Petroleum industry- Chemical materials for control of corrosive mediums-Technical requirements

صنعت نفت- مواد شیمیایی برای کنترل محیطهای خورنده- الزامات فنی

ویرایش اول

بهمن ۱۴۰۱

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱

پیش‌گفتار صنعت نفت

استانداردهای نفت ایران (IPS) منعکس‌کننده دیدگاه‌های وزارت نفت ایران است و برای استفاده در تأسیسات تولید نفت و گاز، پالایشگاه‌های نفت، واحدهای شیمیایی و پتروشیمی، تأسیسات انتقال و فراورش گاز، فرآورده‌های نفتی و سایر تأسیسات مشابه تهیه شده است.

استانداردهای نفت، براساس استانداردهای قابل قبول بین‌المللی و داخلی تهیه شده و شامل گزیده‌هایی از استانداردهای مرجع می‌باشد. همچنین براساس تجربیات صنعت نفت کشور و قابلیت تأمین کالا از بازار داخلی و نیز برحسب نیاز، مواردی به طور تکمیلی و یا اصلاحی در این استاندارد لحاظ شده است. مواردی از گزینه‌های فنی که در متن استانداردها آورده نشده است در داده برگ‌ها به صورت شماره‌گذاری شده برای استفاده مناسب کاربران آورده شده است.

استانداردهای نفت، به شکلی کاملاً انعطاف پذیر تدوین شده است تا کاربران بتوانند نیازهای خود را با آن‌ها منطبق نمایند. با این حال ممکن است تمام نیازمندی‌های پروژه‌ها را پوشش ندهند. در این گونه موارد باید الحاقیه‌ای که نیازهای خاص آن‌ها را تامین می‌نماید تهیه و پیوست شوند. این الحاقیه همراه با استاندارد مربوطه، مشخصات فنی آن پروژه و یا کار خاص را تشکیل خواهند داد.

استانداردهای نفت هر پنج سال یکبار مورد بررسی قرارگرفته و روزآمد می‌گردند. در این بررسی‌ها ممکن است استانداردی حذف و یا الحاقیه‌ای به آن اضافه شود و بنابراین همواره آخرین ویرایش آن‌ها ملاک عمل می‌باشد.

در اجرای قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد ابلاغی ریاست محترم جمهوری، این استاندارد در تاریخ ۱۴۰۱/۱۱/۲۴ با شماره (INSO 23258) توسط سازمان ملی استاندارد ملی اعلام گردید.

از کاربران استاندارد، درخواست می‌شود نقطه نظرها و پیشنهادهای اصلاحی و یا هرگونه الحاقیه‌ای که برای موارد خاص تهیه نموده‌اند، به نشانی زیر ارسال نمایند. نظرات و پیشنهادهای دریافتی در کارگروه‌های فنی مربوطه بررسی و در صورت تصویب در تجدید نظرهای بعدی استاندارد منعکس خواهد شد.

ایران، تهران، خیابان کریمخان زند، خردمند شمالی، کوچه چهاردهم، شماره ۱۷
استانداردها و ضوابط فنی
کدپستی : ۱۵۸۵۸۸۶۸۵۱
تلفن : ۶۰ - ۸۸۸۱۰۴۵۹ و ۶۶۱۵۳۰۵۵
دور نگار : ۸۸۸۱۰۴۶۲
پست الکترونیک: Standards@nioc.ir

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد ، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفهٔ تعیین، تدوین، به‌روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«صنعت نفت- مواد شیمیایی برای کنترل محیط‌های خورنده- الزامات فنی»

رئیس:	سمت و/یا محل اشتغال:
غفوری یزدی، سیدحسین (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب
دبیر:	
خالقی‌مقدم، ماهرو (دکتری شیمی آلی)	پژوهشگاه استاندارد- پژوهشکده شیمی و پتروشیمی
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آریانسب، فضه (دکتری شیمی آلی)	پژوهشگاه استاندارد- پژوهشکده شیمی و پتروشیمی
الداغی، حامد (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	شرکت نفت و گاز پارس
امینیان، وحید (کارشناسی ارشد شیمی کاربردی)	پژوهشگاه استاندارد- پژوهشکده شیمی و پتروشیمی
بزرگی، علی (کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر)	موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر (مترا)
بهادری بیرگانی، محسن (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	شرکت نفت و گاز اروندان
چنعانی‌پور، آرمان (دکتری مهندسی شیمی)	شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب
رجبی، شبنم (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	مرکز پژوهش‌های متالورژی رازی
رحیمی، حسین (کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)	پژوهشگاه صنعت نفت- پژوهشکده حفاظت صنعتی
رستگار زارع، محمد حسن (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	شرکت مهندسی و توسعه گاز ایران
زارعیان، شایان (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	شرکت پالایش نفت لاوان

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	سمت و/یا محل اشتغال:
سنگ‌سفیدی، لاله (کارشناسی ارشد شیمی آلی)	پژوهشگاه استاندارد- پژوهشکده شیمی و پتروشیمی
صالحی، علیرضا (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	شرکت مهندسین مشاور ناموران
عربی، مهرداد (کارشناسی مهندسی شیمی)	شرکت بهره برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی
عموری، موسی (کارشناسی مهندسی شیمی)	شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب
فائزی علی‌وند، رضا (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	شرکت مهندسی و توسعه نفت
فولادی، محمد (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	شرکت نارگان
قربانی، رضا (کارشناسی ارشد مهندسی مواد)	شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی
کسایی‌فرد، حسین (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	موسسه تحقیقاتی رنگ امیرکبیر (مترا)
کوشکی، عظیم (کارشناسی ارشد مهندسی بازرسی فنی)	اداره کل نظام فنی، اجرایی و ارزشیابی طرح های وزارت نفت
متشکر، ابوالفضل (دکتری مهندسی مواد)	شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب
ناصحی اسگوئی، محمدرضا (کارشناسی مهندسی شیمی)	شرکت مهندسی و توسعه نفت
یزدانفر، نجمه (دکتری شیمی تجزیه)	پژوهشکده توسعه صنایع شیمیایی جهاد دانشگاهی- مرکز آنالیز شیمیایی
یوسف پور، عباس (دکتری مهندسی شیمی)	پژوهشگاه نیرو – مرکز ارتقای واحدهای نیروگاهی
ویراستار:	
ابراهیم، الهام (کارشناسی شیمی کاربردی)	پژوهشگاه استاندارد- پژوهشکده شیمی و پتروشیمی

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱

مندرجات فهرست

عنوان	صفحه
پیش‌گفتار	ز
مقدمه	ح
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۶
۴ نمادها و کوته‌نوشت‌ها	۱۱
۵ کلیات	۱۱
۶ طبقه‌بندی انواع مواد شیمیایی مؤثر بر کنترل خوردگی	۱۴
۷ برنامه کنترل خوردگی به‌وسیله مواد شیمیایی	۱۶
۸ روش‌های به‌کارگیری مواد شیمیایی کنترل خوردگی	۲۴
۹ آزمون‌های ارزیابی مواد شیمیایی	۲۶
۱۰ طراحی و صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی	۳۷
۱۱ بسته‌بندی و نشانه‌گذاری	۳۷
۱۲ بازرسی و آزمون	۳۸
۱۴ اقدامات احتیاطی	۳۸
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) مواد شیمیایی موثر در کنترل خوردگی	۳۹
پیوست ب (الزامی) الزامات تکمیلی برای استفاده از مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه‌های متداول	۴۳
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی	۵۳
پیوست ت (آگاهی‌دهنده) معیار موفقیت‌آمیز بودن کنترل خوردگی	۵۵
کتاب‌نامه	۵۶

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱

پیش‌گفتار

استاندارد «صنعت نفت- مواد شیمیایی برای کنترل محیط‌های خورنده - الزامات فنی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در هزار و هشتصدمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد صنایع شیمیایی مورخ ۱۴۰۱/۱۱/۲۴ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی‌ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منابع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

IPS-E-TP-780: 2010, Engineering standards for chemical control of corrosive environments

IPS-M-TP-675: 2004, Material and equipment standard for inhibiting package for cooling water systems

IPS-M-TP-672: 2000, Material and equipment standard for inhibitor, anti-icing for use in jet turbine fuels

مقدمه

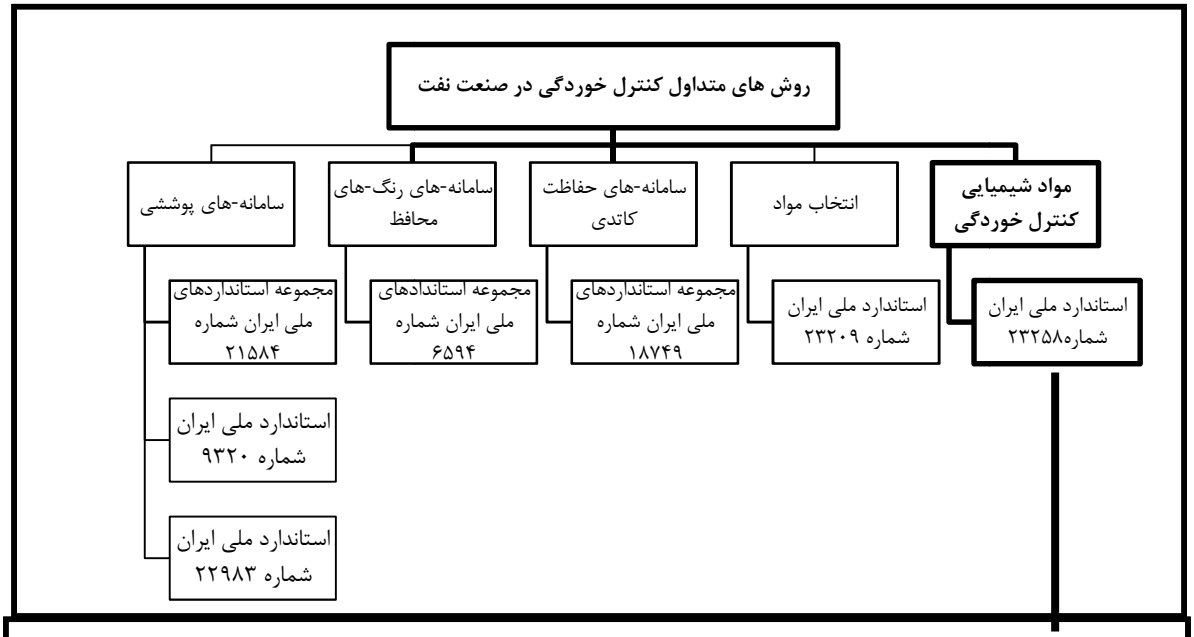
مواد شیمیایی کنترل‌کننده خوردگی، موادی هستند که وقتی با غلظتی مناسب و سازگار با سامانه و فرایند به یک محیط اضافه می‌شوند، به‌طور مؤثر باعث جلوگیری یا کاهش خوردگی می‌شوند. استفاده از انواع مواد شیمیایی در صنایع بالادستی و پایین‌دستی نفت به‌منظور کنترل خوردگی انواع سامانه‌های تولیدی و فراورشی به‌عنوان راهکاری مؤثر در نظر گرفته می‌شود. تهیه راهنماهای کاربردی و معتبر برای الزامات، روش‌های به‌کارگیری و انتخاب این مواد، ابزاری را برای کاربرد مؤثر آن‌ها فراهم می‌کند.

لازم به ذکر است که برای کاربردهای خاص، ممکن است الزامات بیشتری نسبت به الزامات این استاندارد موردنیاز باشد. این استاندارد، سازندگان/ فروشندگان را از ارائه، یا خریدار/کاربر نهایی را از پذیرش مواد شیمیایی با فرمولاسیون‌های جدید/ تجاری یا راه‌حل‌های مهندسی جایگزین برای کاربردهای خاص منع نمی‌کند.

این موضوع به‌ویژه در مورد فناوری‌های نوآورانه یا در حال توسعه صدق می‌کند. در مواردی که جایگزین ارائه می‌شود، توصیه می‌شود که سازنده/ فروشنده هرگونه تغییر نسبت به این استاندارد را شناسایی کرده و جزئیات آن را جهت پذیرش و تأیید از سوی کاربر نهایی ارائه دهد. اگر الزام دیگری از سوی کاربر نهایی مشخص نشده باشد، مسئولیت تعیین شرایط طراحی برای انتخاب مواد شیمیایی با توجه به اجرای الزامات و راهنماهای این استاندارد، به عهده کاربر نهایی است.

هدف از تدوین این استاندارد، معرفی و الزامات به‌کارگیری انواع مواد شیمیایی متداول و مؤثر برای کنترل خوردگی محیط‌های خورنده در صنعت نفت مطابق شکل صفر است:

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱



بند ۱: هدف و دامنه کاربرد

بند ۲: مراجع الزامی

بند ۳: اصطلاحات و تعاریف

بند ۴: نمادها و کوته‌نوشت‌ها

بند ۵: کلیات شامل الزامات عمومی برای کنترل محیط‌های خورنده به وسیله مواد شیمیایی بر اساس استاندارد و مدرک IPS-E-TP-780: 2010، EFC 39: 2004

بند۶: طبقه‌بندی انواع مواد شیمیایی موثر بر کنترل خوردگی بر اساس استاندارد IPS-E-TP-780: 2010 و مفاهیم مرتبط از استانداردها و مدرک INSO 23209، IPS-M-TP-675: 2004 و EFC 39: 2004

بند ۷: برنامه کنترل خوردگی به وسیله مواد شیمیایی بر اساس استانداردها و مدرک IPS-E-TP-780: 2010، NACE SP 21469: 2021 و GP 06-15: 2011

بند ۸: روش‌های به‌کارگیری مواد شیمیایی کنترل خوردگی بر اساس استاندارد و مدرک IPS-E-TP-780: 2010، EFC 39: 2004

بند ۹: آزمون‌های ارزیابی مواد شیمیایی بر اساس استانداردهای IPS-E-TP-780: 2010 و NACE 31215: 2015

بند۱۰: طراحی و صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی چند منظوره بر اساس استاندارد IPS-M-TP-675: 2004

بند ۱۱: بسته بندی و نشانه‌گذاری بر اساس استانداردهای IPS-M-TP-675: 2004 و IPS-M-TP-672: 2000

بند ۱۲: بازرسی و آزمون بر اساس استاندارد IPS-M-TP-675: 2004

بند۱۳: اقدامات احتیاطی بر اساس مفاهیم مندرج در استانداردها و مدرک IPS-E-TP-780: 2010، IPS-M-TP-675: 2004 و EFC 39: 2004

پیوست الف: مفاهیم مرتبط با طبقه‌بندی مواد شیمیایی موثر بر کنترل خوردگی بر اساس عملکرد و سازوکار بر اساس استاندارد

شکل ۰- استانداردهای ملی کنترل خوردگی کاربردی در صنعت نفت

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱

صنعت نفت – مواد شیمیایی برای کنترل محیط‌های خورنده- الزامات فنی

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن بر عهده کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنهٔ کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات فنی، طبقه‌بندی، روش‌های انتخاب، روش‌های به‌کارگیری، روش‌های آزمون و ارزیابی عملکرد مواد شیمیایی شامل انواع بازدارنده‌های خوردگی[1]، زیست‌کش‌ها[2]، زداینده‌ها[3] و دیگر مواد شیمیایی متداول و مؤثر اشاره شده در این استاندارد برای کنترل محیط‌های خورنده صنعت نفت است.

این استاندارد همچنین شامل الزامات خاص برای استفاده از مواد شیمیایی کنترل خوردگی چندمنظوره برای کنترل محیط‌های خورنده، قابل کاربرد در سامانه‌های متداول صنعت نفت است.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۰۹، صنایع نفت، پتروشیمی و گاز طبیعی انتخاب مواد و کنترل خوردگی برای سامانه‌های تولید نفت و گاز

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۸۷۴۹، حفاظت کاتدی – قسمت ۱: اصول کلی حفاظت کاتدی خشکی

2-3 ISO 175, Plastics- Methods of test for the determination of the effects of immersion in liquid chemicals

2-4 ISO 3007, Petroleum products and crude petroleum- Determination of vapour pressure - Reid method

2-5 ISO 3016, Petroleum and related products from natural or synthetic sources- Determination of pour point

---

[1]- Corrosion inhibitors
[2]- Biocides
[3]- Scavengers

2-6 ISO 3104, Petroleum products- Transparent and opaque liquids- Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity

2-7 ISO 3675, Crude petroleum and liquid petroleum products- Laboratory determination of density- Hydrometer method

2-8 ISO 3679, Determination of flash no-flash and flash point- Rapid equilibrium closed cup method

2-9 ISO 6247, Petroleum products- Determination of foaming characteristics of lubricating oils

2-10 ISO 6614, Petroleum products- Determination of water separability of petroleum oils and synthetic fluids

2-11 ISO 6618, Petroleum products and lubricants- Determination of acid or base number - Colour-indicator titration method

2-12 ISO 6619, Petroleum products and lubricants- Neutralization number- Potentiometric titration method

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۰۳۰: سال ۱۳۹۲، فراورده‌های نفتی و روان کننده‌ها- عدد خنثی‌سازی- روش تیتراسیون پتانسیومتری، با استفاده از استاندارد ISO 6619: 1988 تدوین شده است.

