس (مجموعه دو جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۱۸۵۰۰
۴۶		راهنمای عملی شستشوی شیمیایی و رسوب زدایی سامانه‌های صنعتی	مهندس محمدرضا نفری	۴۰۰۰۰
۴۷		تکنولوژی و علم بسیار (مجموعه دو جلدی)	مهندس محمدرضا نفری	۱۳۵۰۰
۴۸		بهسازی آب در صنعت	هادی چهره‌عالم	۴۰۰۰۰
۴۹		آزمایش‌های آب	دکتر پیکری/ مهندس کرباسیان	۹۰۰۰
۵۰		مبانی تصفیه آب	دکتر محمود پیکری	۱۱۵۰۰

ردیف	موضوع	عنوان کتاب	پدیدآورندگان	قیمت (تومان)
۵۱	آب و فاضلاب	راهنمای عملی ضدغفونی لوله‌ها و مخازن ذخیره آب	(اداره آب و فاضلاب) آسبه سادات ملاباشی	۶۰۰۰
۵۲		راهکارهای عیب‌زدائی در راکتورهای ناپیوسته متوالی	مهندسان مهدی سیفالهی، سمانه رحمانی و اکرم کاوه	۱۴۰۰۰
۵۳		آب‌بندهای مکانیکی	مهندس مرتضی اقبالیان، مهندس علی آقااکبری	۳۵۰۰
۵۴	شیمی	طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) - مبانی و کاربردها (چاپ دوم)	دکتر میرقاسم حسینی، دکتر ایرج احدزاده	۲۲۰۰۰
۵۵		طیف‌نگاری امپدانس الکتروشیمیایی (EIS)	دکتر محمود علی اف خضرای	۸۰۰۰
۵۶		شیمی آلی	مهندس رضا کیارسی، مهندس محمد ولاشجری و مهندس فرزاد کارگر	۱۴۵۰۰
۵۷		آشنایی با مهندسی شیمی	دکتر مساح/ دکتر ادیب- نژاد	۹۸۰۰
۵۸		استانداردها، راهنمای آماده سازی سطوح و اعمال پوشش های حفاظتی	محمد نصیری/ نادر مختاریان	۷۰۰۰
۵۹	رنگ و پوشش	هوازدهی رنگ‌ها و پوشش‌ها	مهندس سید محمود کثیریها، دکتر فرشته رضایی	۱۰۰۰۰
۶۰		مدیریت بازاریابی صنعتی	مهندس محمود کثیریها	۵۰۰۰
۶۱		مواد افزودنی رنگ	مهندس سیدمحمود کثیریها، مهندس طاهره سماعی یکتا	۲۲۰۰
۶۲		پیگمنت‌ها	مهندس شمس الدین استوار	۸۰۰۰
۶۳		رزین‌های پلی یورتان	مهندس سید محمود کثیریها، مهندس روح ا... رضا سلطانی و مهندس یاسر پناهی	۱۱۰۰۰
۶۴		رزین‌ها - شیمی، ساختارها، مکانیزم‌های ساخت، ویژگی‌ها، کاربردها	مهندس حمید رفعی	۹۰۰۰۰
۶۵		اصول رنگ‌آمیزی صنعتی	دکتر ترگس اسماعیلی	۸۰۰۰
۶۶		آماده‌سازی سطح برای رنگ‌آمیزی صنعتی - با ابزارهای دستی، ابزارهای قدرتی، سانتیفیوژ، پاشش سایند و ...	مهندس حسن گلمکانی	۱۰۰۰۰
۶۷	انتخاب مواد و آلیاژ	کلید فولاد (ویرایش بیست و دوم)	دکتر ساعتچی/ دکتر ادریس	۷۵۰۰۰
۶۸		گزینش مواد در صنعت به ویژه در صنایع نفت و تأسیسات وابسته	مهندس محمدرضا نفری	۳۰۰۰۰
۶۹		خواص و کاربرد پزشکی بیومواد فلزی	دکتر فتحی/ دکتر مرتضوی	۳۲۰۰
۷۰		کتاب درس ترمودینامیک مواد و متالورژی	دکتر ساعتچی/ مهندس نجاریان	۵۲۰۰
۷۱		آلیاژهای سبک (آلومینیوم، منیزیم، تیتانیوم)	دکتر محمودی/ دکتر طهماسبی	۱۲۵۰۰
۷۲		کتاب مواد خواص مکانیکی مواد (تست کارشناسی ارشد)	مهندس مستاجران، مصاحبی	۴۵۰۰
۷۳		انتخاب مواد برای کاربرد در دماهای بالا	مهندس آرام اسعدی	۱۵۰۰
۷۴		کتاب مواد خواص فیزیکی مواد (تست کارشناسی ارشد)	بهره- برپور/ مصاحبی/ مستاجران	۱۵۰۰
۷۵		شناسایی سریع و غیرتخریبی فلزات	اعتزازی/ باطنی/ خائفی	۱۴۰۰
۷۶	بازرسی، جوش	روش‌های نوین و دستورالعمل‌های بازرسی فنی در پالایشگاه‌های نفت و گاز	دکتر سعیدرضا اله کرم، مهندس احسان هدایت‌نیا و مهندس مسعود سعادت طلب	۲۸۰۰۰
۷۷		ساخت و بازرسی فنی مخازن ذخیره	مهندس سیدمحمد قریشی	۳۲۰۰
۷۸		روش‌های پیشرفته جوشکاری	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی، مهندس رسول سپهرزاد و سید محسن محمدی	۲۵۰۰۰
۷۹		پرتو نگاری صنعتی (فنون تصویرسازی) (چاپ سوم)	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی	۱۸۰۰۰
۸۰		آزمون‌های غیرمخرب (روش فراصوتی)	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی	۱۵۰۰۰
۸۱		اصول آزمون ذرات مغناطیسی	دکتر ابراهیم حشمت دهکردی	۱۵۵۰۰
۸۲		مقدمه‌ای بر آزمون فراصوتی آرایه فازی	مهندس مصطفی مردانی خراط	۱۴۰۰۰
۸۳		تکنیک جوشکاری	مهندس نصیری نیا، مهندس حاتمیان و مهندس حاج باقری	۷۰۰۰
۸۴		پرتونگاری و تفسیر فیلم	سید بابک قریشی	۶۸۰۰
۸۵	سازه	سازه‌های ضد اسید	مهندس پوریا آذریخت	۱۸۰۰۰
۸۶		قطعات ریختگی آلیاژهای آلومینیم (خواص، فرایندها و کاربردها)	دکتر آرش فتح‌الحسینی	۱۷۰۰۰
۸۷		کاربرد پایش وضعیت در نگهداری و تعمیرات پمپ‌ها	مهندس امیر میزایی	۴۸۰۰
۸۸		اصول و مبانی ارتعاشات در نگهداری، تعمیرات و عیب‌یابی ماشین‌های دوار	دکتر بهزاد، مهندس سپانلو، مهندس مسعود آسیایش، مهندس عباس روحانی بسطامی	۴۵۰۰
۸۹		فرآیند تبدیل گاز به مایع و سنتز فیشر	مهندس بینا مهری	۳۵۰۰
۹۰		تولید اتیلن از تبدیل مستقیم گاز طبیعی	مehتاب غریبی، مریم تختروانچی	۵۵۰۰
۹۱		فرایندها و واکنش‌های شیمیایی در صنعت پتروشیمی ایران	شرکت ملی صنایع پتروشیمی	۹۰۰۰
۹۲		اصول طراحی و انتخاب و نصب شیرهای ایمنی فشار	کاظم طباطبائی	۱۳۰۰۰
۹۳	آزمونی کنفرانس و سمینارهای	مجموعه مقالات هجدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	۱۵۰۰۰
۹۴		مجموعه مقالات هفدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	۱۴۰۰۰
۹۵		مجموعه مقالات شانزدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	۱۲۰۰۰
۹۶		مجموعه مقالات پانزدهمین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران	۱۰۰۰۰
۹۷		مجموعه مقالات کنگره‌های پیشین کنگره ملی خوردگی (کتاب و CD)	انجمن خوردگی ایران (هر کدام جداگانه)	۱۰۰۰۰