2-13 ISO 7537, Petroleum products- Determination of acid number- Semi-micro colour-indicator titration method

2-14 ISO 8044, Corrosion of metals and alloys- Vocabulary

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۰۲۲: سال ۱۳۹۵، خوردگی فلزات و آلیاژها- اصطلاحات و تعاریف پایه، با استفاده از استاندارد ISO 8044: 2015 تدوین شده است.

2-15 ISO 16961, Petroleum, petrochemical and natural gas industries- Internal coating and lining of steel storage tanks

2-16 ISO 23936-1, Petroleum, petrochemical and natural gas industries- Non-metallic materials in contact with media related to oil and gas production- Part 1: Thermoplastics

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۶۴۰۶: سال ۱۳۹۱، صنایع نفت، پتروشیمی و گاز طبیعی- مواد غیرفلزی در تماس با محیط‌های مرتبط با فراوری نفت و گاز - قسمت ۱- گرمانرم‌ها، با استفاده از استاندارد ISO 23936-1: 2009 تدوین شده است.

2-17 ISO 23936-2, Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Non-metallic materials in contact with media related to oil and gas production - Part 2: Elastomers

2-18 ASTM D888, Standard test methods for dissolved oxygen in water

2-19 ASTM D56, Standard test method for flash point by tag closed cup tester

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۵۳۳: سال ۱۳۹۷، اندازه‌گیری نقطه اشتعال با دستگاه سر بسته تگ- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D56: 2016 تدوین شده است.

2-20 ASTM D93, Standard test methods for flash point by pensky-martens closed cup tester

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۹۵: سال ۱۴۰۰، اندازه‌گیری نقطه اشتعال با دستگاه سربسته پنسکی- مارتنز- روش آزمون با استفاده از استاندارد ASTM D93:2020 تدوین شده است.

2-21 ASTM D97, Standard test method for pour point of petroleum products

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۱: سال ۱۳۹۷، فراورده‌های نفتی- اندازه‌گیری نقطه ریزش- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D97: 2017 تدوین شده است.

2-22 ASTM D323, Standard test method for vapor pressure of petroleum products (Reid method)

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۵۴۳۹: سال ۱۳۹۸، فراورده‌های نفتی- تعیین فشار بخار (روش رید)- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D323:2015 تدوین شده است.

2-23 ASTM D445, Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids (and calculation of dynamic viscosity)

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۳۴۰: سال ۱۳۹۷، فراورده‌های نفتی- اندازه‌گیری گرانروی کینماتیک مایعات شفاف و تیره (و محاسبه گرانروی دینامیک)- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D445: 2018 تدوین شده است.

2-24 ASTM D471, Standard test method for rubber property-effect of liquids

2-25 ASTM D664, Standard test method for acid number of petroleum products by potentiometric titration

2-26 ASTM D891, Standard test method for specific gravity, apparent, of liquid industrial chemicals

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۶۵۱: سال ۱۳۹۹، مواد شیمیایی صنعتی مایع- تعیین وزن مخصوص ظاهری- روش‌های آزمون با استفاده از استاندارد ASTM D891: 2018 تدوین شده است.

2-27 ASTM D892, Standard test method for foaming characteristics of lubricating oils

2-28 ASTM D974, Standard test method for acid and base number by color-indicator titration

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۹: سال ۱۳۹۲، فراورده‌های نفتی- اندازه‌گیری عدد اسیدی و بازی به روش تیتراسیون با شناساگر رنگی- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D974: 2012 تدوین شده است.

2-29 ASTM D1078, Standard test method for distillation range of volatile organic liquids

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۹۴۰۲: سال ۱۳۹۲، گستره تقطیر مایعات آلی فرار- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D1078: 2011 تدوین شده است.

2-30 ASTM D1209, Standard test method for color of clear liquids (Platinum- Cobalt Scale)

2-31 ASTM D1217, Standard test method for density and relative density (specific gravity) of liquids by bingham pycnometer

2-32 ASTM D1218, Standard test method for refractive index and refractive dispersion of hydrocarbon liquids

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۳۳: سال ۱۳۹۴، هیدروکربن‌های مایع- تعیین ضریب شکست و پراکندگی شکست- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D1218: 2012 تدوین شده است.

2-33 ASTM D1298, Standard test method for density, relative density, or API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۷: سال ۱۳۹۳، اندازه‌گیری چگالی، چگالی نسبی یا گراویتی API نفت خام و فراورده‌های نفتی مایع با استفاده از روش هیدرومتر، با استفاده از استاندارد ASTM D1298: 2012 تدوین شده است.

2-34 ASTM D1401, Standard test method for water separability of petroleum oils and synthetic fluids

2-35 ASTM D1480, Standard test method for density and relative density (specific gravity) of viscous materials by bingham pycnometer

2-36 ASTM D1481, Standard test method for density and relative density (specific gravity) of viscous materials by lipkin bicapillary pycnometer

2-37 ASTM D1613, Standard test method for acidity in volatile solvents and chemical intermediates used in paint, varnish, lacquer, and related products

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۱۸: سال ۱۳۹۶، حلال‌های فرار و مواد شیمیایی واسطه‌ای مورد مصرف در رنگ، ورنی، لاک و فراورده‌های وابسته- تعیین اسیدیته- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D1613: 2017 تدوین شده است.

2-38 ASTM D2161, Standard practice for conversion of kinematic viscosity to saybolt universal viscosity or to saybolt furol viscosity

2-39 ASTM D2170, Standard test method for kinematic viscosity of asphalts (bitumen)

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۸۵۵: سال ۱۳۸۹ قیر و مواد قیری- تعیین گرانروی سینماتیک قیرها- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D2170: 2007 تدوین شده است.

2-40 ASTM D2688, Standard test method for corrosivity of water in the absence of heat transfer (weight Loss method)

2-41 ASTM D3828, Standard test methods for flash point by small scale closed cup tester

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۰۴۸: سال ۱۳۹۵، تعیین نقطه اشتعال به‌وسیله آزمون‌گر کاپ بسته مقیاس کوچک- روش‌های آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D3828: 2012 تدوین شده است.

2-42 ASTM D3339, Standard test method for acid number of petroleum products by semi-micro color indicator titration

2-43 ASTM D3951, Standard practice for commercial packaging

2-44 ASTM D4052, Standard test method for density, relative density, and API gravity of liquids by digital density meter

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۶۶۲: سال ۱۳۹۴، تعیین چگالی و چگالی نسبی و گراویتی API مایعات با استفاده از چگالی‌سنج با نمایشگر عددی- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D4052: 2011 تدوین شده است.

2-45 ASTM D5482, Standard test method for vapor pressure of petroleum products and liquid fuels (mini method-atmospheric)

2-46 ASTM D5950, Standard test method for pour point of petroleum products (automatic tilt method)

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۲۱۵: سال ۱۳۹۹، فراورده‌های نفتی- اندازه‌گیری نقطه ریزش فراورده‌های نفتی به روش شیب خودکار، با استفاده از استاندارد ASTM D5950-14: 2020 تدوین شده است.

2-47 ASTM D6378, Standard test method for determination of vapor pressure (VPX) of petroleum products, hydrocarbons, and hydrocarbon-oxygenate mixtures (triple expansion method**)**

2-48 ASTM E70, Standard test method for pH of aqueous solutions with the glass electrode

2-49 ASTM E203, Standard test method for water using volumetric karl fischer titration

2-50 ASTM E502, Standard test method for Selection and use of ASTM standards for the determination of flash point of chemicals by closed cup methods

2-51 ASTM E1064, Standard test method for water in organic liquids by coulometric karl fischer titration

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۶۸۸۵: سال ۱۳۹۹، مایعات آلی- اندازه‌گیری مقدار آب به روش تیتراسیون کولومتری کارل فیشر، با استفاده از استاندارد ASTM E1064: 2016 تدوین شده است.

2-52 ASTM G4, Standard guide for conducting corrosion tests in field applications

2-53 ASTM G31, Standard guide for laboratory immersion corrosion testing of metals

2-54 ASTM G111, Standard guide for corrosion tests in high temperature or high pressure environment, or both

2-55 ASTM G170, Standard guide for evaluating and qualifying oilfield and refinery corrosion inhibitors in the laboratory

2-56 ASTM G184, Standard practice for evaluating and qualifying oil field and refinery corrosion inhibitors using rotating cage

2-57 ASTM G185, Standard practice for evaluating and qualifying oil field and refinery corrosion inhibitors using the rotating cylinder electrode

2-58 ASTM G202, Standard test method for using atmospheric pressure rotating cage

2-59 ASTM G208, Standard practice for evaluating and qualifying oilfield and refinery corrosion inhibitors using jet impingement apparatus

2-60 API RP45, Recommended practice for analysis of oilfield water

2-61 NACE 1D196: 1996, Laboratory test methods for evaluating oilfield corrosion inhibitors

2-62 NACE TM0106, Detection, testing, and evaluation of microbiologically influenced corrosion (MIC) on external surfaces of buried pipelines

2-63 NACE TM0212, Detection, testing, and evaluation of microbiologically influenced corrosion on internal surfaces of pipelines

2-64 NACE TM0374, Laboratory screening tests to determine the ability of scale inhibitors to prevent the precipitation of calcium sulfate and calcium carbonate from solution (for oil and gas production systems)

2-65 NACE 1D182, Wheel test method used for evaluation of film-persistent corrosion inhibitors for oilfield applications

2-66 NACE TM0169, Standard guide for laboratory immersion corrosion testing of metals

2-67 ANSI Z400.1/129.1: 2010, Hazardous workplace chemicals– Hazard evaluation and safety data sheet and precautionary labeling preparation

2-68 IPS-M-TP-790, Petroleum, petrochemical and natural gas industries- Internal coating and lining of steel storage tanks

2-69 IPS-I-TP-802: 2011, Inspection standard for internal corrosion survey methods & inhibitor evaluation (for pipeline and for plant)

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ISO 8044، اصطلاحات با تعاریف زیر به‌کار می‌رود.

۳-۱
فراهمی

availability

نسبت زمان حفاظت (زمان تزریق ماده شیمیایی به سامانه در/ یا بالاتر از مقدار مشخص‌شده) به زمان موردنیاز برای حفاظت (زمانی که سامانه در حال کار است و حفاظت موردنیاز است) را فراهمی گویند که برحسب درصد بیان می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، مدت‌زمانی که ماده شیمیایی، با مقداری برابر یا بالاتر از حداقل مقدار موردنیاز برای حفاظت در زمان کارکرد سامانه موجود است را فراهمی ماده شیمیایی گویند.

۳-۲
باکتری‌کش

bactericide

مواد شیمیایی که باکتری را از بین می‌برد.

۳-۳
زیست‌کُش

biocide

ماده شیمیایی کــه علاوه بــر باکتری، دیگر موجودات زنده را نیز از بین می‌برد.

۳-۴
خوردگی زیستی

biological corrosion

به خوردگی ناشی از سوخت‌وسازهای زیستی موجودات زنده میکروسکوپی گفته می‌شود.

۵-۳

حد مجاز خوردگی

corrosion allowance

ضخامت اضافی دیواره در طراحی تجهیزات فلزی (اغلب فولاد کربنی ساده) که برای احتمال از بین رفتن در اثر خوردگی در طول عمر تجهیزات در نظر گرفته می‌شود.

۶-۳

بازدارنده خوردگی

corrosion inhibitor

یک ماده شیمیایی یا ترکیبی از مواد که وقتی با غلظتی مناسب و سازگار با سامانه و فرایند به یک محیط اضافه می‌شوند، به‌طور مؤثر باعث جلوگیری یا کاهش خوردگی می‌شوند.

۷-۳

سازگاری

compatibility

سازگاری، به معنی عدم وجود اثرات مضر ناشی از به‌کارگیری مواد شیمیایی کنترل خوردگی بر عملکرد یا خواص مواد و اجزای یک سامانه شامل تجهیزات تزریق، سیال فرایندی، سایر تجهیزات فلزی/ غیرفلزی و مواد شیمیایی موجود، فرایندهای پایین‌دست و بهداشت محیط (با توجه به سامانه و فرایند) و همچنین عدم ایجاد اختلال در عملکرد مواد شیمیایی ناشی از شرایط محیطی و سامانه‌ها است.

۸-۳

ارزیابی ریسک خوردگی

corrosion risk assessment

ارزیابی ریسک خوردگی، فرایندی است که بر احتمال شکست/ ازکارافتادگی، تهدیدات خوردگی، از دست رفتن سیال و به‌طورکلی از بین رفتن یکپارچگی سازه/ تجهیزات/ تأسیسات در اثر خوردگی و پیامدهای ناشی از آن متمرکز می‌شود.

۹-۳

نرخ خوردگی

corrosion rate

نرخ خوردگی بیان‌گر مقدار و سرعت خوردگی یک ماده است که معمولاً به‌صورت کاهش جرم در واحد سطح، در واحد زمان یا به‌صورت سرعت نفوذ در واحد زمان و غیره بیان می‌شود.

یادآوری- واحد کاربردی برای بیان نرخ خوردگی، به نوع سامانه و نوع اثر خوردگی بستگی دارد. نرخ خوردگی ممکن است به‌صورت سرعت افزایش در عمق خوردگی نسبت به زمان، یا سرعت تبدیل جرم فلز به محصولات خوردگی نسبت به مساحت سطح یا سرعت تبدیل جرم فلز به محصولات خوردگی نسبت به زمان و غیره بیان شود. اثر خوردگی ممکن است با زمان تغییر کند یا ممکن است در تمام نقاط سطح خورده‌شده یکسان نباشد. بنابراین بهتر است نرخ خوردگی به‌همراه اطلاعات مربوط به نوع سامانه، میزان وابستگی اثر خوردگی به زمان و نوع اثر خوردگی باشد.

[منبع: برگرفته از زیربند ۲-۱۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۰۲۲]

۳-۱۰

چگالی

density

چگالی به‌عنوان جرم مایع بازدارنده خوردگی در واحد حجم تعریف می‌شود. چگالی نسبی یا وزن مخصوص نسبت جرم حجم معینی از بازدارنده خوردگی به حجم معادل آب در همان دما است.

۳-۱۱

راندمان

efficiency

درصد کاهش در نرخ خوردگی یک سامانه در حالت عدم استفاده از مواد شیمیایی کنترل خوردگی نسبت به حالت استفاده از این مواد است.

۳-۱۲

امولسیون

emulsion

مخلوطی مایع در مایع است که در آن قطرات ریز یک مایع (مانند آب) در مایعی دیگر (مانند فاز هیدروکربنی یا نفت) بدون آن‌که با هم در آمیزند، پراکنده شده است.

۳-۱۳

کاربر نهایی

شرکت

کارفرما

خریدار

end user
company
client
purchaser

به شخص حقیقی یا نهاد حقوقی استفاده‌کننده از این استاندارد اشاره می‌کند که مسئول تعریف الزامات یک پروژه، عملیات و استفاده از تأسیسات، سفارش خرید محصول و پرداخت آن‌ها است.

۳-۱۴

فیلم

film

مواد نازک متصل[1] یا غیرمتصل[2] به سطح که ذرات/ مولکول‌های این مواد به صورت جانبی[3] پیوسته و به‌هم متصل می‌شوند.

یادآوری ۱- شاخصه «نازک» برای تاکید بر این است که ضخامت فیلم بسیار کوچکتر از دو بعد دیگر است.

یادآوری ۲- یک فیلم می‌تواند مستقل (بدون تکیه‌گاه)، قابل‌مشاهده یا غیرقابل‌مشاهده باشد.

یادآوری ۳- یک فیلم می‌تواند از جامد یا مایع (به‌عنوان مثال فیلم مایع) ساخته شود.

یادآوری ۴- یک فیلم می‌تواند دارای یک لایه تک‌مولکولی یا چندلایه باشد.

[منبع: برگرفته از زیربند 3.1.1 استاندارد ISO/TS 80004-11[3]]

۱۵-۳

نقطه اشتعال

flash point

نقطه اشتعال[4] کمترین دمایی است که یک نمونه بازدارنده خوردگی می‌تواند در حضور هوا، بخار اشتعال‌پذیر آزاد کند.

۱۶-۳

پنجره (کنترل محدوده) عملیاتی برای یکپارچگی

integrity operating window

حدود تعیین شده برای متغیرها (یا پارامترها)ی فرایندی که در صورت انحراف عملیات از این حدود، برای مدت زمان از پیش تعیین‌شده، می‌توانند بر یکپارچگی تجهیزات تأثیر بگذارند.

[منبع: زیربند 3.1.6 استاندارد API RP585[7]]

۱۷-۳

لایه

layer

موادی که ذرات/ مولکول‌های آن به‌طور ناپیوسته در یک بعد محدود هستند و در داخل یا در سطح یک فاز متراکم قرار می‌گیرند.

1- Supported
2- Unsupported
3- Laterally
4- Flash point

[منبع: برگرفته از زیربند 3.1.2 استاندارد ISO/TS 80004-11[3]]

۱۸-۳

سازنده

manufacturer

به شخص حقیقی یا نهاد حقوقی گفته می‌شود که مسئولیت ساخت مواد شیمیایی کنترل خوردگی را دارد.