• شماره حساب ۷۰۰۸۱۴۴۹۷۵۹۳، بانک شهر، شعبه میدان فردوسی، کد ۳۲۹ به نام انجمن خوردگی ایران (بعد از واریز تصویر فیش به انجمن ارسال شود)

جهت دریافت و یا ارسال کتب فوق با دفتر انجمن با شماره تلفن ۸ - ۸۷ ۴۲ ۳۴ ۸۸ داخلی ۲ و یا شماره نمابر ۸۸۳۴۷۷۴۹ تماس حاصل نمایید.

اعضای حقوقی انجمن خوردهای 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 سرپندر - 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 بازاک	رنگ سازی	تهران - خ ولی عصر - پایین تر از توانیر - جنب فروشگاه بلوچ - پلاک ۲۴۷۰	۸۸۷۷۰۵۰۵
۵۱۰۵	مهندسی و تجهیزات صنعت آب و برق ایران	بازرسی کلیه تجهیزات سدها و آب رسانی، لوله و خدمات برق	تهران - خیابان میرزای شیرازی - بین مطهری و بهشتی - نبش کوچه مقدم - پلاک ۲۴۲ - طبقه سوم ص پ: ۱۴۱۵۵۵-۴۴۱۴	۸۸۷۰۲۸۱۸
۵۱۰۶	آب و فاضلاب تهران	تصفیه و توزیع آب و جمع آوری آبهای سطحی و فاضلاب	تهران - بلوار کشاورز - خ حجاب - ص پ: ۱۴۱۵۵-۱۵۹۵	۸۸۹۶۶۰۷۰
۵۱۰۷	سرمایه گذاری صنایع شیمیایی	تولید مواد پتروشیمی - مواد اولیه ساخت شوینده ها - تولید اکیل بنزن خطی (LAB)	اصفهان - کیلومتر ۱۵ جاده اصفهان به تهران - غرب نیروگاه شهید منتظری - کدپستی: ۸۳۳۵۱۴۴۱۱۴	۰۲۱-۳۲۰۵۹۸۶۸
۵۲۴۲	سرمایه گذاری صنایع شیمیایی	تولید مواد پتروشیمی - مواد اولیه ساخت شوینده ها - تولید اکیل 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 سپهبد قری - خ موسی کلانتری - ساختمان ۲۰ - پلاک ۷۶ - طبقه ۴ - واحد ۲۲	۸۸۸۰۶۱۶۱
۵۱۰۹	پتروشیمی خراسان	پتروشیمی	بجنورد - کیلومتر ۱۷ جاده بجنورد شبروان صندوق پستی ۱۴۱۳ - شرکت پتروشیمی خراسان	۰۵۸۳۳۳۳۴۵۶۰
۵۱۱۰	پتروشیمی آبادان	پتروشیمی	آبادان - کوی مطهری - ص پ: ۱۳۸	۰۶۱۵۳۳۶۰۰۲۱
۵۱۱۱	توانیر	تولید و انتقال نیروی برق ایران	تهران - میدان ونک - خ توانیر - ساختمان مرکزی توانیر	۲۷۹۳۴۰۰۹
۵۱۱۲	پتروشیمی تبریز	پتروشیمی	تبریز - کیلومتر ۷ جاده آذرشهر - مجتمع پتروشیمی تبریز دفتر مدیرعامل	۰۴۱۳۴۲۸۰۰۰۰
۵۱۱۳	لوله سازی اهواز	تولید لوله های نفت گاز، شیمیایی، طراحی و مهندسی	تهران - خ بهشتی - ابتدای احمد قنبر - کوچه دوم - پلاک ۱۹	۸۸۷۳۳۴۹۶
۵۱۱۴	ایریتک	تولید برق - تجهیزات پزشکی - صنعتی - استخراج از معادن - طراحی و مهندسی	انتهای خ گاندی شمالی - پ ۷، ص پ: ۱۹۳۹۵-۳۳۴۴	۸۸۷۸۱۱۱۶
۵۱۱۵	آب و برق خوزستان	نیروگاه های تولید برق	اهواز - جاده گلستان - ساختمان ۵ طبقه - سازمان آب و برق خوزستان - ص پ: ۱۳۷-۶۱۳۳۵	۰۶۱۳۳۳۶۰۱۳۶
۵۱۱۶	صنایع فولاد (سایا)	ریخته گری قطعات سنگین و فوق سنگین	اصفهان - میدان آزادی - خ هزار جریب - خ آزادی - ساختمان ۱۳۲	۰۳۱۳۶۶۸۷۱۱۲۱
۵۱۱۷	شرکت اکپام	---	تهران - سه راه زندان - خ شیخ صفی - شماره ۱/۳۰۲ کد پ: ۱۶۱۳۶	۰۲۱۸۸۷۰۷۸۹۰
۵۱۱۸	مهندسین مشاور دز آب	خطوط لوله و انتقال	اهواز - کوی گلستان ص پ: ۶۱۴ - کد پستی: ۶۱۳۳۵	۰۲۱۲۳۳۷۳۶۰۴
۵۱۱۹	تاید واتر	صنایع دریایی	میدان ولی عصر - خ فتحی شقایق - شماره ۱۵ کد پستی: ۱۴۳۳۶	۰۲۱۸۸۸۵۵۳۳۲۱
۵۱۲۰	صنایع مهمانسازی پارچین	ذوب فلزات آلیاژی کارخانجات شیمیایی	تهران - کیلومتر ۳۰ جاده خاوران - صنایع مهمانسازی	۰۲۹۲۳۰۲۲۵۷
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: ۴۶۶۱۹-۳۷۳۵۷ - دانشکده علوم و فنون نیروی دریایی سپاه	۰۱۹۱۲۲۶۸۴۳
۵۱۲۳	شرکت رنگان فر	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	۱۵۱۲۳۳۲۹۸۱
۵۱۲۶	شرکت پتونیا	نیروگاه تولید برق و فلزات و آلیاژی سازی	تهران - خیابان وزراء - خیابان ۲۱ - پلاک ۹ - طبقه سوم	۲۱۸۸۷۵۳۸۹۸

اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۱۲۷	شرکت تهران فایبر	نیروگاه تولید برق و فلزات و الیازسازی	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	۰۲۱۸۸۸۰۲۹۴۱
۵۱۳۰	شرکت نفت پارس	کارخانجات شیمیایی و پالایش	کیلومتر ۲۲ جاده مخصوص کرج - پالایشگاه نفت پارس - کتابخانه - برسد بدست سرکار خانم سپیده ترک زاده	۰۲۱۲۲۲۲۹۵۰۰
۵۱۳۱	شرکت نفت فلات قاره	اکتشافات، تولید و بهره برداری	تهران خیابان ولیعصر - قبل از پارک ویکوچه تورجبرج خاکزاد - پلاک ۱۲	۲۱۲۳۶۶۴۴۶۹
۵۱۳۲	شرکت استیلارما	اکتشافات، تولید و بهره برداری	جاده قدیم کرج - خ خلیج - کوچه شهید خسرو تقوی پلاک ۹۰	۲۱۸۸۶۱۰۵۶۲
۵۱۳۳	شرکت چسب سازی و رنگ سازی صانع یکتا	کارخانجات شیمیایی	تهران - خ جمهوری - چهارراه فلسطین - بازار کاخ - ط ۱ - پ ۲۱	۰۲۱۶۶۴۱۰۱۷۹
۵۱۳۴	شرکت گاز آذربایجان شرقی	خطوط لوله و مراکز تحقیقاتی	تبریز - خ ولی عصر - فلکه دانشگاه - خ تخت طاوس شرقی - جنب اداره استاندارد و پخش هجرت - مرکز آموزش	۴۱۳۴۴۲۱۸۱۱
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	۲۱۸۸۷۵۹۹۳۴
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 الیازسازی	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	۰۲۱۸۸۱۴۷۴۴۴
۵۱۴۲	شرکت پارسی فام	تولید کننده رنگ های صنعتی حفاظتی	تهران - خیابان ملاصدرا - خیابان شیراز جنوبی - خیابان سامان - مجتمع پاسارگاد - طبقه اول ۳	۸۸۲۱۱۸۴۹
۵۱۴۳	مرکز تحقیقات مس سرچشمه	استخراج، اکتشاف، مراکز تحقیقاتی	رفسنجان مجتمع مس سرچشمه - امور تحقیقات و مطالعات - تهران - خ ولیعصر - پایین تر از پارک ساعی شماره ۱۰۹۱	۳۴۴۳۰۵۷۳۱
۵۱۴۴	شرکت گاز مازندران	خطوط و انتقال گاز	ساری - بلوار طالقانی - ص پ: ۸۹۱	۰۱۵۱۳۲۰۴۰۸۰
۵۱۴۵	پتروشیمی بندر امام (بیسپاران)	پتروشیمی	ماهشهر - بندر امام خمینی پتروشیمی بیسپاران	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 ش رجایی - 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	۲۱۸۴۲۴۷۰۰۰
۵۱۵۶	شرکت پتروشیمی اراک	پتروشیمی، کارخانجات شیمیایی	تهران - خ ولی عصر - خیابان تابان غربی - پلاک ۶۸	۰۸۶ ۳۲۳۰
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 (بخش نفت، گاز، پتروشیمی)	تهران - خ ولی عصر - روبروی درب اصلی پارک ساعی - جنب بانک ملت - طبقه دوم - پلاک ۲۲۸۲	۲۱۸۱۷۳۳۰۲۰
۵۱۶۵	فولاد خوزستان	تولید انواع شمش های بیل، بلوم و اسلب، تغذیه و تبدیل به ورق و فولاد ساختمانی	اهواز - کیلومتر ۱۰ بندرامام	۶۱۳۲۹۰۸۰۰۰
۵۱۶۸	سیماب رزین	تولید رزین اکریلیک	تهران - خیابان ملاصدرا- خ شیراز جنوبی - کوچه فلاخی - پ ۲۶- واحد ۶ ص پ: ۱۴۱۵۵-۱۵۸	۲۱۸۸۲۱۱۲۱۶
۵۱۷۰	انرژی سمنان	کارخانجات شیمیایی	تهران - خ آفریقا- کوچه گلفام- 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	۰۲۱۸۸۱۹۴۹۲۶
۵۱۷۴	شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده های نفتی ایران	پالایش و پخش	تهران - خیابان طالقانی - روبروی بنیاد شهید - نبش کوچه کاشفی - ساختمان مرکزی دوم - طبقه اول- اداره بازرسی فنی و نظارت/ تهران - خ طالقانی - خ ورشو- جنب پارک ورشو - ساختمان غدیر- پلاک ۴ - طبقه ۴	۲۱۶۱۶۳۹۳۳۱
۵۱۷۶	شرکت فولاد خراسان	تولید انواع شمش های بیل، بلوم و اسلب، تغذیه و تبدیل به ورق و فولاد ساختمانی	تهران - میدان ولیعصر- روبروی سینما استقلال - شرکت ملی فولاد- طبقه ۴- برج شمالی - اتاق ۴۱۰	۵۵۱۰۲۴۵۳۲۱۰
۵۱۷۹	شرکت پالایش نفت لاوان	پالایش	شیراز - ص پ: ۷۱۳۶۵۵۶۸۸	۷۱۳۲۲۴۹۹۲۶
۵۱۸۰	شرکت ابداع گران پدیده	پالایش - پتروشیمی - خطوط لوله و انتقال - طراحی و مهندسی	تهران - پاسداران - میدان هروی - خیابان شهید موسوی - خیابان ضابطی - نبش خیابان غیائی - پلاک ۴۰ - طبقه دوم - کدپستی: ۱۶۶۷۸۴۶۱۱۱	۰۲۱۲۲۹۷۳۸۹۰
۵۱۸۵	شرکت ملی و مهندسی ساختمان نفت ایران	خطوط انتقال لوله - شرکتهای طراحی و مهندسی	تهران - خیابان سپهبدقربی - 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	۰۳۱۳۳۵۲۴۶۷
۵۱۸۸	شرکت مهندسی خوردگی کیا	پوشش های محافظتی ضد خوردگی	تهران - سعادت آباد - بلوار دریا - خیابان موج - کوچه عسکری - پلاک ۳۳	۰۲۱۲۲۵۳۰۵۵
۵۱۸۹	شرکت تکین کو	نفت، گاز و پتروشیمی - بازرسی فنی و کنترل خوردگی 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	۶۳۱۴۴۳۴۵۲۲
۵۱۹۶	خطوط لوله و مخابرات نفت ایران	صنایع نفت	تهران - خ سپهبد قربی - 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 استادیوم 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	۸۸۷۸۷۳۱
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 بهره برداری	کرمان - کیلومتر ۳ جاده باغی، رفسنجان	۰۳۴۳۲۵۲۱۲۲۱

اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۲۰۸	شرکت مدیریت تولید برق یزد	نیروگاه‌های تولید برق فلزات و آلیاژی	یزد - جاده اختصاصی فولاد آلیاژی - نیروگاه سیکل ترکیبی / صندوق پستی: ۳۶۵۸۹۱۷۵	۰۳۵۳۷۲۵۲۰۸۳
۵۲۱۱	شرکت مدیریت تولید برق طوس	مدیریت تولید نیرو	مشهد - کیلومتر ۱۵ جاده قوچان	۰۵۱۳۵۴۲۱۸۰۵
۵۲۱۲	شرکت پلی اکریل ایران	تولید الیاف مصنوعی	اصفهان - ۴۵ کیلومتری جاده اصفهان مبارکه - کدپستی: ۸۱۴۶۵ صندوق پستی: ۱۶۶۸ و ۴۴۱۵	۳۱۳۳۳۲۵۴۰۰
۵۲۲۱	شرکت گاز استان اردبیل	گازرسانی	اردبیل - میدان بسیج - شرکت گاز استان اردبیل	۴۵۳۳۷۴۳۸۸۰
۵۲۲۴	شرکت پتروشیمی برزویه	پتروشیمی	بوشهر - منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس - صندوق پستی: ۷۵۳۹۱-۱۱۵	۰۷۷۲۷۳۲۳۲۵۰
۵۲۲۵	شرکت بازرسی کیفیت و استاندارد ایران	خدمات فنی و مهندسی و مشاوره آموزشی	تهران - خیابان کارگر شمالی - روبروی دانشکده اقتصاد - پلاک ۱۸۴۷	۲۱۸۸۰۲۰۳۴۳
۵۲۲۶	شرکت پتروشیمی تندگویان	پتروشیمی	ماهشهر - منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی سایت ۴	۰۲۱۸۸۸۸۹۵۱۱
۵۲۲۷	شرکت پالایش نفت شیراز	پالایش	شیراز - ۲۲ کیلومتری جاده شیراز اصفهان - شرکت پالایش نفت شیراز	۰۷۱۳۸۱۷۱۰۰۰
۵۲۲۸	شرکت پالایش نفت تبریز	پالایش	تبریز - جاده سردرود - شرکت پالایش نفت تبریز	۴۱۳۴۲۰۵۵۷۰
۵۲۳۱	شرکت پالایش نفت تهران	پالایش	تهران - جاده قدیم قم - کدپستی: ۱۸۷۹۹۱۳۱۱۱ - صندوق پستی: ۱۸۷۳۵-۴۱۷۳	۲۱۶۱۶۲۳۳۱۰
۵۲۳۲	شرکت پالایش نفت اصفهان	پالایش	اصفهان - کیلومتر ۵ جاده اصفهان به تهران - شرکت پالایش نفت اصفهان صندوق پستی: ۸۱۴۶۵-۴۱۵	۳۱۳۳۸۰۲۷۲۷
۵۲۳۳	شرکت پالایش نفت آبادان	پالایش	آبادان - شرکت پالایش نفت آبادان	۶۱۵۳۳۰۲۳۴۸
۵۲۳۴	شرکت پالایش نفت کرمانشاه	پالایش	کرمانشاه - بلوار شهید بهشتی - روبروی پارک شاهد - شرکت پالایش نفت کرمانشاه	۸۳۳۱۳۷۲۰۰۰
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 آلیاژی	تهران - خیابان شیخ بهایی جنوبی - بلوار آزادگان - خیابان ۲۱ شرقی - اول خیابان دبستان - پلاک ۳۴ - طبقه اول	۰۲۱۸۸۳۳۸۳۹۵
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	۲۱۸۸۱۲۰۰۲۲
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	۰۲۱۸۸۳۰۷۳۴۹
۵۲۴۴	شرکت شیمیایی رنگ سمن	کارخانجات شیمیایی	تهران - خ - مطهری - مقابل خیابان سنایی - شماره ۲۶۷	۲۱۸۸۷۲۷۰۷۰
۵۲۴۵	شرکت پارس آب تدبیر	نظارت و اجرا در زمینه آب و فاضلاب	تهران - خیابان کارگر شمالی - خیابان نصرت - بین خیابان کارگر و جمالزاده - پلاک ۳۶	۰۲۱۶۶۹۳۷۳۹۹
۵۲۴۶	شرکت گاز استان اصفهان	خطوط لوله و انتقال، شرکت‌های طراحی و مهندسی	اصفهان - چهارباغ بالا، روبروی مجتمع تجاری پارک - ساختمان سوم گاز - طبقه سوم - خدمات مهندسی - مهندسی حفاظت کاتدی - جناب آقای مهندس سلیمانی صندوق پستی: ۶۶۴-۸۱۶۵۵	۰۳۱۳۶۲۷۱۰۳۱
۵۲۴۷	شرکت ماشین‌سازی اصفهان	نیروگاه - پتروشیمی آلیاژی و مخازن - فولاد و سیمان	تهران - میدان آرژانتین - خیابان الوند - کوچه سی و یکم - پلاک ۴۸	۰۲۱۸۸۷۸۹۱۲
۵۲۴۸	شرکت بهریزان	صنایع ساختمانی	تهران - میدان حسن‌آباد - 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	۲۱۶۱۶۲۷۷۲
۵۲۵۱	شرکت مهندسان مشاوره سازه	نفت، گاز و پتروشیمی	تهران - خیابان بهشتی - خیابان سرافراز - شماره ۳۱ کد پستی: ۱۵۸۷۶۸۳۱۳۳ - خانم زاهدپور	۲۱۸۸۷۳۹۹۳۴
۵۲۵۴	شرکت سوت ماشین	خطوط لوله و انتقال استیل صنایع غذایی، طراحی و مهندسی، صنایع ساخت تجهیزات صنعتی و کشاورزی، کارخانجات صنایع غذایی	تهران - بلوار میرداماد - بعداز پل مدرس - شهید ۱۷۴ - برج آرین - طبقه ۸ شرقی - واحد ۳۱	۰۲۱۲۲۲۵۶۲۵۷