۱۹-۳

زداینده‌ها

scavengers

مواد شیمیایی هستند که به‌تنهایی یا همراه با بازدارنده‌های خوردگی، به‌منظور کاهش یا حذف اجزای خورنده مانند اکسیژن، هیدروژن‌سولفید (H_2S) یا کربن‌دی‌اکسید (CO_2)، در محیط‌های خورنده به‌کار برده می‌شوند.

۲۰-۳

سامانه

system

سامانه معرفی شده در این استاندارد، متشکل از یک یا چند فلز و آن قسمت از محیط است که بر خوردگی تاثیر می‌گذارند؛ مانند سامانه‌های لوله‌کشی، خطوط لوله، درون‌چاهی، سامانه‌های سوخت توربین جت و سامانه‌های پالایشگاهی و فراورشی نفت و گاز و همچنین تجهیزاتی مانند خنک‌کننده‌های آب و مخازن ذخیره.

۲۱-۳

فروشنده

vendor

به شخص حقیقی یا نهاد حقوقی گفته می‌شود که مسئول فروش مواد شیمیایی کنترل خوردگی به کاربر نهایی است (و لزوماً سازنده مواد شیمیایی نیست).

یادآوری- در این استاندارد، در مواردی که کاربر نهایی، خرید مواد شیمیایی را به‌طور مستقیم از سازنده انجام می‌دهد، سازنده و فروشنده نقش یکسانی دارند.

۲۲-۳

گرانروی

viscosity

گرانروی، مقاومت سیال در برابر جریان‌یافتن است. گرانروی دینامیکی یا ضریب گرانروی (η) به‌عنوان نسبت بین تنش برشی به‌کاررفته و نرخ برش برحسب $N\ s/m^2 = 1\ kg/m/s$ تعریف می‌شود. گرانروی سینماتیکی ($\nu = \eta/\rho$) رفتار جریان را مشخص می‌کند که ρ چگالی سیال است.

۴ نمادها و کوته‌نوشت‌ها

نماد یا کوته‌نوشت	عنوان فارسی	عنوان انگلیسی
ASTM	انجمن آزمون و مواد آمریکا	American Society for Testing and Materials
CA	حد مجاز خوردگی	Corrosion allowance
CI	بازدارنده خوردگی	Corrosion inhibitor
CI_{Eff}	راندمان بازدارنده خوردگی	Corrosion inhibitor efficiency
CRAs	آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی	Corrosion Resistant Alloys
EIS	طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی	Electrochemical Impedance Spectroscopy
GRE	تقویت‌شده با رزین اپوکسی و الیاف شیشه	Glassfiber Reinforced Epoxy
A	فراهمی بازدارنده	Inhibitor availability
CR_I	نرخ خوردگی با بازدارندگی	Inhibited corrosion rate
ILSS	معیار موفقیت احتمالی بازدارنده	Inhibitor Likelihood Success Score
IOW	پنجره عملیاتی برای یکپارچگی	Integrity Operating Window
LPR	مقاومت پلاریزه‌شدن خطی	Linear polarisation resistance
MoC	مدیریت تغییر	Management of change
MIC	خوردگی میکروبی	Microbiologically Induced Corrosion
MEA	مونو اتانول آمین	Mono Ethanol Amine
NACE	انجمن ملی مهندسان خوردگی	National Association of Corrosion Engineers
SRB	باکتری‌های کاهنده سولفات	Sulphate-Reducing Bacteria
VPI	بازدارنده‌های فاز بخار	Vapor Phase Inhibitors
VCI	بازدارنده‌های خوردگی فرار	Volatile Corrosion Inhibitors
CR_U	نرخ خوردگی بدون بازدارندگی	Uninhibited corrosion rate

۵ کلیات

مواد شیمیایی کنترل خوردگی، ترکیبات شیمیایی هستند که برای کاهش نرخ خوردگی مواد در تماس داخلی با سیالات خورنده استفاده می‌شوند. استفاده از مواد شیمیایی کنترل خوردگی در صنعت نفت، یکی از اقتصادی‌ترین روش‌های کنترل خوردگی داخلی فولادهای ساده کربنی و کم‌آلیاژ است. با این وجود، در

برخی از شرایط عملیاتی (به‌ویژه بر اساس عمر طراحی بالا در شرایط بسیار خورنده یا در مواردی‌که کنترل خوردگی با نرخ موفقیت مناسب، دشوار باشد)، ممکن است، انتخاب آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی (CRAs)، فولاد با روکش CRA یا غیرفلزات (مانند لوله GRE) توجیه اقتصادی داشته باشد و استفاده شود.

یادآوری ۱- استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۰۹ روش‌های کنترل خوردگی و انتخاب مواد را ارائه می‌دهد. در بند ۸ استاندارد مذکور، رهنمودهایی برای کنترل خوردگی به‌وسیله عملیات شیمیایی شامل بازدارنده‌ها، زداینده‌ها و غیره بیان شده است.

سامانه‌ها و تجهیزات فولادی کربنی ساده و کم‌آلیاژ که در تماس داخلی با سیالات فرایندی و تولیدی در صنعت نفت هستند، می‌توانند دچار خوردگی داخلی شوند. متداول‌ترین دلایل خوردگی داخلی، خوردگی محیط‌های آبی است که به‌دلیل حل شدن گازهایی مانند CO_2، H_2S یا اکسیژن و همچنین فعالیت‌های ریزجانداران زیستی به وجود می‌آید.

یادآوری ۲- استاندارد EFC 23[17] ملاحظات برای کنترل خوردگی در محیط‌های دارای CO_2 در صنعت نفت را ارائه می‌دهد.

یادآوری ۳- استاندارد EFC 16[16] ملاحظات برای کنترل خوردگی در محیط‌های دارای H_2S در صنعت نفت را ارائه می‌دهد؛ و همچنین برای آگاهی بیشتر در این خصوص به استانداردهای NACE MR0175[20] و NACE MR0103[19] مراجعه شود.

محیط‌های متداول در صنعت نفت که می‌توانند منجر به خوردگی داخلی شوند، شامل موارد به شرح زیر هستند:

- سیالات هیدروکربنی شامل انواع مختلف ترکیبات نفت و گاز به‌ویژه شامل اسیدهای آلی مانند استیک-اسید که می‌توانند منجر به افزایش نرخ خوردگی در سیالات حاوی CO_2 شوند؛
- انواع آب‌های تولیدی، سازند[1] و تزریق که ممکن است به دلیل نمک‌های محلول مانند کلسیم‌کربنات، باریم‌سولفات، سدیم‌سولفات و سدیم‌کلرید باعث خوردگی شوند؛
- گازهای اسیدی مانند CO_2 و H_2S که می‌توانند در آب حل شوند و تشکیل سیالات خورنده دهند.
- ترکیب محیط‌های ذکرشده در بالا نیز محتمل است که شرایط خوردگی پیچیده‌ای را ایجاد می‌کند.

مهم- امکان و شدت خوردگی در هر یک از محیط‌های یاد شده، به پارامترهای مختلفی از جمله غلظت/ مقدار عوامل خورنده، دما، فشار، سرعت سیال و غیره بستگی دارد که نیازمند انجام مطالعات خوردگی و قضاوت مهندسی براساس شرایط هر پروژه می‌باشد.

به‌طور کلی، مواد شیمیایی کنترل خوردگی به‌منظور کنترل خوردگی عمومی (یکنواخت) استفاده می‌شوند و در شرایطی که خوردگی‌های موضعی (مانند خوردگی حفره‌ای یا شیاری) ناشی از عوامل مختلف مانند وجود اسیدهای آلی در محیط یا اغتشاش[2] و سرعت بالای سیال وجود دارد، بهتر است که از روش‌های دیگر مانند استفاده از مقادیری بالاتر از مقدار مشخص‌شده مواد شیمیایی کنترل خوردگی برای سرویس موردنظر (در راستای دستیابی به فراهمی)، افزایش حدمجاز خوردگی یا انتخاب آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی

[1]- Formation water
[2]- Turbulence

استفاده شود. همچنین بازرسی و پایش‌خوردگی در طول عملیات همراه با بررسی روند تغییرات در ضخامت دیواره و نرخ نفوذ حفره‌ها/ شیارها یک روش متداول برای کاهش خطر خوردگی‌های موضعی و شناسایی زمان تعمیر/ تعویض است.

یادآوری ۴- برای اطلاعات بیشتر در خصوص ملاحظات سرعت سیال برای کنترل سایش به استاندارد API RP 14E[4] مراجعه شود.

مواد شیمیایی کنترل خوردگی اغلب ممکن است در سامانه‌ها و تجهیزات خورده‌شده، به‌ویژه آنهایی که قدیمی هستند یا به‌شدت حفره دارند و/ یا حاوی مقادیر زیادی از تجمعات ذرات آلودگی مانند محصولات خوردگی، شن، ماسه و رسوبات هستند، اثربخشی کمتری داشته باشند. در این موارد، اغلب از روش‌های تمیزکاری مانند پیگ‌رانی و استفاده از مقادیری بالاتر از مقدار مشخص‌شده مواد شیمیایی کنترل خوردگی برای بالا بردن اثربخشی بازدارندگی استفاده می‌شود.

به‌طور کلی، برای استفاده از مواد شیمیایی کنترل خوردگی متناسب با خوردگی در سامانه‌ها و تجهیزات، حداقل موارد به شرح زیر در نظرگرفته می شود:

— فشار جزئی گازهای CO_2 و H_2S؛ غلظت و فشار کل این گازها، میزان خورندگی سیال، نرخ خوردگی عمومی، معیارهای سرویس ترش و انتخاب مواد را تعیین می‌کند؛

— شیمی سیال؛ تمایل به پوسته‌شدن، pH و وجود اسیدهای آلی در سامانه‌های شیرین (غیرترش) که می‌تواند باعث ایجاد خوردگی حفره‌ای شوند، از عوامل مهم در این بخش هستند؛

— دما؛ دمای بالا بر میزان پوسته شدن و نرخ خوردگی تأثیر می‌گذارد و توانایی جذب سطحی مواد شیمیایی کنترل خوردگی را کاهش می‌دهد؛

— ترکیب سیال؛ برش (جدایش) آب[1]، مقادیر میعانات و گاز هیدروکربنی و چگالی و گرانروی نفت بر هدایت[2]، تجمع[3] و تر شدن[4] سطوح فولادی تأثیر می‌گذارد؛

— شرایط جریان؛ ملاحظات جریان لایه‌ای[5] (چندفازی)، جریان لخته‌ای[6] و فاز گازی بر شروع خوردگی سایشی[7]، ضربه و سایش تأثیر می‌گذارد که می‌تواند کارایی مواد شیمیایی کنترل خوردگی را محدود کند.

— اقتصاد بازدارندگی یا بررسی‌های اقتصادی و ارزیابی ریسک‌های موجود؛ برای انتخاب بین استفاده از آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی در مقایسه با کاربرد مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه‌ها و تجهیزات، انجام می‌شود (به زیربند ۷-۳ مراجعه شود)؛

1- Water cut
2- Conductivity
3- Holdup
4- wetting
5- Stratified
6- Slugging
7- Erosion-corrosion

— حد مجاز خوردگی؛ یک روش کاهش خوردگی استاندارد و یک راهکار افزایش زمان برای عملیات (سرویس‌دهی) به‌وسیله مواد شیمیایی، در سامانه‌های با ریسک بالا فراهم می‌کند. توصیه می‌شود این روش همراه با فرایند بازرسی و پایش خوردگی استفاده شود.

— عملکرد مواد شیمیایی کنترل خوردگی؛ این عملکرد باید به‌وسیله آزمون تأیید شود. همچنین به‌منظور بهینه‌سازی مقدار دقیق آن‌ها، آزمون‌های میدانی در شرایط واقعی نیز باید انجام شود (به بند ۹ مراجعه شود)؛

— مدیریت برنامه‌های کنترل خوردگی؛ اغلب خرابی‌های سامانه در نتیجه رویه‌های کنترل و مدیریت ضعیف یا خطای انسانی روی می‌دهد. ساختارهای مدیریتی، تخصیص مسئولیت‌ها و مسیرهای گزارش‌دهی اتخاذ شده، نقشی حیاتی در بسیاری از سامانه‌های خوردگی پرخطر دارند.

میزان اثربخشی بازدارندگی یا احتمال موفقیت‌آمیز بودن کاربرد مواد شیمیایی کنترل خورگی با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از عوامل ذکر شده در بالا، می‌تواند با روش‌های کمّی، تعیین شود، برای آگاهی بیشتر در مورد این روش به پیوست **ت** مراجعه شود.

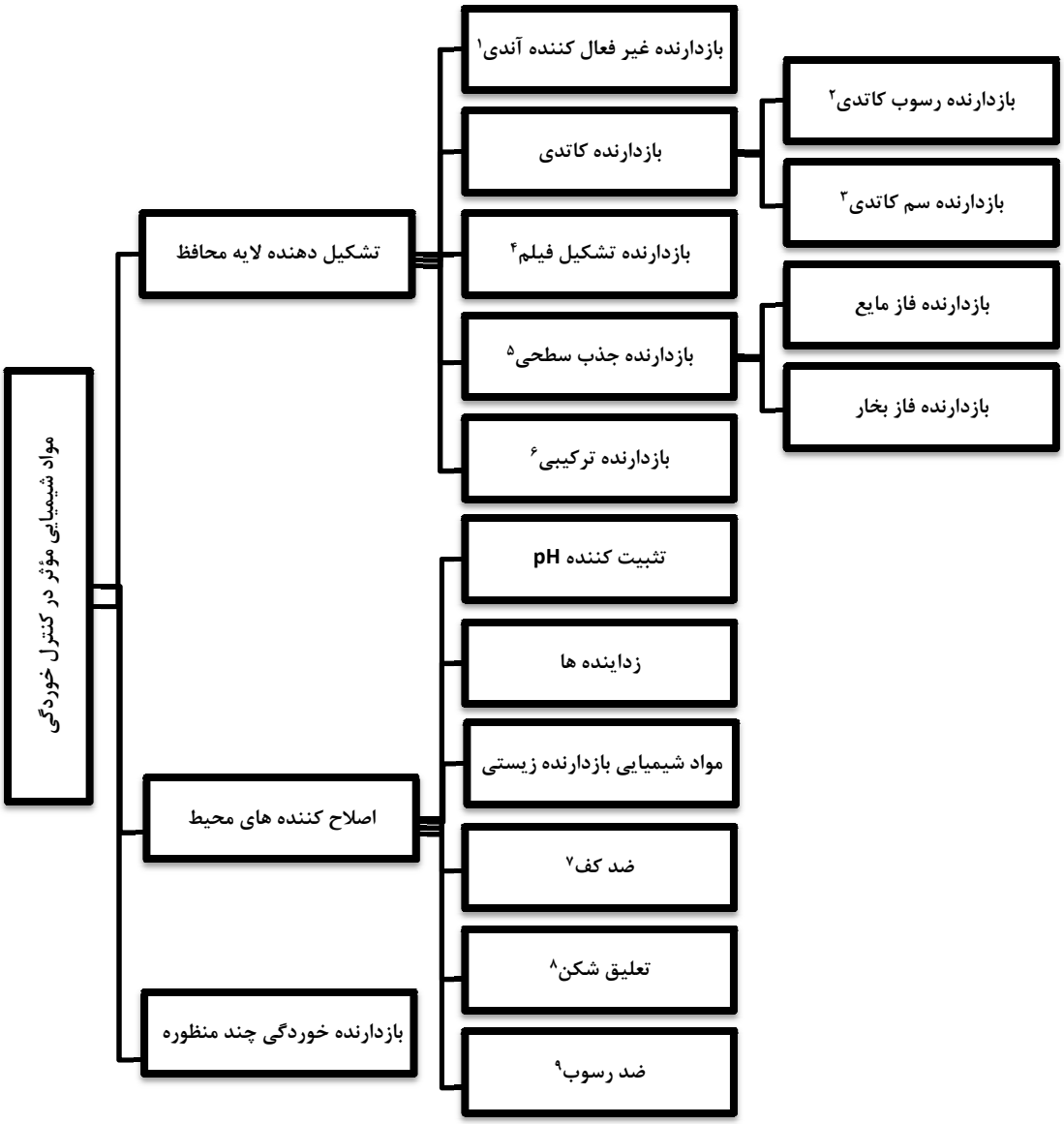
۶ طبقه‌بندی انواع مواد شیمیایی مؤثر بر کنترل خوردگی

امکان تعیین طبقه‌بندی کاملاً مجزا و اختصاصی برای مواد شیمیایی مؤثر بر کنترل خوردگی وجود ندارد، زیرا این مواد از جنبه‌های متفاوت، می‌توانند در جایگاه‌های متفاوتی قرار بگیرند؛ به‌عنوان مثال این مواد شیمیایی، بر اساس عملکرد مبتنی بر ساز و کار بازدارندگی (تشکیل لایه محافظ[1]، اصلاح محیط[2] و مواد شیمیایی کنترل خوردگی چندمنظوره[3]) یا براساس ماهیت شیمیایی (مواد آلی یا معدنی) یا براساس نوع محیط خورنده (مواد شیمیایی مخصوص محیط اسیدی، مواد شیمیایی مخصوص محیط قلیایی و مواد شیمیایی مخصوص محیط خنثی) طبقه‌بندی می‌شوند؛ بنابراین امکان تعیین طبقه‌بندی کاملاً مجزا و اختصاصی برای مواد شیمیایی مؤثر بر کنترل خوردگی وجود ندارد، زیرا در نظرگرفتن جنبه‌های متفاوت برای طبقه‌بندی این مواد شیمیایی، مانند ساز و کار یا عملکرد، آن‌ها را در دسته‌های متفاوتی قرار می‌دهد.