اعضای حقوقی انجمن خوردگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۲۵۵	شرکت صنایع رنگ بوژان رزین	تولید کننده رنگ و رزین	تهران - خیابان فاطمی - پلاک ۲۰۱ - طبقه ۳ - واحد ۸	۲۱۸۸۹۶۳۵۸۸
۵۲۶۰	شرکت تولید و رنگ سازی اورانوس	تولید کننده رنگ و رزین	تهران - خیابان ولیعصر - خیابان زرتشت غربی - روبروی بیمارستان مهر - پلاک ۹۷ - طبقه سوم	۲۱۸۸۹۶۰۲۶۴
۵۲۶۱	شرکت راستا پوشش	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - نیروگاه های تولید برق	تهران - خیابان شریعتی - خواجه نصیر طوس - نبش - خیابان مقدم - پلاک ۲۹۴ - واحد ۴	۲۱۷۷۵۲۵۵۶۷
۵۲۶۲	نفت و گاز پارس		تهران - خیابان فاطمی - نبش پروین اعتصامی - 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	۰۲۱۸۸۲۱۱۲۲۱
۵۲۶۹	شرکت دریا پالا انرژی	پالایش نفت و گاز، پتروشیمی، شرکتهای طراحی و مهندسی، مهندسی مشاور، نظارت و اجرا، تصفیه آب و غیره	تهران - خیابان میرداماد - خیابان شمس تبریزی جنوبی - کوی مریم - پلاک ۱۷	۲۱۲۲۹۱۱۲۹۰
۵۲۷۰	شرکت رنگ فیروزه شیراز	تولید کننده رنگ و رزین	شیراز - شهرک صنعتی بزرگ فاز دوم - خیابان ۴۱۳ - کدپستی: ۷۱۵۸۱-۸۵۴۸۸	۷۱۳۷۷۴۷۰۰
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 ۷ - واحد ۷	۰۲۱۸۸۶۱۴۷۹۸
۵۲۸۹	شرکت گاز استان آذربایجان شرقی	خطوط لوله و انتقال	تبریز - خیابان آزادی - حد فاصل چهارراه لاله و خیابان رسالت - کد پستی: ۵۱۷۳۸۶۵۹۵۹	۰۴۱۳۴۴۴۸۰۸۱
۵۲۹۱	منطقه ۹ عملیات انتقال گاز	شرکت گاز	ساری - بلوار امیرمازندرانی - روبروی بیمارستان امام خمینی	۱۱۳۳۳۵۷۱۸۷
۵۲۹۳	رادین گستر سینا	ارایه دستگاه رسوب زدایی الکترونیکی - طراحی و مهندسی - نمایندگی شرکتهای خارجی	تهران خیابان سهروردی شمالی - نبش کوچه باسقی - پلاک ۳۶۸ - درب جنوبی - واحد یک	۲۱۸۸۵۲۷۷۷۹
۵۲۹۷	شرکت معدنی صنعتی گل گهر	-	سیرجان - کیلومتر ۶۰ جاده شیراز - شرکت سنگ آهن گل گهر	۳۴۵۴۲۲۹۰۰۱
۵۳۰۰	شرکت آذر انرژی تبریز	شرکتهای طراحی و مهندسی، اکتشافات، تولید و بهره برداری، پالایش نفت و گاز، کارخانجات شیمیایی	تبریز - میدان جهاد - روبروی مخابرات - کوی تبریزنو - بن بست مقدم - پلاک ۳	۴۱۳۴۴۱۴۵۳۳
۵۳۰۴	شرکت پتروشیمی زاگرس	پتروشیمی	بوشهر - منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس - عسلویه - شرکت پتروشیمی زاگرس صندوق پستی: ۳۶۴/۷۵۳۹۱	۰۷۷۲۷۳۲۳۳۰ داخلی ۱۰۰۱
۵۳۰۶	شرکت پتروشیمی مارون	پتروشیمی	تهران - شهرک غرب میدان صنعت - خیابان سیف - کوچه هفدهم - پلاک ۲ - کدپستی: ۱۴۶۶۸۸۳۸۵۵	۰۲۱۸۸۶۷۵۹۸۱
۵۳۰۷	مرکز علوم و تکنولوژی هایتک	علمی آموزشی	کرمان - انتهای اتوبان هفت باغ - مرکز علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی - پژوهشکده مواد	-
۵۳۰۹	شرکت آریا اس جی اس	پالایش و پخش و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - صنایع دریایی - کارخانه های شیمیایی - استخراج نفت و گاز - تولید فولاد - کارخانه صنایع چوب و کاغذ - صنایع خودروسازی - خطوط لوله و انتقال - حمل و نقل ریلی - صنایع ساختمانی شامل فلزی و بتونی - صنایع و تجهیزات پزشکی - تولید کنندگان رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - نمایندگی های شرکت های خارجی - و مهندسی مشاور و نظارت اجرا	تهران - میدان توحید - خیابان نصرت غربی - پلاک ۱۹	۲۱۶۶۴۳۴۶۴۷