در این استاندارد، مواد شیمیایی متداول و کاربردی مورد استفاده در صنعت نفت که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم برای جلوگیری یا کاهش خوردگی مورد استفاده قرار می‌گیرند، بر اساس عملکرد آن‌ها دسته-بندی شده‌اند (به شکل ۱ مراجعه شود).

یادآوری- در پیوست **الف**، مواد شیمیایی کنترل خوردگی طبق این طبقه‌بندی، معرفی شده‌اند

[1]- Protection layer
[2]- Environment treatment
[3]- Corrosion inhibitor package



1- Passivating anodic inhibitors
2- Cathodic percipitates inhibitors
3- Cathodic poison inhibitors
4- Film forming inhibitors
5- Adsorption inhibitors
6- Mixed inhibitors
7- Antifoam
8- Demolsifier
9- Antifouling

شکل ۱- طبقه‌بندی مواد شیمیایی متداول مؤثر در کنترل خوردگی

۷ برنامه کنترل خوردگی به‌وسیله مواد شیمیایی

۷-۱ کلیات

انتخاب و استفاده صحیح از مواد شیمیایی کنترل خوردگی، از عوامل اصلی و مؤثر در کنترل خوردگی است. از این‌رو، برای بازدارندگی با استفاده از مواد شیمیایی ملاحظات خاصی از طریق طراحی و اجرای یک برنامه کنترل خوردگی در نظر گرفته می‌شود.

برنامه کنترل خوردگی باید بر طبق اصول فنی و اقتصادی و در زمان بنا نهادن یک سامانه جدید طراحی شود. توصیه می‌شود این برنامه حداقل به‌صورت سالیانه بررسی و به‌روز شود. اگر هنگام به‌کارگیری یک برنامه کنترل خوردگی در یک سامانه، تغییرات قابل‌توجهی مانند تغییر سازنده، تغییر محصول یا تغییر فرایند رخ دهند، بررسی‌های تکمیلی مطابق با فرایند مدیریت تغییرات (زیربند ۷-۴ مراجعه شود) باید انجام شوند.

بررسی دوره‌ای برنامه کنترل خوردگی و همچنین ارزیابی ریسک خوردگی، باید به‌دقت انجام شود تا هرگونه تغییرات تدریجی[1] که ممکن است در طول بازبینی‌های راهبردی برنامه نادیده گرفته شده است، در نظر گرفته شود.

انتخاب مواد شیمیایی مناسب با توجه به ویژگی‌های سامانه؛ محیط خورنده و عوامل دیگر خارج از سامانه باید تعیین شود. این عوامل شامل مسائل اقتصادی به‌منظور بررسی ضرر ناشی از خوردگی نسبت به هزینه-های مواد شیمیایی، تعمیرات و عملیات وابسته بـــه سامانه تزریق هستند؛ همچنین سازگاری مواد شیمیایی کنترل خوردگی با فرایند مورد استفاده جهت اجتناب از اثرات نامطلوبی مانند کف کردن، کاهش در فعالیت واسطه‌ای، فرسایش ماده دیگر، هدر رفتن انتقال حرارت و غیره باید در نظر گرفته شوند. سرانجام، مواد شیمیایی باید تحت شرایطی به کار گرفته شوند که حداکثر تأثیر را ایجاد کنند.

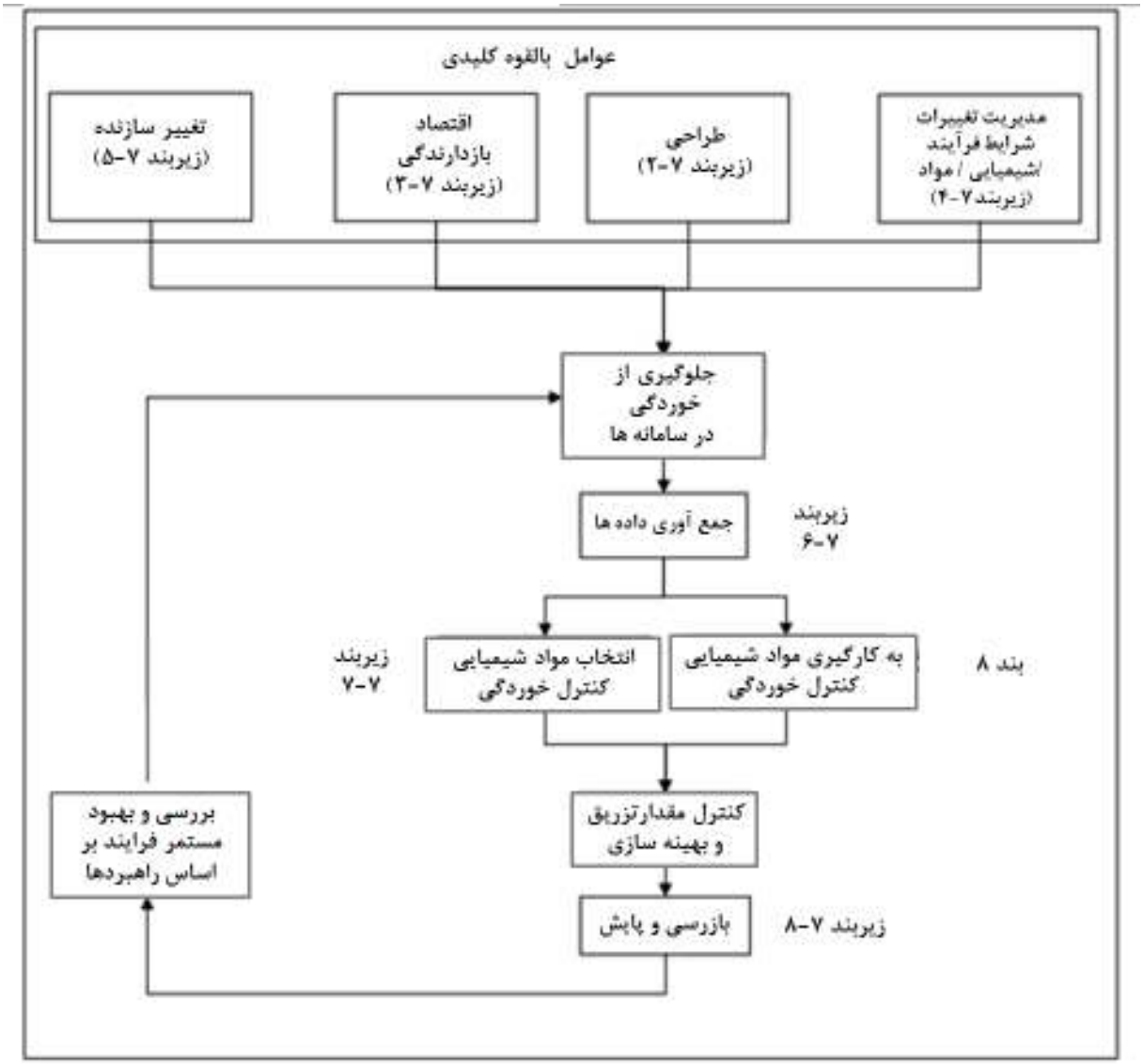
برای اطمینان از اینکه مواد شیمیایی کنترل خوردگی اعمال‌شده در شرایط عملیاتی کارایی خود را حفظ می‌کنند، توصیه می‌شود در طراحی یک برنامه کنترل خوردگی از سامانه‌ای برای تعریف پنجره عملیاتی برای یکپارچگی (IOW) به‌منظور شناسایی محدودیت‌های برنامه، صلاحیت‌سنجی آزمون‌های ارزیابی مواد شیمیایی کنترل خوردگی و اطمینان از اثربخشی آن‌ها استفاده شود.

یادآوری ۱- استاندارد NACE SP 21469[24] راهنمایی برای انتخاب مواد شیمیایی بازدارنده خوردگی با استفاده از معیارهای پنجره عملیاتی برای یکپارچگی (IOW) ارائه می‌کند.

یادآوری ۲- روش‌های تعیین پنجره عملیاتی برای یکپارچگی مطابق با موارد مطرح شده در استاندارد API RP584[6] انجام می‌شود.

ملاحظات و فعالیت‌های موردنیاز برای طراحی و اجرای یک برنامه کنترل خوردگی در شکل ۲ نشان داده شده است.

[1]- Creeping change



شکل۲- فعالیت‌های کلیدی برای طراحی و اجرای یک برنامه کنترل خوردگی

۷-۲ طراحی

طراحی برنامه کنترل خوردگی باید بر اساس رفع نیازها و با آگاهی کامل از فرایند سامانه، مواد به‌کار رفته در آن و شناخت کامل از خواص ماده شیمیایی کنترل‌کننده خوردگی انجام شود تا بهترین نتیجه را ایجاد کند.
از جمله مهم‌ترین عواملی که در این رابطه باید مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از:

- شرایط عملیاتی و نرخ خوردگی بدون بازدارندگی (CR_u)؛
- ارزیابی ریسک خوردگی؛
- معیار کارایی ماده کنترل خوردگی موردنیاز؛
- ویژگی‌های ماده شیمیایی موردنیاز (از جمله کارایی در دماهای پایین، نقطه اشتعال و غیره)؛
- فراهمی ماده کنترل خوردگی موردنیاز؛
- روش‌های به‌کارگیری مواد شیمیایی کنترل خوردگی (به بند ۸ مراجعه شود)؛

— ویژگی‌های شیمیایی سیال تولیدی/ فرایندی؛
— روش‌های پایش خوردگی قابل‌استفاده یا روش‌های نظارت بر سامانه (به زیربند ۷-۸ مراجعه شود)؛
— سازگاری مواد شیمیایی در شرایط عملیاتی؛
— ملاحظات ایمنی، زیست‌محیطی و اقتصادی.

۷-۳ اقتصاد بازدارندگی

مواد شیمیایی کنترل خوردگی در کنار روش‌های دیگر شامل انتخاب مواد، طراحی مناسب، به‌کارگیری پوشش‌ها و رنگ‌های محافظ، حفاظت کاتدی و آندی از روش‌های اصلی برای کنترل خوردگی و به‌عنوان یکی از پارامترهای مؤثر در تعیین اقتصادی بودن یک برنامه بازدارندگی محسوب می‌شوند.

جلوگیری از خوردگی به‌وسیله مواد شیمیایی به دلایل زیر می‌تواند انجام شود:

— افزایش عمر تجهیزات؛
— جلوگیری از توقف‌ها؛
— جلوگیری از حوادث حاصل از شکست‌های ترد (یا ناگهانی)؛
— جلوگیری از کاهش انتقال حرارت؛
— جلوگیری از آلودگی محصول/ سیال فرایندی و غیره.

به‌منظور تعیین اقتصادی‌بودن برنامه کنترل خوردگی، باید اقتصادی بودن هر یک از اهداف اشاره شده در بالا، ارزیابی شود.

پارامترهای مؤثر بر ویژگی‌های اقتصادی مواد شیمیایی کنترل خوردگی شامل موارد زیر است:

— تعویض تجهیزات یا تأسیسات؛
— هدررفت محصول؛
— تعمیر و نگهداری؛
— ظرفیت مازاد؛
— تجهیزات اضافی؛
— کنترل خوردگی؛
— پشتیبانی فنی؛
— طراحی؛
— بیمه؛
— موجودی قطعات و تجهیزات.

بهترین روش برای تخمین هزینه‌های مربوط به موارد اشاره شده، استفاده از سابقه سامانه‌ای است که قرار است حفاظت شود یا استفاده از سابقه سامانه مشابه است.

توصیه می‌شود ارزیابی اقتصادی مطابق با الزامات ارائه شده در استاندارد NACE 3C194[22] انجام شود.

۷-۴ مدیریت تغییر

برنامه کنترل خوردگی باید تابع فرایند مدیریت تغییر باشد و بنابراین این فرایند، باید برای تغییرات به شرح زیر در رابطه با مواد شیمیایی کنترل خوردگی تکمیل شود:

- مقدار موردنیاز، حد بالا و/ یا پایین؛
- ترکیب محصول؛
- تغییر مواد در تماس با مواد شیمیایی درون سامانه تزریق.

توصیه می‌شود فرایند مدیریت تغییر شامل ارزیابی عملکرد و/ یا سازگاری و مستندات پشتیبانی‌کننده برای تأیید تناسب مواد شیمیایی برای سرویس موردنظر باشد؛ همچنین موارد زیر در فرایند مدیریت تغییر درنظر گرفته شود:

- عملیات؛
- تضمین وجود جریان[1] با شرایط معین؛
- خوردگی؛
- شیمی تولید؛

تغییرات در شرایط فرایند؛ باید بررسی و روش اجرای کنترل خوردگی با مرور تدابیر مربوط به آن ارزیابی شود.

با تغییر شرایط فرایند باید نوع مواد شیمیایی، مقدار تزریق آن و روش عملیات کنترل خوردگی از نظر انطباق با کل دوره کارکرد (طول عمر) تجهیز/ تأسیسات مجددا تأیید شوند.

یادآوری - توصیه می‌شود در صورت عدم تغییر شرایط نیز، ادامه کاربرد و عملکرد مواد شیمیایی کنترل خوردگی هر ۳ سال، یک‌بار مجدداً تأیید شوند.

۷-۵ تغییر سازنده

تغییر سازنده ممکن است اثر مهمی بر عملکرد یا سازگاری ماده شیمیایی کنترل‌کننده خوردگی داشته باشد؛ در این حالت باید اطلاعات کافی از شرایط طراحی و عملیات سامانه موردنظر به‌وسیله خریدار/ کاربر نهایی در اختیار سازنده جدید قرار داده شود تا ماده شیمیایی مناسب را پیشنهاد دهد. در این‌صورت به‌منظور اطمینان از کیفیت و کارایی ماده شیمیایی کنترل خوردگی پیشنهادی، ارزیابی سازنده و خط تولید آن طبق فرایندهای مصوب کاربرنهایی (در صورت لزوم) و همچنین انجام آزمون‌های تضمین کیفیت و کنترل کیفیت ماده شیمیایی جدید مطابق با الزامات این استاندارد باید انجام شوند.

۷-۶ جمع‌آوری داده‌ها

برای طراحی یک برنامه کنترل خوردگی، داده‌ها و محدوده احتمالی مقادیر مربوط به پارامترهای مؤثر بر عملکرد مواد شیمیایی کنترل خوردگی جمع‌آوری می‌شود.

جدول ۱ فهرستی از دسته‌بندی پارامترهای مؤثر و داده‌های مربوط به آن را به‌صورت جداگانه ارائه می‌دهد.

---

[1]- Flow assurance

جدول ۱ - جمع‌آوری داده‌ها برای طراحی برنامه/ بسته عملیاتی کنترل خوردگی

دسته	پارامتر	داده‌های خاص
داده‌های فرایند	فشار، دما، تغییرات مورد انتظار، جریان و غیره.	دما، محدوده (ورودی - خروجی)، فشار، مرتبط با P_{CO2} و P_{H2S}
داده‌های تولید	تغییرات مورد انتظار در نرخ‌های جریان نفت، گاز، آب و مواد جامد	سرعت‌ها/ تنش برشی دیواره، رسوب مواد جامد، تجمع آب
ترکیب مواد	از تمام فازهای محصول تولیدشده	ترکیب گاز CO_2٪، H_2S٪، ترکیب نفت خام، آنالیز آب، اسیدهای آلی، pH/ قلیائیت، کلریدها و شوری کل، تولید مواد جامد و تجمع آن
تجهیز	ابعاد، مشخصات، حد مجاز خوردگی، اصلاح فرایند	مشخصات خط لوله، وجود نواحی انتهایی بسته[1]
مواد شیمیایی مورد استفاده	فهرست مواد شیمیایی قابل کاربرد	کنترل هیدرات،گلیکول،بازدارندگی تولید هیدرات، مواد فعال سطحی، اکسیژن‌زداها، زیست‌کش‌ها و غیره
عملیات	محدودیت‌های عملیاتی، فراهمی محدود، مسائل تدارکاتی[2]، ورودی‌های موقت سیال، ظرفیت انبارش، پایش، زمان پاسخ، طراحی تزریق	ورود سیال‌های آلوده یا هوادهی شده، فراهمی تزریق موردنیاز

1- Dead ends
2- Logistic issues

۷-۷ انتخاب مواد شیمیایی کنترل خوردگی

۷-۷-۱ الزامات کلی

انتخاب مواد شیمیایی کنترل خوردگی یکی از مهم‌ترین مراحل اجرای برنامه کنترل خوردگی است. انتخاب ماده باید بر اساس تلفیقی از دو عامل کارایی و ارزیابی اقتصادی انجام شود. تجربیات میدانی می‌توانند در انتخاب و تعیین ماده شیمیایی مناسب به کار گرفته شوند. نتایج کسب‌شده از این تجربیات در فراهم‌کردن نقطه شروع برنامه کنترل خوردگی می‌تواند بسیار با ارزش باشند.