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 پارسکدستی: ۷۵۳۹۱۴۶۴۸۴	۷۷۲۷۲۶۳۸۸۰
۵۳۱۷	شرکت پتروشیمی خوزستان	پتروشیمی	بندر امام خمینی - منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی - پتروشیمی خوزستان	۰۶۱۵۲۱۷۰۰
۵۳۲۰	شرکت آزمونه 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 آزمونه فولاد -	۳۱۳۶۲۵۹۳۹۴
۵۳۲۱	شرکت پتروشیمی جم	پتروشیمی	بوشهر- شهرستان کنگان - منطقه ویژه اقتصادی پارس جنوبی (عسلویه) سایت پتروشیمی - صندوق پستی: ۷۵۴۹۱-۴۱۵ - مدیریت آموزش	۷۷۲۷۲۳۳۴۶
۵۳۲۲	شرکت دریا رنگ اصفهان	صنایع رنگ و رزین	اصفهان - خیابان گلخانه - میدان گلها- کوچه بهاران شرقی - پلاک ۴	۳۱۳۴۴۲۴۶۸۰
۵۳۲۳	شرکت خبرگان بین المللی تهران (تایکو)	صنایع ساختمانی شامل فلزی و بتونی - صنایع دریایی شامل سکو کشتی - 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 پوششهای ضد خوردگی سطوح خارجی و داخلی لوله های فولادی خطوط انتقال نفت، گاز، پتروشیمی و آب	اصفهان - کیلومتر ۳۵ جاده اصفهان، ۱ بین - شهرک صنعتی سکرز فاز دوم- خیابان هفتم- آخرین کارخانه - سمت چپ - شرکت نیک محضر اسپادانا	۳۱۴۶۴۱۲۷۲۲
۵۳۲۸	دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت	مراکز آموزشی - مراکز تحقیقات	فارس مرودشت - کیومتر ۳ جاده تخت جمشید - دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت	۷۲۸۳۳۱۱۷۵۰
۵۳۳۱	شرکت زاگرس تطبیق کالا	پالایش و پخش و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - صنایع دریایی - کارخانه های شیمیایی - تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - کارخانه صنایع چوب و کاغذ - صنایع خودروسازی - صنایع دفاعی - صنایع ساختمانی شامل فلزی و بتونی - صنایع و تجهیزات کشاورزی - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - بازرسی فنی و بازرسی کالا	تهران - صادقیه - خیابان آیه الله کاشانی - روبروی بانک دی و سرمایه - پلاک ۲۶۶-	۲۱۴۴۰۹۹۶۹۱
۵۳۳۲	شرکت خود رنگ	کارخانجات شیمیایی	اصفهان بوستان سعدی - ساختمان خودرنگ طبقه ۲ - تهران بالاتر از میدان ولی عصر - روبروی استاد مطهری - خ فتحی شقایق - ساختمان شماره ۱۲- طبقه چهارم	۰۳۱۳۶۲۵۱۵۱۱
۵۳۳۳	شرکت ایمن پرتو	پالایش نفت و گاز- پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - کارخانه شیمیایی - صنایع دریایی - استخراج نفت و گاز- تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - تولید فولاد - کارخانه صنایع چوب و کاغذ - خطوط لوله و انتقال - صنایع و تجهیزات پزشکی - مراکز آموزشی	اصفهان - خیابان شمس آبادی - چهارراه قصر- ساختمان شمس - واحد ۱۰۸	۳۱۳۲۲۰۷۹۲۳
۵۳۳۴	شرکت طراحی و مهندسی صنایع انرژی	پالایش نفت و گاز- شرکت طراحی و مهندسی	تهران - پاسداران - نرسیده به میدان نوبنیاد - 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 آذرجام	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 آبادانا - خیابان توپچی - پلاک ۱۶	۲۱۸۸۷۳۷۲۲۸
۵۳۴۱	شرکت ایپک	پتروشیمی - خطوط لوله و انتقال - صنایع رنگ و رزین	تهران - ملاصدرا - برج ونوس - طبقه ۸ - واحد ۱۵	۲۱۸۸۶۱۳۷۳۲
۵۳۴۲	شرکت رنگ مکث	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 فرانگر زرفام	پالایش نفت و گاز - تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - صنایع خوردساز - 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 الیازدار	پتروشیمی - مراکز آموزشی - بازرسی فنی انواع مخازن تحت فشار - آزمایشگاه ذیصلاح آزمون انواع تیرالات فولاد کلاس دو و تست دوره ای انواع کپسول 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) - خطوط لوله و انتقال - شرکت طراحی و مهندسی	تهران - سهروردی شمالی - خیابان توپچی - پلاک ۲۲	۲۱۸۸۵۰۰۷۲۰
۵۳۴۶	شرکت مهندسین مشاور انرژی گستر	کارخانه شیمیایی - تولید و فروش مواد شیمیایی - بازاریارنده خوردگی و رسوب جهت صنایع مختلف	تهران - خیابان نجات الهی - 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 مانیتورینگ و تولید ترانس کتری فایر	تهران - ستارخان - برق آلسنوم - بنش جهانی نسب - پلاک ۱ - واحد ۴۱	۲۱۴۴۲۸۱۳۹۸
۵۳۵۲	کارخانه گالوانیزه گرم ارک 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 خوردگی ایران (به ترتیب الفبا)

شماره عضویت	نام عضو حقوقی	نوع فعالیت	نشانی	تلفن
۵۳۵۳	شرکت پتروآریوبان لیو	تجهیزات پایش و کنترل خوردگی، شرکت طراحی و مهندسی، سایر فعالیتها	جاده مخصوص کرج - بلوار شیشه مینا - شهرک فرهنگیان - بلوک ۸۸ - واحد ۴	۰۲۱۴۴۵۴۱۴۹۷
۵۳۵۴	شرکت صنایع بهداشتی ساین	کارخانه شیمیایی	بزرگراه فتح - کیلومتر ۸ - شرکت پاکسان شرکت صنایع بهداشتی ساین	۲۴۳۵۲۶۲۵۰۰
۵۳۵۵	شرکت تولید لوله و پوشش سلفجگان	خطوط لوله و انتقال - اجرای پوشش خطوط لوله و انتقال	تهران - خیابان آفریقا - بعد از پل میرداماد-کوچه عمدی - پلاک ۴	۲۱۸۱۷۷۳۱۳۴
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	۰۳۱۲۷۸۶۶۲۱۲
۵۳۵۸	شرکت پاک گستر پرند	نمایندگی شرکت های خارجی	تهران - کوی نصر - خ کارگری (۳۹) - پلاک ۶۱ - طبقه همکف	۸۸۲۴۷۷۵۳
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 خوردگی - مراکز آموزشی - مراکز تحقیقاتی - نمایندگی شرکت های خارجی	تهران - شمال به جنوب بزرگراه کردستان - خیابان بیستم (ابطحی) نیش بلوار آزادگان - پلاک ۱۱ - ۱۴۳۷۶۴۵۶۸۱۵	۲۱۸۸۸۰۱۱۰۲
۵۳۶۰	مجموعه آزمایشگاه، کنترل خوردگی و شرکت بازرسی سیناژامی 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 ۱۱۸	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	۰۳۱-۰۲۱۶۶۳۸۳۰۶۱ ۳۳۸۰۲۱۹۷
۵۳۶۳	شرکت رنگسازی بینالود	صنایع رنگ و رزین	تهران - بلوار آفریقا - خ دیدار شمالی - پ ۵ - واحد ۱۳	۰۲۱۸۸۷۸۶۱۸۴
۵۳۶۴	شرکت غرب پیشرفت	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - صنایع دریایی - خطوط لوله و انتقال - صنایع دفاعی - صنایع رنگ و رزین - نمایندگی شرکت های خارجی	تهران - خیابان گاندی جنوبی - خیابان ۱۷ - پلاک ۱۶ - واحد ۲۰	۸۸۸۸۲۴۱۸
۵۳۶۵	شرکت فن آوران اطلس انرژی	تجهیزات و پایش خوردگی - 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	۰۲۱۸۸۷۷۸۸۹۲
۵۳۶۷	شرکت گاز سرخون و قشم	پالایش نفت و گاز	بندرعباس - رو به روی پلیس راه میناب - بندرعباس - فرعی سمت راست - شرکت پالایش گاز سرخون و قشم - کدپستی: ۷۹۱۵۹۹۶۴۸۹	۰۷۶۳۲۱۹۲۵۶۰
۵۳۶۸	شرکت دلتا صنعت شریف	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - نیروگاه تولید برق - کارخانه شیمیایی - صنایع دریایی شامل سکوه کشتی و... - استخراج نفت و گاز - کارخانه صنایع چوب و کاغذ - تولید فولاد - تصفیه و توزیع آب و فاضلاب - صنایع خودروسازی - حمل و نقل دریایی - خطوط لوله و انتقال - صنایع دفاعی - اکتشافات تولید و بهره برداری - صنایع رنگ و رزین - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - مراکز آموزشی - نمایندگی شرکت های خارجی	تهران - خیابان مطهری - حدفاصل سهروردی و شریعتی - پلاک ۵۲ - واحد ۹	۸۶۰۲۰۵۱-۴
۵۳۶۹	شرکت پارس صنعت کیمند	پالایش نفت و گاز - پتروشیمی - صنایع دریایی شامل سکوه کشتی و... - استخراج نفت و گاز - صنایع خودروسازی - حمل و نقل ریلی - خطوط لوله و انتقال - تجهیزات پایش و کنترل خوردگی - نمایندگی 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: ۱۴۶۱۱۳۳۶۹۳	۰۲۱۴۴۲۷۳۶۱۸