عوامل زیر به‌طور حداقل در انتخاب مواد شیمیایی کنترل خوردگی باید در نظر گرفته شوند:

— راندمان ماده شیمیایی در کاهش نرخ خوردگی؛

— انحلال‌پذیری و رفتار آن در فاز هیدروکربنی/ آب؛

— غلظت بهینه ماده (سرعت خوردگی در مقایسه با غلظت ماده و هزینه آن)؛

— پایداری ماده شیمیایی با توجه به‌سرعت جریان و شرایط دمایی و دیگر عوامل؛

— سازگاری ماده شیمیایی با سیال تولیدی، فرایندهای پایین‌دستی، دیگر مواد شیمیایی و مواد موجود در سامانه؛

— اقتصاد بازدارندگی؛

- فراهمی ماده شیمیایی؛
- خدمات پس از فروش سازنده/ فروشنده؛
- آزمون‌های آزمایشگاهی و میدانی؛
- انطباق با الزامات زیست‌محیطی.

مهم- اگر احتمال اجبار الزامات زیست‌محیطی توسط مراجع ذی‌صلاح یا کاربر نهایی وجود داشته باشد، می‌توان انواع مواد شیمیایی کنترل خوردگی مناسب برای استفاده را محدود کرد. الزامات زیست‌محیطی برای استفاده از این مواد باید با کاربر نهایی توافق شود.

۷-۷-۲ فراهمی مواد شیمیایی کنترل خوردگی

شرایط و تجهیزات عملیاتی موردنیاز، معمولاً در راستای دستیابی به میزان فراهمی مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه در مقادیر ۹۵ درصد و بالاتر هدف‌گذاری می‌شوند؛ میزان موردنیاز فراهمی، بر اساس مطالعات خوردگی و با توجه به الزامات عملیاتی و اقتصادی مطابق با شرایط سامانه و نوع سرویس و/ یا استفاده از شرایط و تجربیات سامانه‌های مشابه، باید با کاربر نهایی توافق شود.

یک ماده شیمیایی فقط در صورتی فراهم در نظر گرفته می‌شود که در جریان تولید، در/ یا بالاتر از غلظت مشخص‌شده در یک دوره معین با توجه به شرایط سامانه موردنظر وجود داشته باشد.

مثال- میزان فراهمی ۹۵ درصد به معنای عدم تزریق و یا تزریق با غلظت کمتر از حد تعیین‌شده مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه، به میزان حداکثر ۱۸ روز در سال است.

به‌طورکلی، فراهمی مواد شیمیایی کنترل خوردگی با در نظر گرفتن موارد به شرح زیر تعیین می‌شود:

- توصیه می‌شود که تجهیزات عملیاتی با توجه به نیازهای عملیاتی سامانه در آینده و احتمال تغییر در برنامه کنترل خوردگی، همیشه برای دستیابی به میزان فراهمی ۱۰۰درصدی برنامه‌ریزی شود؛ به همین منظور، برای تزریق مواد شیمیایی کنترل خوردگی اغلب از پمپ با قابلیت اطمینان بالا[1] و دارای سامانه هشدار خودکار استفاده می‌شود. همچنین جهت حصول اطمینان از رعایت فراهمی موردنیاز، تمهیدات و برنامه‌ریزی لازم برای نگهداشت/ تعمیرات پمپ تزریق و به‌کارگیری پمپ جایگزین[2] انجام می‌شود. سطح مواد شیمیایی کنترل خوردگی در مخزن نیز معمولاً دارای سامانه هشدار خودکار در نظر گرفته می‌شود.
- مدت‌زمان پایداری[3] لایه محافظ تشکیل شده توسط مواد شیمیایی کنترل خوردگی، باید توسط سازنده مواد شیمیایی کنترل خوردگی تعیین شود؛ به‌صورتی‌که مدت‌زمان عدم وجود فراهمی موردنیاز یا خارج از سرویس بودن سامانه، بیشتر از مدت‌زمان پایداری لایه محافظ نباشد؛ در غیر این صورت، توصیه می‌شود تخلیه و راه‌اندازی مجدد سامانه یا روش‌های جایگزین مورد تایید کاربر نهایی انجام شود.

1- High reliability
2- Back up pump
3- Persistency

— نرخ تزریق مواد شیمیایی کنترل خوردگی باید با توجه به شرایط و توان عملیاتی، برای دستیابی به درصد معینی از مواد شیمیایی و میزان فراهمی لازم ثبت شود.
— توصیه می‌شود که در دوره‌های معین با توجه به شرایط سامانه، نمونه‌گیری از سیال عملیاتی جهت آزمون میزان باقیمانده از مواد شیمیایی کنترل خوردگی و سنجش ترکیب شیمیایی آب انجام شود؛ یکی از موارد مهم، میزان آهن حل‌شده در آب است که مطابق با استاندارد NACE SP0192[21] اندازه-گیری می‌شود.
— توصیه می‌شود که به منظور ارزیابی کارامدی مواد شیمیایی کنترل خوردگی مورد استفاده و فراهمی انتخاب‌شده، از روش‌های مختلف پایش خوردگی حین سرویس مانند کوپن خوردگی یا پراب مقاومت الکتریکی، استفاده شود و بررسی‌های فنی لازم برای رویدادهایی که منجر به عدم دستیابی به فراهمی موردنیاز شده است، انجام شود.
— برای سامانه‌هایی که در آن‌ها به‌کارگیری مواد شیمیایی کنترل خوردگی به روش تزریق پیوسته[1] (زیربند ۸-۱) انجام می‌شود، تضمینی برای ماندگاری دائمی مواد شیمیایی در نظر گرفته نمی‌شود. همچنین هیچ اعتباری برای مصرف بیش‌ازحد مواد شیمیایی کنترل خوردگی در نظر گرفته نمی‌شود.
— به‌طورمعمول، در روش تزریق ناپیوسته (متناوب)[2] (زیربند ۸-۲)، درصد فراهمی تعریف نمی‌شود.

فراهمی مواد شیمیایی کنترل خوردگی، A، با فرمول ۱ و بر اساس مفاهیم شکل ۳ بیان می‌شود.

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lceil t_{Pi} \rceil}{\sum_{i=1}^{m} \lceil t_{Di} \rceil} \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن:

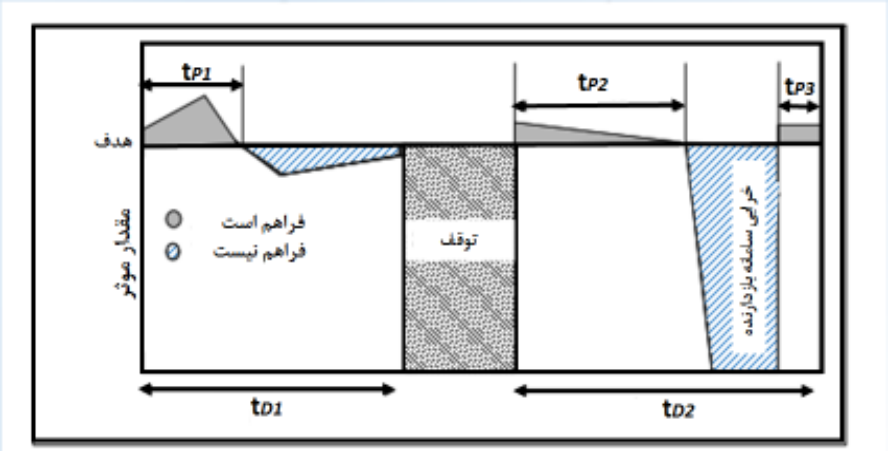
A فراهمی بازدارنده؛

t_{Pi} زمان محافظت‌شده (یعنی زمان تزریق مواد شیمیایی به سامانه در/ یا بالاتر از مقدار مشخص‌شده)؛

t_{Di} زمان تقاضا (یعنی زمانی‌که سامانه در حال کار است و حفاظت موردنیاز است)؛

n و m تعداد مقاطع زمانی است که مواد شیمیایی در سامانه فراهم باشد یا نباشد.

[1]- Continuous treatment
[2]- Batch treatment



راهنما:

t_{P1}، t_{P2} و t_{P3} زمان محافظت‌شده یا زمان تزریق مقدار مشخص شده از مواد شیمیایی کنترل خوردگی به سامانه در دوره‌های اول، دوم و سوم

t_{D1} و t_{D2} زمان اولیه و ثانویه تقاضا برای حفاظت مورد نیاز سامانه

شکل۳- فراهمی مواد شیمیایی کنترل خوردگی

اثر فراهمی در تعیین حد مجاز خوردگی برای اهداف طراحی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\mathrm{CA} = \left[\mathrm{CR}_I \times \frac{A\%}{100} \times \text{Design Life}\right] + \left[\mathrm{CR}_U \times \left(1 - \frac{A\%}{100}\right) \times \text{Design Life}\right] \qquad (۲)$$

که در آن:

CA حدمجاز خوردگی؛

Design life عمر طراحی؛

CR_I نرخ خوردگی با بازدارندگی؛

CR_U نرخ خوردگی بدون بازدارندگی.

۳-۷-۷ راندمان

راندمان یک ماده شیمیایی کنترل خوردگی عبارت است از درصد خوردگی کاهش‌یافته در حضور آن و در مقایسه با نرخ خوردگی ایجادشده در غیاب آن. راندمان بازدارنده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\%\mathrm{CI}_{Eff} = 1 - \frac{\mathrm{CR}_I}{\mathrm{CR}_U} \qquad (۳)$$

که در آن:

CI_{Eff} راندمان بازدارنده؛

CR_I نرخ خوردگی با بازدارندگی؛

CR_U نرخ خوردگی بدون بازدارندگی.

توصیه می‌شود که میزان راندمان یک ماده شیمیایی کنترل خوردگی در راستای دستیابی به نرخ خوردگی به میزان ۰٫۱ mm در سال باشد. همچنین میزان راندمان کمتر از ۹۰٪ مورد پذیرش نیست.
میزان راندمان یک ماده شیمیایی کنترل خوردگی باید با کاربر نهایی توافق شود.

۸-۷ پایش و بازرسی

روش‌های پایش و بازرسی مناسب و کارامد می‌توانند کارایی و اقتصاد برنامه کنترل خوردگی را برای نگهداری تجهیزات در حال بهره‌برداری با ریسک قابل‌قبول فراهم کنند. انتخاب روش‌های پایش خوردگی و حساسیت آن‌ها باید:

- بر مبنای خروجی‌های ارزیابی ریسک خوردگی باشند.
- نشان‌دهنده ریسک مرتبط با تجهیز تحت پایش و نرخ خوردگی بدون بازدارنده خوردگی باشند.
- سرعت خوردگی جداره لوله یا مخزن را به‌صورت دقیق نشان دهند.
- قادر به تشخیص سرعت زیاد خوردگی در دوره‌های زمانی کافی باشند تا پیش از وقوع خوردگی قابل‌توجه، اقدام لازم انجام شود.

همچنین توصیه می‌شود، پایش مقدار باقیمانده ماده شیمیایی کنترل خوردگی به‌ویژه در سامانه‌هایی که اعمال پایش خوردگی به‌سختی امکان‌پذیر است (نظیر خطوط لوله زیردریایی)، انجام شود، تا از کافی بودن مقدار ماده شیمیایی کنترل‌کننده خوردگی همراه سیال اطمینان حاصل شود.

روش‌های بازرسی نظیر پیگ‌رانی هوشمند، ابزارهای درون‌چاهی و آزمون‌های غیر مخرب با دقت زیاد معمولا برای تهیه اطلاعات مربوط به کارایی ماده شیمیایی کنترل خوردگی در کوتاه‌مدت، به‌اندازه کافی حساس نیستند؛ اما برای دوره‌های زمانی متوسط تا بلندمدت مناسب هستند. برنامه بازرسی برای تعیین کارایی برنامه بازدارندگی در دوره بلندمدت باید برمبنای استانداردهای مرجع در سامانه‌های مرتبط انجام شود.
پایش خوردگی می‌تواند برای ارزیابی ماده شیمیایی کنترل خوردگی هنگام آزمون میدانی آن‌ها نیز استفاده شود. روش‌های مورد استفاده باید حساسیت لازم را در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت داشته باشند.

۸ روش‌های به‌کارگیری مواد شیمیایی کنترل خوردگی

۸-۱ عملیات تزریق پیوسته

عملیات تزریق پیوسته مواد شیمیایی کنترل خوردگی در اغلب سامانه‌ها به‌خصوص در سامانه‌های یک بارگذر[1]، که در آن عملیات جریان لخته‌ای یا ناپیوسته نمی‌تواند به‌راحتی از طریق سیال توزیع شود، کاربرد دارد.

1- Once-through systems

این روش برای تأمین آب، تزریق آب به میدان نفتی، خنک‌کننده آب یک‌بارگذر، فضای دالیز چاه‌های[1] نفت یا گاز و چاه‌های فرازآوری[2] نفت، به کار برده می‌شود.
شکل دیگر عملیات پیوسته، به‌کارگیری مواد شیمیایی کنترل خوردگی با حلالیت پایین است. این دسته از مواد شیمیایی (مانند فسفات شیشه‌ای یا سیلیکات به شکل (کارتریج) کپسولی[3]) در مسیر جریان نصب می‌شود به‌طوری که ماده شیمیایی به‌طور پیوسته با عبور سیال از کپسول، شسته می‌شود. مواد شیمیایی کنترل خوردگی به شکل قلمی[4] یا قرص در چاه‌های نفت و گاز برای تأمین بازدارنده به‌طور پیوسته با انحلال آهسته طبیعی استفاده می‌شوند.

روش عملیات تزریق پیوسته مواد شیمیایی کنترل خوردگی می‌تواند در سامانه‌های سیال گردشی بسته مانند دیگ‌های بخار و سامانه‌های بسته خنک‌کننده آب استفاده شود.

یادآوری- به‌منظور سرعت بخشیدن به پیشرفت لایه‌های محافظ در سامانه‌هایی که بعد از ساخت یا تعمیرات عمده راه‌اندازی می‌شوند، معمولاً مواد شیمیایی کنترل خوردگی با غلظتی بیش از حد معمول تزریق می‌شود.

۸-۲ عملیات تزریق ناپیوسته[5]

روش عملیات تزریق ناپیوسته یا عملیات تزریق متناوب مواد شیمیایی کنترل خوردگی به‌منظور تأمین حفاظت برای یک دوره مشخص، مقداری از ماده مواد شیمیایی کنترل خوردگی در یک مرحله افزوده می‌شود.
در صورت نیاز به تأمین مواد شیمیایی کنترل خوردگی اضافی، مقدار موردنیاز می‌تواند به‌صورت دوره‌ای افزوده شود و/ یا سیال ممکن است تخلیه و جایگزین شود. در بیشتر سامانه‌های خنک‌کننده مداربسته هوادهی‌شده، برای اطمینان از تداوم حد ایمن، غلظت مواد شیمیایی کنترل خوردگی، باید به‌صورت دوره‌ای پایش شود.

روش جایگزین عملیات تزریق ناپیوسته که در خطوط لوله به کار می‌رود، شامل پیگ‌رانی افشانه‌ای[6] یا عملیات ناپیوسته مواد شیمیایی کنترل خوردگی غلیظ‌شده[7] بین دو پیگ است.

عملیات تزریق ناپیوسته مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه‌هایی مانند سامانه چاه‌های نفت و گاز یا خنک‌کننده خودرو به‌کار می‌رود. در این کاربرد، مواد شیمیایی کنترل خوردگی، در صورت نیاز، با حلال مناسب رقیق شده، سپس به دالیز چاه‌ها یا داخل لوله‌های جداری چاه‌های گاز که دارای تجهیز آب‌بند[8]

1- Open annulus wells
2- Gas lift wells
3- Cartridge
4- Sticks
5- Batch treatment
6- Spray pigging
7- Concentrated
8- Packer

هستند تزریق می‌شود. در این کاربرد، مواد شیمیایی کنترل خوردگی باید با تمام سطوح در تماس بوده و بادوام باشند. دوره تزریق باید در برنامه کنترل خوردگی تعیین شود. توصیه می‌شود برای اطمینان از تداوم حد ایمن مواد شیمیایی کنترل خوردگی در چاه‌ها، تزریق دوره‌ای هر دو هفته، یک‌بار انجام شود.

۸-۳ عملیات تزریق تحت‌فشار[1]

در این روش ابتدا حجم معینی از مواد شیمیایی کنترل خوردگی به یک سازند، مانند چاه‌های نفت و گاز تزریق می‌شود، سپس حلال کافی برای ایجاد فشار به‌منظور حرکت دادن این مواد شیمیایی به درون سازند وارد می‌شود.

همچنین گاهی مواد شیمیایی کنترل خوردگی را قبل از تزریق، با نفت، حلال آروماتیک یا آب رقیق کرده و مخلوط جدید را به درون چاه تزریق کرده و پس از آن حجم معینی از سیال را به چاه تزریق می‌کنند. این مواد شیمیایی پس از جذب به سازند، در هنگام خروج مواد نفتی با آن مخلوط شده و باعث جلوگیری از خوردگی می‌شوند.

۸-۴ روش تبخیر[2]

در این روش بازدارنده‌های فاز بخار در یک سامانه بسته مانند دیگ‌های بخار و ظروف بسته با روش تزریق ناپیوسته (۸-۲) یا تزریق تحت‌فشار (۸-۳) وارد شده و در اثر تبخیر از یک منبع به محل مستعد خوردگی منتقل می‌شوند تا از خوردگی‌های احتمالی مانند خوردگی ناشی از چگالش گاز جلوگیری شود.

۸-۵ روش پوشش[3] حاوی بازدارنده

در این روش، بازدارنده‌ها در بستر پوشش‌هایی که در معرض هوای آزاد هستند، استفاده می‌شوند. زمانی‌که رطوبت در تماس با پوشش یا رنگ قرار می‌گیرد، مقداری از بازدارنده برای حفاظت از فلز آزاد می‌شود. بنابراین، بازدارنده باید به‌اندازه کافی محلول باشد تا به مقدار مناسب برای حفاظت از فلز آزاد شود، اما نه آنقدر محلول که به‌سرعت از بین برود.

یادآوری – روی‌کرومات از متداول‌ترین بازدارنده‌های کاتدی به‌کاررفته در پوشش‌ها است که با فراهم کردن یون‌های کرومات، فولاد را غیرفعال می‌کند.

۹ آزمون‌های ارزیابی مواد شیمیایی

در این بند، ارزیابی‌های متداول آزمایشگاهی برای مواد شیمیایی کنترل خوردگی ارائه شده است.

یادآوری– کاربر نهایی می‌تواند آزمون‌های تکمیلی برای حصول اطمینان از خواص و عملکرد مواد شیمیایی را درخواست کند.

۹-۱ آزمون‌های ارزیابی آزمایشگاهی

1- Squeeze treatment
2- Volatilization
3- Coatings

مواد شیمیایی کنترل خوردگی قبل از استفاده در یک کاربرد میدانی، تحت ارزیابی آزمایشگاهی کامل قرار می‌گیرند. ارزیابی آزمایشگاهی مواد شیمیایی کنترل خوردگی شامل ارزیابی برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی و همچنین عملکرد در شرایط میدانی شبیه‌سازی‌شده است. در این آزمون‌ها، ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی بازدارنده‌ها به همراه توانایی آن‌ها در ارائه حفاظت در برابر خوردگی ارزیابی می‌شود.

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مواد شیمیایی کنترل خوردگی باید در برگه مشخصات فنی تولیدکننده ارائه شود. این ویژگی‌ها قبل از کاربرد میدانی بسته به نوع ماده شیمیایی و نیاز سامانه مورد استفاده مطابق با یکی از روش‌های آزمون ارائه‌شده در جدول ۲ آزمون می‌شوند.

الزامات تکمیلی شامل روش‌های آزمون اختصاصی مواد شیمیایی بازدارنده خوردگی در سامانه‌های متداول صنعت نفت در پیوست **ب** ارائه شده است.

جدول ۲- روش‌های آزمون ارزیابی آزمایشگاهی مواد شیمیایی کنترل خوردگی [ت و ث]

ویژگی	روش آزمون
چگالی [الف]	ASTM D1217
	ASTM D1298 [ج]
	ISO 3675
	ASTM D1480
	ASTM D1481
	ASTM D4052
گرانروی [الف]	ASTM D445 [ج]
	ISO 3104
	ASTM D2170
	ASTM D2161
فشار بخار [الف]	ASTM D323 [ج]
	ISO 3007
	ASTM D5482
	ASTM D6378
نقطه اشتعال [الف]	ASTM E502
	ASTM D56
	ASTM D93 [ج]
	ASTM D3828
	ISO 3679
نقطه ریزش [الف]	ASTM D97 [ج]
	ISO 3016
	ASTM D5950
پایداری گرمایی	ASTM G170
pH	ASTM E70
عدد اسیدی(AN) و عدد اسیدی کل (TAN) [الف]	ASTM D664 [ج]
	ISO 6619
	ASTM D974
	ISO 6618
	ASTM D3339

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱

	ISO 7537
تمایل به امولسیون‌سازی [الف]	[ب]ASTM D1401 ISO 6614
	ASTM G170
تمایل به تشکیل کف [الف]	[ب]ASTM D892 ISO 6247
	ASTM G170
ویژگی	روش آزمون
حلالیت و پراکندگی در آب‌نمک و هیدروکربن [پ]	ASTM G170
ضریب توزیع	ASTM G170
تمایل به تشکیل رسوب چسبنده	ASTM G170
سازگاری با سایر مواد شیمیایی	-
سازگاری با پلاستیک‌ها، الاستومرها و فلزات [پ]	ASTM G170 ISO 23936-1 ISO 23936-2 ASTM D471 ISO 175
زیست‌تخریب پذیری و سمیت	ASTM G170
ارزیابی زیست‌کش [پ]	API RP45 NACE TM0106 NACE TM0212 NACE TM0194
ارزیابی اکسیژن‌زدا	ASTM D 888
ارزیابی رسوب‌زدا	NACE TM0374
کارایی بازدارنده [پ]	ASTM G170 ASTM G184 ASTM G185 ASTM G202 ASTM G208 NACE 1D 182 NACE 1D196 ASTM G 31 ASTM D 2688 ASTM G111

[الف] روش انتخابی متناسب با نوع نمونه و براساس دامنه کاربرد استاندارد تعیین می‌شود؛ روش‌های آزمون ذکرشده برای مواد شیمیایی مشابه در شرایط یکسان معمولا نتایج مشابهی دربردارند، در مواقع اختلاف‌نظر از روش آزمون ارجح استفاده می‌شود.

[ب] روش آزمون ارجح در مواقع اختلاف‌نظر است.

[پ] روش آزمون انتخابی با توجه به نوع و نیاز سامانه و درخواست کاربر نهایی تعیین می‌شود.

[ت] انطباق با این الزامات باید توسط تولیدکننده مواد اثبات شود.

[ث] برخی از آزمون‌ها فقط با استفاده از مواد خام و برخی با استفاده از بازدارنده خوردگی انجام می‌شوند.

۹-۱-۱اندازه‌گیری چگالی

چگالی یا چگالی نسبی (وزن مخصوص) از ویژگی‌های فیزیکی پایه برای مواد شیمیایی کنترل خوردگی هستند که باید در برگه‌های اطلاعات ایمنی مواد گزارش شوند. چندین روش استاندارد برای اندازه‌گیری چگالی بازدارنده‌ها با استفاده از تجهیزات هیدرومتر، پیکنومتر یا چگالی‌سنج دیجیتالی وجود دارد. روش‌های آزمون اندازه‌گیری بسته به نوع بازدارنده و نیاز سامانه مورد استفاده در استانداردهای ASTM D1217، ASTM D1298، ISO 3675، ASTM D1480، ASTM D1481 و ASTM D4052 ارائه شده است.

۹-۱-۲ اندازه‌گیری گرانروی

میزان گرانروی بازدارنده به‌دلیل وابستگی به دما، در دمای انبارش و در زمان تزریق اندازه‌گیری می‌شود. روند تغییرات گرانروی یک بازدارنده در این دماها به تعیین حلال آن و پیش‌بینی اینکه آیا بازدارنده در یک محیط با شرایط خاص قابل تحویل و استفاده است یا خیر، کمک می‌کند.

فشار، گاهی بر گرانروی بازدارنده‌های خوردگی تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین، گرانروی بازدارنده باید پس از تزریق در سامانه تحت‌فشار ارزیابی شود. دو معیار مرتبط با گرانروی سیال وجود دارد که با عنوان گرانروی دینامیکی (یا مطلق) و سینماتیکی شناخته می‌شوند. گرانروی سینماتیکی برحسب m، Pa.s یا kg/m/s اندازه‌گیری می‌شود که در آن $1 Pa.s = 1 N s/m^2$ است.

واحد دیگری که برای گرانروی استفاده می‌شود، ثانیه‌های جهانی سیبولت (SUS) است. SUS زمان اصلاح‌شده برحسب ثانیه موردنیاز برای ۶۰ میلی‌لیتر از نمونه نفتی است که از طریق دهانه کالیبره شده ویسکومتر جهانی سیبولت تحت شرایط مشخص‌شده جریان یابد.

بازدارنده‌های خوردگی بسته به نوع و نیاز سامانه باید مطابق با یکی از استانداردهای اشاره شده در جدول ۲ آزمون شوند.

گرانروی‌های سینماتیکی با استفاده از جداول ارائه شده در استاندارد ASTM D2161 به گرانروی سیبولت تبدیل می‌شوند.

روش‌های آزمون استاندارد مورد استفاده برای اندازه‌گیری گرانروی در استانداردهای ASTM D445، ISO 3104، ASTM D2170 و ASTM D2161 ارائه شده است.

۹-۱-۳ اندازه‌گیری فشار بخار

فشار بخار، یک ویژگی فیزیکی مهم بازدارنده‌های خوردگی حاوی اجزای فرار است، که عبارت از فشار بخار در تعادل ترمودینامیکی با فازهای متراکم آن در یک محیط بسته است.

فشار بخار تعادلی، نشان‌دهنده نرخ تبخیر مایع و تمایل ذرات، به فرار از سطح مایع (یا جامد) است. یک ماده با فشار بخار بالا در دمای معمولی به‌عنوان ماده فرار شناخته می‌شود. فشار بخار نیز یکی از خواص مؤثر بر تبخیر در اتمسفر است و به همین دلیل به‌طور فزاینده‌ای در مقررات مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای و کنترل کیفیت هوا استفاده می‌شود. همچنین فشار بخار یک خاصیت بحرانی محدودکننده در عملکرد و

ایمنی تجهیزات حین عملیات انتقال است. روش‌های آزمون مورد استفاده برای تعیین فشار بخار فراورده‌های نفتی و نفت خام مطابق با استانداردهای ASTM D323، ISO 3007، ASTM D5482 وASTM D6378 است.

۹-۱-۴ اندازه‌گیری نقطه اشتعال

این روش آزمون برای اندازه‌گیری و توصیف ویژگی‌های مواد، فراورده‌ها یا مجموعه‌ای از آن‌ها در مجاورت گرما و منبع اشتعال در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی به کار می‌رود و نباید به تنهایی برای ارزیابی و توصیف احتمالی آتش‌سوزی یا خطر آتش‌گیری مواد و فراورده‌ها در شرایط واقعی آتش به‌کار رود.
داده‌های نقطه اشتعال نشان‌دهنده وجود احتمالی مواد بسیار فرار و اشتعال‌پذیر نسبت به مواد غیر فرار یا اشتعال‌ناپذیر هستند. نقطه اشتعال کمترین دمای اصلاح‌شده در فشار ۱۰۱٫۳ kPa با استفاده از منبع احتراق است، که سبب می‌شود بخارهای نمونه در شرایط آزمایشی معین مشتعل شوند. به هر حال نتایج این روش آزمون ممکن است به‌عنوان یکی از پارامترهای ارزیابی خطر آتش‌گیری مورد استفاده قرار گیرد که در زمره تمامی عوامل مربوط به ارزیابی احتمالی آتش‌سوزی برای کاربرد نهایی در نظر گرفته می‌شود. نقطه اشتعال بازدارنده‌های خوردگی بسته به نوع و نیاز سامانه باید مطابق با یکی از استانداردهای ASTM E502، ASTM D56، ASTM D93، ISO 3679 و ASTM D3828 آزمون شوند.

۹-۱-۵ اندازه‌گیری نقطه ریزش[1]

نقطه ریزش، که به مقدار گرانروی ماده شیمیایی مرتبط است، کاربرد یک بازدارنده را برای این‌که تا زمان تزریق یا پمپ‌شدن به سامانه به شکل مایع باقی بماند، تعیین می‌کند.
برای برآورده‌شدن الزامات نقطه ریزش، حلال‌های مناسب با سامانه به بازدارنده‌ها افزوده می‌شود. روش‌های آزمون استاندارد مورد استفاده برای اندازه‌گیری نقطه ریزش در استانداردهای ASTM D97، ISO 3016 و ASTM D5950 ارائه شده است.

۹-۱-۶ پایداری گرمایی[2]

بازدارنده‌های خوردگی معمولاً از نظر شیمیایی در شرایط عملیات و انبارش پایدار هستند. پایداری گرمایی یک بازدارنده خوردگی باید در غلظت‌های کاربردی و در دما، فشار و مدت‌زمان مورد انتظار در سامانه آزمون شود.

مواد شیمیایی، بسته به سامانه تولید و محیط آن، تحت شرایط گرم و/ یا سرد قرار می‌گیرند. نمونه‌های سرد/گرم شده تحت آزمون و ارزیابی‌های کامل قرار می‌گیرند و با نمونه‌های مرجع بدون در معرض قرارگیری در شرایط دمایی آزمون، مقایسه می‌شوند.

[1]- Pour point
[2]- Thermal stability

ارزیابی‌ها شامل بازرسی چشمی بازدارنده از نظر تخریب ظاهری، قابلیت تشکیل رسوب چسبنده[1] و پلیمرشدن و غیره هستند. داده‌های طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) برای مقایسه ترکیب شیمیایی و گروه‌های عاملی اصلی نمونه بازدارنده‌ها قبل و بعد از قرار گرفتن در معرض دمای شدید به‌کار می‌رود. پایداری گرمایی مواد شیمیایی و عملکرد بازدارنده با مقایسه داده‌های گرانروی نمونه‌های گرم‌شده و گرم‌نشده ارزیابی می‌شود. روش اندازه‌گیری پایداری گرمایی بازدارنده‌های خوردگی در استاندارد ASTM G170 ارائه شده است.

مهم-تخریب احتمالی بازدارنده‌های خوردگی به‌دلیل نگهداری طولانی‌مدت در شرایط بسیار گرم و سرد و اثرات قرار گرفتن در معرض مستقیم نور خورشید و اشعه ماوراء بنفش باید توسط تولیدکننده در برگه مشخصات فنی محصول ارائه شود.

۹-۱-۷ اندازه‌گیری pH

pH، اندازه‌گیری میزان اسیدی یا قلیایی بودن یک محلول آبی است و به‌عنوان معیاری از فعالیت یون هیدروژن (H^+) محلول درنظر گرفته می‌شود. pH یکی از خواص فیزیکی اساسی بازدارنده‌های خوردگی است که به تعیین الزامات بسته‌بندی و حمل‌ونقل کمک می‌کند و باید در برگه مشخصات فنی ارائه شده توسط تولیدکننده ارائه شود.

pH با استفاده از pHمتر اندازه‌گیری می‌شود و روش اندازه‌گیری آن در استاندارد ASTM E70 ارائه شده است. pH بازدارنده‌های خوردگی محلول در آب و قابل‌پخش در آب روی محلول‌های خالص یا حل‌شده در آب اندازه‌گیری می‌شود و مقدار آب مصرفی در تهیه محلول‌های آزمون بر اساس فعالیت بازدارنده‌ها تعیین می‌شود. pH بازدارنده‌های محلول در فاز هیدروکربنی با حل‌کردن بازدارنده خوردگی در یک حلال ترکیبی ایزوپروپیل الکل (IPA)/ آب اندازه‌گیری می‌شود. این حلال ترکیبی تضمین می‌کند که بازدارنده به‌اندازه کافی محلول و یونیزه شده است؛ طوری‌که pH به‌دقت اندازه‌گیری شود.

۹-۱-۸ عدد اسیدی کل[2] (TAN) یا عدد اسیدی[3] (AN)

فراورده‌های نفتی حاوی ترکیبات اسیدی هستند که به‌عنوان مواد افزودنی یا فراورده‌های تخریبی که حین عملیات ایجاد می‌شوند، وجود دارند، مانند محصولات حاصل از اکسیداسیون.

عدد اسیدی کل (TAN) یا عدد اسیدی (AN) مقدار پتاسیم‌هیدروکسید برحسب میلی‌گرم است که برای خنثی‌کردن اسیدهای موجود در یک گرم از فاز هیدروکربنی استفاده می‌شود. مقدار TAN با تیتراسیون پتانسیومتری یا تیتراسیون رنگ‌سنجی به دست می‌آید. عدد اسیدی معیاری برای اندازه‌گیری مقدار ترکیبات اسیدی در نمونه در شرایط آزمون است. TAN به‌عنوان یک معیار کنترل کیفیت برای محصولات حاوی اسید ضعیف استفاده می‌شود. ازآنجایی‌که عدد اسیدی، حاصل از انواع محصولات اکسیداسیون است و اسیدهای

[3]- Gunking
[1]- Total Acid Number
[2]- Acid Number

آلی از نظر خواص خوردگی بسیار متفاوت عمل می‌کنند، بنابراین آزمون TAN به‌ندرت قادر به پیش‌بینی نرخ‌خوردگی است. در واقع همبستگی مشخصی بین عدد اسیدی و تمایل به خورندگی سطح فلزات در شرایط عملیاتی برای مواد شیمیایی شناخته‌شده نیست. میزان TAN در صورت وجود، برای بازدارنده‌های خوردگی توسط تولیدکننده در برگه مشخصات فنی گزارش می‌شود. آزمون‌های مورد استفاده برای تعیین میزان TAN شامل استانداردهای ASTM D664، ASTM D974، ISO 6618، ISO 6619، ASTM D3339 و ISO 7537 هستند.