خوردگی ایران

اولین هفته

1st
Iranian Corrosion Week

12-16 January 2019

۲۲ الی ۲۶ دی ۹۷

با محوریت بررسی مشکلات و معضلات
پدیده مخرب خوردگی و ارائه مشاوره و آموزش

مدیریت خوردگی

حفاظت کاتدی

بازرسی و پایش خوردگی

محل برگزاری:

دانشگاه شهید بهشتی

مرکز همایش‌های بین‌المللی

☎ 88 34 42 87 - 8

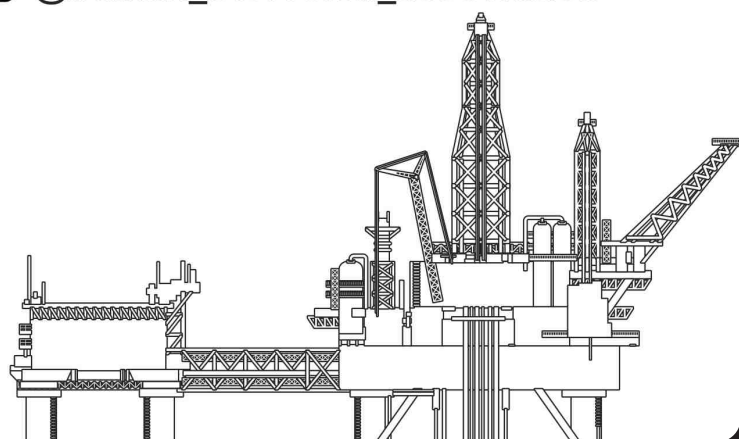
🌐 www.ica.ir

✉ Training@ica.ir

📷 [@iranian_corrosion_association](https://www.instagram.com/iranian_corrosion_association)

طبیعت و صنعت

بیش از هر زمانی اکنون نیازمند حفاظت هستند



Iranian Corrosion Association at a Glance

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

In The Name of god

ZANG

License Holder: Iranian Corrosion Association (ICA)

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

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

Editorial Bord (In Persian alphabetical order):

H. Adelpkhani (Ph.D)

E. Akbarinezhad (Ph.D)

A. Hatami Monfared (M.Sc)

M. Jameei (M.Sc)

S. M. Kasirihha (M.Sc)

K. Kouzeh Kannani (M.Sc)

D. Masouri (M.Sc)

M. Najmi (M.Sc)

F. Rezaei (Ph.D)

Graphics & Design: Hojjat Abbassian

Executive colleagues: Najmeh Azimzadeh (M.Sc),

Majid Shahmirzalou, Najmeh Sokhanvar

Publisher:

Iranian Corrosion Association, ICA

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

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

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

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

Iranian Corrosion Association

Unit 3, No.11, Behbahan Alley.,

Forsat St., Ferdowsi Sq., Tehran, Iran

Tel: +982188827334, 88344287-8

Fax: +982188347749, 88827334

P.O.BOX: 15815-3411

Website: www.ica.ir

Email: zangjournal@ica.ir

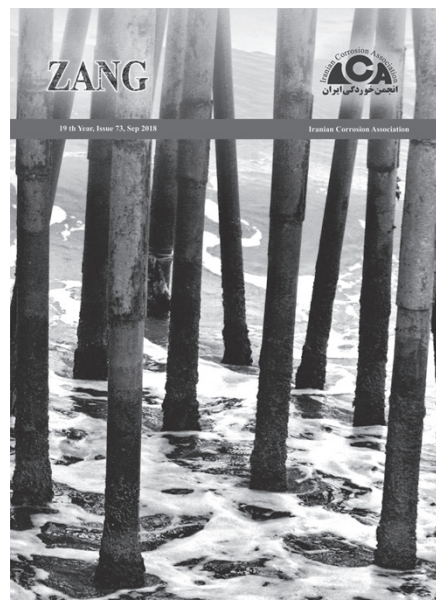
Price: 150.000 RLS

ZANG

The Scientific, Educational, Promotive Quarterly
Journal of Iranian Corrosion Association (ICA)

18th Year, Issue 73

Sep 2018



Content

Editorial	2
Article:	
Corrosion and deposition phenomenon in shell heat exchangers and pipes	4
The Word of Corrosion:	
Corrosion Words	16
Corrosion Books Presentation	17
Corrosion Internet Sites	18
List of MP's articles	20
Tutorial:	
Corrosion management	22
cathodic protection	30
Inspection and corrosion monitoring	38
Association News:	
Training	50
News ICA	51
Book List	53
New Membership ICA	55

ZANG



19 th Year, Issue 73, Sep 2018

Iranian Corrosion Association