۹-۱-۹ تمایل به امولسیون‌سازی[1]

آزمون‌های امولسیونی بر روی سیالات میدانی انجام می‌شود تا از سازگاری بین بازدارنده‌ها و سیالات میدانی اطمینان حاصل شود. نسبت‌های هیدروکربن به آب‌نمک مورد استفاده برای آزمون‌ها بسته به پارامترهای میدانی شامل ۹۵ به ۵، ۷۵ به ۲۵ و ۵۰ به ۵۰ است.

ویژگی‌های امولسیون به‌وسیله آزمون‌های هم‌زدن دستی بطری، آزمون بطری سلتزر[2] و آزمون‌های مخلوط‌کن با برش بالا[3] که مایعات اصلاح‌شده را با مایعات اصلاح‌نشده مقایسه می‌کند؛ تعیین می‌شوند. غلظت‌های شیمیایی مورد استفاده در این آزمون‌ها از نرخ‌های معمولی برای اصلاح میدانی تا نرخ‌های بالای احتمالی برای اصلاح، متغیر است.

سیال موردنظر به لحاظ میزان جدایش آب و فاز هیدروکربنی در فاصله‌های محدود و با بزرگنمایی لایه‌ها یا فصل مشترک‌ها به‌صورت زمانی و دمایی ارزیابی می‌شود. فواصل زمانی معمول استفاده شده ۳۰ ثانیه، ۱ دقیقه، ۲ دقیقه و ۵ دقیقه است. کیفیت آب خروجی نیز مورد توجه است و باید گزارش شود. آزمون‌های مورد استفاده برای تعیین میزان تمایل به امولسیون‌سازی شامل استانداردهای ASTM D1401، ISO 6614و ASTM G170 هستند.

۹-۱-۱۰ تمایل به تشکیل کف[4]

ویژگی‌های تمایل به تشکیل کف در بازدارنده‌ها معمولاً با سیالات میدانی قبل از کاربرد ارزیابی می‌شوند. تمایل مایعات به تشکیل کف در حضور بازدارنده‌ها یک مشکل مهم عملیاتی در تأسیسات تولیدی مانند واحدهای تولید گلیکول و مونو اتانول آمین (MEA) و غیره است. تمایل به تشکیل کف به‌وسیله ارزیابی حباب‌زدن گازها از طریق ستونی از سیال حاوی بازدارنده انتخاب شده، آزمون می‌شود. به‌عنوان مثال می‌توان به قراردهی یک بطری سلتزر یا حلقه جریان با همزن درون‌خطی اشاره کرد که از طریق آن گازها وارد می‌شوند. کیفیت کف تشکیل‌شده، ارتفاع کف و پایداری کف (نیمه‌عمر) اندازه‌گیری می‌شود. جزئیات روش

1- Emulsion tendency
2- Seltzer bottle
3- High-shear blender tests
4- Foaming tendency

های آزمون تمایل به تشکیل کف در استانداردهای ASTM D892، ISO 6247 و ASTM G170 ارائه شده است.

۹-۱-۱۱ حلالیت و پراکندگی در آب نمک و هیدروکربن

بازدارنده‌های خوردگی می‌توانند بر اساس حلالیت و/ یا قابلیت پراکنده شدن در آب (آب/ آب نمک) و بر اساس فازهای غیرآبی (هیدروکربنی) طبقه‌بندی شوند. یک بازدارنده خوردگی در صورتی محلول نامیده می‌شود که وقتی به فاز هیدروکربنی یا آب اضافه شود، محلول شفافی[۱] (عاری از ذرات معلق) به‌دست آید. اگر بازدارنده پس از هم زدن حلال، به‌صورت یکنواخت و به شکل امولسیون پراکنده شود، بازدارنده قابل-پراکنده‌شدن نامیده می‌شود. فرمولاسیون محصول در یک حلال بر پایه آبی یا غیرآبی توسط تولیدکننده، بر اساس نوع طراحی سامانه موردنظر برای کنترل خوردگی انتخاب می‌شود. با انتخاب سامانه حلال صحیح، اکثر انواع بازدارنده‌های خوردگی به‌صورت محلول یا قابل پراکنده‌شدن در هر دو فاز به میزان کمتر یا بیشتر تولید می‌شوند.

یک بازدارنده خوردگی که محلول در آب است می‌تواند از خوردگی فلزات در سامانه‌های آبی جلوگیری کند. یک بازدارنده خوردگی که محلول/ پراکنده در فاز هیدروکربنی و قابل پراکنده‌شدن در آب است، در یک برش کم‌آب هیدروکربنی پخش می‌شود و مانع از خوردگی در فاز آبی می‌شود.

بازدارنده‌های خوردگی محلول در فاز هیدروکربنی به‌عنوان سدی در برابر آب عمل می‌کنند. این مواد شیمیایی به گونه‌ای به‌کار برده می‌شوند که یک لایه نازک و مقاوم روی سطح فلزی که باید محافظت شود، ایجاد کنند. یک آزمون کیفی برای تعیین حلالیت یا پراکندگی یک بازدارنده خوردگی از طریق تهیه یک محلول با نسبت ۵۰:۵۰ آب و هیدروکربن در یک بطری دربسته حاوی نمونه انجام می‌شود.

مقادیر بازدارنده خوردگی در محلول با غلظت متفاوت بر اساس حجم کل سیال افزوده می‌شوند؛ سپس محلول به‌خوبی هم‌زده شده و اجازه داده می‌شود تا چند دقیقه قبل از مشاهده برای حلالیت/ پراکندگی در هر دو فاز، ساکن بماند.

برای ارائه اطلاعات دقیق‌تر در مورد حلالیت بازدارنده‌های خوردگی، مطالعاتی برای تعیین ضریب توزیع محصول انجام می‌شود.

جزئیات روش آزمون حلالیت و/ یا قابلیت پراکنده شدن در آب (آب/ آب‌نمک) در استاندارد ASTM G170 ارائه شده است.

یادآوری- استاندارد NACE SP0273[23] روش‌های آزمون آزمایشگاهی برای حلالیت و پراکندگی بازدارنده‌های خوردگی در سامانه‌های حاوی اسید ارائه می‌دهد.

5- Clear

۹-۱-۱۲ ضریب توزیع[1]

ضریب توزیع، درجه حل شدن یک بازدارنده در فازهای آبی و هیدروکربنی را نشان می‌دهد. ضریب توزیع یک بازدارنده معین با انجام آزمون باقی‌مانده جزء اصلی (ماده فعال) یک ماده شیمیایی تعیین می‌شود. روش‌های آزمون باقیمانده مناسب بر اساس شیمیِ بازدارنده مورد استفاده تعیین می‌شوند. رفتار توزیع بازدارنده در سیالات واقعی سامانه (نفت و آب) تعیین‌کننده عملکرد بازدارنده در شرایط واقعی میدانی است. استاندارد ASTM G170 روشی را برای ارزیابی رفتار توزیع بازدارنده‌ها در فاز هیدروکربنی/ آب با استفاده از نمونه‌های نفت و آب در میدان توصیف می‌کند.

یادآوری- اطلاعات موردنیاز در مورد روش آزمون باقیمانده مواد شیمیایی کنترل خوردگی از تولیدکننده گرفته می‌شود.

۹-۱-۱۳ تمایل به تشکیل رسوب چسبنده[2]

تمایل به تشکیل رسوب چسبنده پارامتری است، برای تعیین اینکه آیا یک بازدارنده احتمالاً باقیمانده چسبناکی را در یک سامانه مانند خط لوله انتقال گاز یا سامانه فرازآوری گاز به‌جا می‌گذارد یا خیر، استفاده می‌شود.

تمایل به تشکیل رسوب چسبنده با یک روش ساده تحت عنوان آزمون رَک[3] در دمایی مشابه با شرایط میدانی، آزمون می‌شود. خواص فیزیکی بازدارنده‌ها، قبل و بعد از آزمون به لحاظ ظاهر، جرم، گرانروی و pH مقایسه می‌شوند. کاهش قابل‌توجه جرم، افزایش گرانروی، کاهش جریان‌پذیری و هرگونه نشانه‌ای از تشکیل جامدات، نشانه‌های عدم کیفیت ماده مورد ارزیابی و مردودی در آزمون هستند.

در آزمون رَک، یک نمونه بازدارنده از پیش توزین‌شده به یک شیشه ساعت یا ظرف مشابه فلزی اضافه می‌شود و سپس در آون خلاء[4] قرار می‌گیرد. نمونه پس از اینکه به مدت مشخص در معرض دمای تنظیم‌شده قرار داده شد، از آون خارج می‌شود. تمایل مواد شیمیایی برای جریان یافتن به سمت پایین شیشه ساعت یا ظرف فلزی از طریق کج کردن سطح در زاویه مشخص ارزیابی می‌شود.

یک روش پیچیده‌تر شامل یک قرقره آزمون[5] و روشی برای تکرار و پیاده‌سازی آن در شرایط عملیات میدانی است. مواد شیمیایی انتخاب‌شده به‌طور پیوسته به یک گاز با جریان سریع در شرایط عملیاتی طراحی‌شده تزریق می‌شوند. افزایش پیوسته فشار در قرقره آزمون نشان می‌دهد که بازدارنده در حال بیرون ریختن است و بنابراین برای استفاده در شرایط آزمون خاص نامناسب است. تمایل به تشکیل رسوب چسبنده به‌وسیله ارزیابی مشاهده‌ای وجود مواد چسبنده و/ یا با آنالیز تجزیه‌ای ترکیب جامد (چسبنده) تعیین می‌شود.

1- Partition coefficient
1- Gunking tendency
2- Rack gunking test
3- Vacuum oven
4- Testing spool

استاندارد ASTM G170 روش‌های ارزیابی تمایل مواد شیمیایی کنترل خوردگی به تشکیل رسوب چسبنده را ارائه می‌دهد.

۹-۱-۱۴ سازگاری با سایر مواد شیمیایی

جلوگیری از خوردگی برای یک بازدارنده معین گاهی تحت‌تأثیر وجود سایر مواد شیمیایی در سامانه قرار می‌گیرد. سازگاری بازدارنده‌ها در ارتباط با سیالات سامانه و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده در سامانه با روش سازگاری کل اجزاء[1] و با آزمون عملکرد مواد شیمیایی در حضور یکدیگر (مانند بازدارنده‌های خوردگی با بازدارنده‌های رسوب، زیست‌کش‌ها، ترکیبات پارافینی، اکسیژن‌زداها و غیره) ارزیابی می‌شود.

آزمون سازگاری کل اجزاء شامل مخلوط‌کردن مواد شیمیایی خالص با یکدیگر و مشاهده هرگونه واکنش نامطلوب، مانند واکنش(های) مستقیم، امولسیون‌سازی، لخته‌سازی[2]، رسوب، پلیمرشدن و غیره است. این امر زمانی اهمیت دارد که دو یا چند ماده شیمیایی در یک نقطه و/ یا در مجاورت یکدیگر در سامانه تزریق شوند. سازگاری کامل مواد شیمیایی در غلظت موردنیاز در سیالات سامانه بررسی می‌شود.

آزمون عملکرد شامل ارزیابی بازدارنده‌های خوردگی با/ و بدون مواد شیمیایی اضافی در غلظت‌های مورد استفاده مشخص در سامانه است.

۹-۱-۱۵ سازگاری با پلاستیک‌ها، الاستومرها و فلزات

سازگاری بازدارنده‌ها باید با سازه‌های موجود در سامانه و همچنین مخازن ذخیره و تأسیسات ارزیابی شود. این سازه‌ها شامل فلزات، غیرفلزات، آلیاژها، الاستومرها و پلاستیک‌ها هستند. یک بازدارنده خوردگی انتخاب-شده، باید نرخ خوردگی پایین قابل‌قبولی را در برابر فلزات در تماس فراهم کند.

این آزمون‌ها شامل ارزیابی خوردگی فلزات و آلیاژهای منتخب در حضور بازدارنده خوردگی خالص در شرایط آزمون انتخاب‌شده، هستند. آزمون‌های مشابهی برای غیرفلزات، الاستومرها و پلاستیک‌ها انجام می‌شود. در این صورت تغییرات ظاهری، تغییرات جرم، ضخامت و سختی ثبت می‌شود.

روش‌های آزمون سازگاری با فلزات و الاستومرها و همچنین پلاستیک‌ها در استانداردهای ISO 23936-1، ISO 23936-2، ASTM D471، ISO 175 و ASTM G170 ارائه شده است.

۹-۱-۱۶ زیست تخریب پذیری[3] و سمیت

اثرات زیست‌محیطی ناشی از تخلیه آب حاوی بازدارنده‌های خوردگی به آب‌های ساحلی و فراساحلی یک نگرانی محسوب می‌شود. اکثر بازدارنده‌های خوردگی معمولی برای جانداران دریایی سمی هستند.

5- Gross compatibility
6- Flocculation
1- Biodegradability

مواد شیمیایی از نظر زیست‌تخریب‌پذیری و سمیت بر اساس مقررات مراجع ذی‌صلاح آزمون می‌شوند. استاندارد ASTM G170 توصیه‌هایی در مورد زیست‌تخریب‌پذیری و سمیت مواد شیمیایی کنترل خوردگی را ارائه می‌دهد.

۹-۱-۱۷ آزمون‌های ارزیابی زیست‌کش

به‌منظور به‌تأخیر انداختن فعالیت و/ یا رشد باکتری در یک سامانه، یک مهارگر باکتری یا مهارگر زیستی به تنهایی یا همراه با یک زیست‌کش در مقادیر مختلف به‌کار می‌رود. در روش‌های ارزیابی معمولاً باکتری‌های متصل به سطح (بی‌تحرک[1]) بررسی می‌شوند.

روش‌های آزمون برای تخمین جمعیت باکتریایی در سامانه‌های نفت و گاز شامل باکتری‌های مضر میدان نفتی، تعیین میزان مقدار-پاسخ[2] (غلظت ثابت در مقابل زمان کُشتن) برای ارزیابی زیست‌کش‌ها، همچنین روش‌های آزمون حداقل غلظت بازدارنده در مقابل غلظت مهارگرهای زیستی مطابق با استاندارد NACE TM0194 اجرا می‌شود.

روش‌های آزمون‌های ارزیابی و پایش خوردگی مرتبط با رشد باکتری در سامانه‌های میدانی نفتی در استانداردهای NACE TM0106، NACE TM0212 ارائه شده است. همچنین ارزیابی زیستی مواد شیمیایی کنترل خوردگی مورد استفاده در سامانه‌های آبی مطابق استاندارد API RP45 انجام می‌شود.

یادآوری- استاندارد API RP38[5] راهنماهایی برای آزمون‌های ارزیابی زیستی و پایش خوردگی مرتبط با رشد باکتری در سامانه‌های آبی ارائه کرده است.

۹-۱-۱۸ آزمون‌های ارزیابی اکسیژن‌زدا

خوردگی سامانه‌های فولادی بر اثر حضور اکسیژن حل‌شده درآب‌های با pH>۶ افزایش می‌یابد. آب خنثی با مقدار نمک کم، در تعادل با هوا در ۲۱ °C دارای حدود ۸ mg/l اکسیژن حل‌شده است. با افزایش غلظت نمک و دما، غلظت اکسیژن کاهش می‌یابد. فقط ۰٫۱ mg/l اکسیژن لازم است تا نرخ‌های خوردگی به‌طور جدی در یک سامانه پویا افزایش یابد. در سامانه‌های ایستا به غلظت بیشتری از اکسیژن برای افزایش نرخ خوردگی نیاز است. تعیین میزان اکسیژن محلول در آب به‌منظور ارزیابی اکسیژن‌زداها، در سه گستره غلظتی از میزان اکسیژن، مطابق با استاندارد ASTM D888 انجام می‌شوند.

۹-۱-۱۹ آزمون‌های ارزیابی رسوب‌زدا

ارزیابی بازدارنده(های) رسوب‌زدا برای جلوگیری از رسوب کلسیم‌سولفات و کلسیم‌کربنات در سامانه‌های آبی باید مطابق با استاندارد NACE TM0374 تعیین شود.

۹-۲ آزمون‌های کارایی (شبیه‌سازی میدانی) مواد شیمیایی کنترل خوردگی

2- Sessile
3- Dose-response

صلاحیت‌سنجی روش‌های آزمایشگاهی به میزان قابل اعتماد بودن شبیه‌سازی[1] پارامترها بستگی دارد.
آزمون‌های آزمایشگاهی برای ارزیابی کارایی بازدارنده شامل آزمون تشکیل حباب[2]، الکترود سیلندر چرخان[3] (RCE)، اتوکلاو همزن[4]، اتوکلاو قفس چرخان[5]، حلقه جریان[6]، آزمون چرخ[7] و آزمون برخورد جت[8] است. استانداردهای ASTM G170، ASTM G184، ASTMG185، ASTM G202، ASTM G208، NACE 1D182، NACE 1D196، ASTM G31، ASTM G111 و ASTM D2688 دستورالعمل‌هایی را برای این آزمون‌ها ارائه می‌دهند.

یادآوری– در استاندارد ASTM D 3585[7] روش‌هایی برای اندازه‌گیری بازدارنده خوردگی سدیم مرکاپتو بنزوتیازول مورد استفاده در بازدارنده‌های چندمنظوره برپایه اتیلن گلیکول ارائه شده است.

۱۰ طراحی و صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی

سازنده باید با در نظر گرفتن الزامات مندرج در این استاندارد، مشخصات کامل و جزئیات کاربرد و عملکرد مواد شیمیایی کنترل خوردگی تولید/ طراحی‌شده را در برگه مشخصات فنی ارائه کند.
صلاحیت‌سنجی، مواد شیمیایی کنترل خوردگی به‌وسیله بازرسی/ آزمون خواص آن (مطابق با الزامات و خواص مشخص شده در این استاندارد)، برای تأیید این‌که این مواد شیمیایی برای کاربرد در عملیات و سامانه مناسب است یا خیر، انجام می‌شود.

یادآوری- استاندارد NACE SP21469[24] راهنماهایی برای صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی بر اساس روش‌های آزمون کارایی متداول ارائه کرده است (به پیوست **پ** مراجعه شود).

هرگونه اصلاح یا تغییر در فرمولاسیون مواد شیمیایی کنترل خوردگی، سبب می‌شود که ماده حاصل به‌عنوان ماده جدید تلقی شود و برای پذیرش، تأیید و کاربرد در سامانه باید مطابق با الزامات این استاندارد دوباره آزمون شود.

۱۱ بسته‌بندی و نشانه‌گذاری

مواد شیمیایی کنترل خوردگی باید به‌طور مناسب در ظروف سازگار با مواد، بسته‌بندی شده و در برابر تمام آسیب‌ها یا نقص‌هایی که ممکن است در هنگام جابجایی و ارسال به میدان عملیاتی رخ دهد، محافظت شوند. بسته‌بندی باید مطابق با الزامات ارائه شده در استاندارد ASTM D3951 باشد.

1- Reliably simulated
2- Bubble test
3- Rotating cylinder electrode
4- Stirred autoclave
5- Rotating cage autoclave
6- Flow loop
7- Wheel test
8- Jet impingement test

مواد ظروف بسته‌بندی نباید به‌گونه‌ای باشد که در دیواره ظرف، پوسته، تورم، شکنندگی، انحلال، یا سایر خرابی‌ها ایجاد شود.

مواد شیمیایی مؤثر در کنترل خوردگی باید در محل سرپوشیده و دور از نورخورشید نگه‌داری شوند؛ همچنین باید قابلیت انبارش در مدت‌زمان و دمای عنوان شده به‌وسیله تولیدکننده/ تأمین‌کننده را داشته باشند.

در صورتی‌که دمای نگهداری از سوی تولیدکننده/ تأمین‌کننده مشخص نشده باشد، توصیه می‌شود این مواد قابلیت نگهداری در دمای ۲۰°C- تا ۶۰°C را داشته باشند.

برچسب‌گذاری باید مطابق استاندارد ANSI Z400.1/Z129.1 باشد.

مشخصات زیر باید به‌طور واضح و با خط خوانا و به گونه پاک‌نشدنی و بادوام روی هر ظرف یا برچسب آن به زبان فارسی (و دیگر زبان‌های توافق شده با کاربر نهایی) نوشته یا برچسب‌گذاری شود و همچنین نباید هرگونه مطلب علمی و فنی غیرواقعی و گمراه‌کننده روی ظرف درج شود:

الف- شماره این استاندارد ملی (INSO 23258)؛

ب- نام و نشانی واحد تولیدی؛

پ- نام و علامت تجاری (در صورت وجود)؛

ت- نام و مشخصات ماده شیمیایی (شامل پایه و مواد تشکیل‌دهنده)

ث- مقدار ماده شیمیایی در ظرف، برحسب کیلوگرم (وزن ناخالص و وزن خالص)

ج- تاریخ تولید؛

چ- تاریخ انقضا؛

ح- شماره بهر[1] یا بچ[2] یا سری ساخت؛

خ- شرایط انبارش و نگهداری؛

د- نحوه استفاده؛

ذ- عبارت «ساخت ایران»؛

ر- اطلاعات و هشدارها (در صورت لزوم)؛

ز- علائم احتیاطی و ایمنی؛

س- علامت استاندارد (در صورت اخذ مجوز پروانه کاربرد علامت استاندارد).

ردیابی علامت استاندارد باید بر اساس ضوابط اجرایی سازمان ملی استاندارد ایران، توسط سازنده (تولیدکننده) در نشانه‌گذاری محصول درج شود (به طور مثال عبارت « شماره پیامک اصالت پروانه استاندارد ۱۰۰۰۱۵۱۷»)

۱۲ بازرسی و آزمون

بازرسی و آزمون باید مطابق با الزامات و آزمون‌های بیان‌شده در این استاندارد و IPS-I-TP-802 انجام شود.

---

[1]- Lot
[2]- Batch

همه مواد تولیدشده منطبق با مشخصات این استاندارد، ممکن است توسط خریدار/ کاربر نهایی بازرسی شوند. انجام بازرسی توسط خریدار/ کاربر نهایی، رافع مسئولیت تولیدکننده/ تأمین‌کننده برای تهیه بازدارنده(ها) و عملکرد آن‌ها مطابق با این استاندارد نیست.

برای هر بهر یا بچ از محصول تولیدی مشمول این استاندارد، تولیدکننده ملزم به انجام الزامات اشاره‌شده در بند ۹ و ارائه نتیجه آزمون به خریدار است.

۱۳ اقدامات احتیاطی

برای دفع آب یا سیال حاوی مواد شیمیایی کنترل خوردگی در هر مکانی باید الزامات زیست‌محیطی مراجع ذی‌صلاح یا کاربر نهایی رعایت شود.

استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۵۸ (چاپ اول): سال ۱۴۰۱

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

مواد شیمیایی موثر در کنترل خوردگی

الف-۱ کلیات

مواد شیمیایی کنترل خوردگی از جنبه‌های متفاوت، می‌توانند در دسته‌بندی‌های متفاوتی قرار بگیرند. بنابراین همان‌طور که گفته شد، امکان تعیین طبقه‌بندی کاملاً مجزا و اختصاصی برای مواد شیمیایی مؤثر بر کنترل خوردگی وجود ندارد. در این بخش، مواد شیمیایی متداول و کاربردی مورد استفاده در صنعت نفت که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم برای جلوگیری یا کاهش خوردگی مورد استفاده قرار می‌گیرند (به بند ۶ مراجعه شود)، بر اساس عملکرد و ساز وکار محتمل آن‌ها معرفی شده است.

الف-۲ مواد شیمیایی متداول و موثر در کنترل خوردگی در صنعت نفت

الف-۲-۱ مواد شیمیایی تشکیل‌دهنده لایه محافظ

مواد شیمیایی هستند که از طریق ایجاد یک لایه محافظ بر سطح، باعث جلوگیری یا کاهش خوردگی می‌شوند؛ بسته به نوع مواد شیمیایی، ساز و کارهای متفاوتی برای تشکیل لایه محافظ وجود دارد.

الف-۲-۱-۲ بازدارنده‌های غیرفعال‌کننده آندی

مواد شیمیایی هستند که با حمله به سطح فلز و ایجاد یک لایه غیرفعال و محافظ، موجب جلوگیری یا کاهش خوردگی می‌شوند.

الف-۲-۱-۳ بازدارنده‌های کاتدی

الف-۲-۱-۳-۱ بازدارنده‌های رسوب کاتدی

مواد شیمیایی هستند که ترکیباتی مانند کلسیم یا منیزیم در محیط را به‌صورت اکسید بر سطح فلز رسوب داده و یک لایه محافظ تشکیل می‌دهند که به‌عنوان یک مانع بر روی سطح فلز عمل می‌کند.
این مواد شیمیایی سرعت خوردگی را با کاهش واکنش کاتدی از طریق ایجاد رسوب بر این نواحی، کاهش می‌دهند.

الف-۲-۱-۳-۲ بازدارنده‌های سم کاتدی

سموم کاتدی مانند سولفیدها و سلنیدها روی سطح فلز جذب سطحی می‌شوند، در حالی‌که ترکیباتی مانند آنتیموان، آرسنیک یا بیسموت در کاتد کاهش یافته و یک لایه محافظ تشکیل می‌دهند که مانع از تشکیل

گاز هیدروژن از اتم‌های هیدروژن می‌شوند و از طریق جلوگیری از واکنش کاتدی تشکیل هیدروژن، موجب کاهش خوردگی می‌شود.
این مواد شیمیایی با کاهش نفوذ اجزای قابل احیا به سطح کاتد یا کاهش سرعت واکنش تولید هیدروژن با واکنش‌های احیاءکننده کاتدی تداخل می‌کنند، یعنی با کاهش تشکیل اتم هیدروژن و سرعت تشکیل گاز هیدروژن، شدت واکنش کاتدی آهسته شده و به دلیل اینکه واکنش‌های آندی و کاتدی باید با شدت مشابه انجام شوند، کل فرایند خوردگی آهسته می‌شود.

الف-۲-۱-۴ بازدارنده تشکیل فیلم

مواد شیمیایی هستند که با استفاده از اجزای موجود در محیط، یک فیلم محافظ جهت جلوگیری یا کاهش خوردگی بر سطح تشکیل می‌دهند.
این مواد با ایجاد فیلم یا تشکیل لایه محافظ نازک، مانع از دسترسی سیال خورنده به سطح فلز می‌شوند. مواد شیمیایی تشکیل فیلم به‌جای واکنش با اجزاء خورنده فعال یا حذف آن‌ها، به‌عنوان یک مانع بین فلز و محیط، عمل می‌کنند.

الف-۲-۱-۵ بازدارنده جذب سطحی

مواد شیمیایی مایع یا جامدی هستند که بدون نیاز به اجزای موجود در محیط، در دو فاز مایع و بخار (گازی) یا هر دو به‌صورت یک فیلم محافظ جذب سطح فلز شده و باعث جلوگیری یا کاهش خوردگی می‌شوند.

یادآوری- برخی از مواد شیمیایی کنترل خوردگی می‌توانند در هر دو فاز مایع (آبی/ هیدروکربنی) و گازی به محل خوردگی منتقل شوند و سبب کاهش خوردگی شوند؛ این مواد شیمیایی در صنعت نفت، بازدارنده‌های سه فازی نامیده می‌شوند.

الف-۲-۱-۵-۱ بازدارنده فاز مایع

مواد شیمیایی مایعی هستند که از طریق جذب سطحی موجب جلوگیری یا کاهش خوردگی می‌شوند.

الف-۲-۱-۵-۲ بازدارنده فاز بخار

مواد شیمیایی در فاز بخار می‌باشند که از طریق جذب سطحی و اغلب در محیط‌های بسته موجب جلوگیری یا کاهش خوردگی می‌شوند.
مواد شیمیایی بازدارنده فاز بخار (VPI) یا بازدارنده‌های خوردگی فرار (VCI)، ترکیبات جامد یا مایعی هستند که در یک سامانه بسته در اثر تبخیر/ تصعید از یک منبع به محل خوردگی منتقل می‌شوند و با تشکیل یک فیلم نازک، نواحی کاتدی و آندی را مسدود می‌کنند.

مواد شیمیایی می‌توانند در فاز گازی بر روی سطوح فلزی قرار گرفته و آن‌ها را از خوردگی محافظت کنند. این مواد در فاز گازی می‌توانند در محیط‌های بسته به داخل شیارها و شکاف‌ها نفوذ کنند و عمل بازدارندگی را انجام دهند. سطوحی که باید توسط این مواد شیمیایی کنترل خوردگی محافظت شوند؛ باید به نحوی آب-بندی شوند تا از خروج این مواد شیمیایی گازی به خـارج از سامانه جلـوگیری شود. مواد شیمیایی بازدارنده

فاز بخار معمولاً موقعی مؤثر خواهند بود که در فضای بسته مثل داخل بسته‌بندی قطعات یـا داخـل ماشین‌آلات در مراحل انبارش و حمل‌ونقل مورد استفاده قرار بگیرند.

الف-۲-۱-۶ بازدارنده‌های ترکیبی

مواد شیمیایی هستند که برای جلوگیری یا کاهش خوردگی، از طریق تشکیل یک لایه محافظ روی سطح (جذب سطحی یا تشکیل فیلم) و کنترل همزمان واکنش‌های کاتدی و آندی استفاده می‌کنند.

الف-۲-۲ مواد شیمیایی اصلاح‌کننده محیط

مواد شیمیایی هستند که با حذف یا جلوگیری از تشکیل اجزای خورنده محیط، باعث جلوگیری یا کاهش خوردگی می‌شوند؛ بسته به نوع اجزای خورنده محیط، ساز و کارهای متفاوتی برای این قبیل مواد شیمیایی وجود دارد.

الف-۲-۲-۱ مواد تثبیت‌کننده pH

تنظیم pH محیط خورنده به سمت محدوده‌های خنثی یا قلیایی به‌وسیله افزودن مواد شیمیایی تثبیت‌کننده pH صورت می‌گیرد. در این حالت در محیط خورنده، یون هیدروکسید یا هیدروژن قابل‌توجهی باقی نمی‌ماند و از این طریق، مواد شیمیایی تثبیت‌کننده pH باعث جلوگیری یا کاهش خوردگی می‌شوند؛ با این وجود، بسته به نوع و شرایط محیط خورنده و اجزای موجود در آن، امکان تشکیل لایه رسوبی محافظ روی سطح فلز نیز وجود دارد، که می‌تواند به‌عنوان یک عامل مؤثر و هم‌افزا در جلوگیری یا کاهش خوردگی در نظر گرفته شود. به مواد شیمیایی که کنترل خوردگی را فقط از طریق تنظیم و نگهداری pH در محدوده خنثی انجام می‌دهند، بازدارنده‌های خنثی‌کننده[1] نیز گفته می‌شود.

الف-۲-۲-۲ زداینده‌ها

مواد شیمیایی هستند که از طریق واکنش با اجزای خورنده در محیط مانند O_2، CO_2 و H_2S موجب حذف آن‌ها از محیط شده و از این طریق باعث جلوگیری یا کاهش خوردگی می‌شوند.

الف-۲-۲-۳ مواد شیمیایی بازدارنده زیستی

مواد شیمیایی بازدارنده که جهت کنترل خوردگی ناشی از موجودات زیستی محیط مانند باکتری‌ها یا جلبک‌ها به محیط افزوده می‌شوند. این دسته شامل موادی مانند زیست‌کش‌ها و مهارگرهای زیستی هستند.

الف-۲-۲-۴ ضد کف

1- Neutralizing inhibitors

مواد شیمیایی هستند که با جلوگیری از تشکیل حباب و کف در مایع به خارج شدن گازهای محلول کمک می‌کند و این کاهش گاز موجود در مایع، می‌تواند به‌صورت غیرمستقیم و پس از فرایندهای تکمیلی در جلوگیری یا کاهش خوردگی به‌وسیله بازدارنده‌های خوردگی مؤثر باشد.
از این مواد در مخازن جداکننده نفت و گاز، سیستم گلیکول مربوط به واحدهای گاز و گاز مایع و همچنین سامانه‌های خنک‌کننده آب، استفاده می‌شود.

الف-۲-۲-۵ تعلیق شکن

مواد شیمیایی هستند که از طریق جداسازی آب همراه در یک مایع (مانند نفت)، می‌توانند به‌صورت غیرمستقیم و پس از فرایندهای تکمیلی در جلوگیری یا کاهش خوردگی به‌وسیله بازدارنده‌های خوردگی مؤثر باشند.

الف-۲-۲-۶ ضدرسوب

فرایند رسوب‌گذاری عبارت از ته‌نشین شدن نمک‌های کم‌محلول و تجمع مواد معلق جامد روی سطح است. مواد شیمیایی ضدرسوب با جلوگیری از تشکیل یا حذف رسوب مزاحم، می‌توانند از ایجاد محیط‌ها با سیال ساکن جلوگیری کنند و از این طریق موجب جلوگیری یا کاهش خوردگی شوند. این دسته شامل مواد شیمیایی مانند ضدپوسته‌شدن و ضدآسفالت هستند.

الف-۲-۳ مواد شیمیایی کنترل خوردگی چندمنظوره

مواد شیمیایی کنترل خوردگی چندمنظوره، محصولاتی شامل دو یا چند ماده شیمیایی موثر درکنترل خوردگی مانند بازدارنده‌های خوردگی، زیست‌کش‌ها، ضدرسوب‌ها، زداینده‌ها و غیره هستند که برای یک سامانه خاص مانند سامانه خنک‌کننده آب، طراحی و ساخته می‌شوند؛ در مواردی نیز این مواد شیمیایی به‌عنوان افزودنی در مواد روان‌کننده یا یک روغن نفوذکننده وجود دارند.

پیوست ب

(الزامی)

الزامات تکمیلی برای استفاده از مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه‌های متداول

ب-۱ الزامات مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه آب خنک‌کننده

— عملکرد سامانه‌های آب خنک‌کننده بر اساس فرایند جذب گرما و دفع آن به اتمسفر است. مواد شیمیایی کنترل خوردگی چندمنظوره برای سامانه‌های آب خنک‌کننده، باید توانایی کاهش یا جلوگیری از انواع خوردگی، فعالیت‌های زیستی ریزجانداران[1]، پوسته‌شدگی و رسوب را داشته باشند. فروشنده و/ یا سازنده مواد شیمیایی کنترل خوردگی چندمنظوره باید جزئیات کامل مواد شیمیایی پیشنهادی شامل الزامات مندرج در این استاندارد به همراه عملکرد آن‌ها برای کنترل خوردگی در سامانه آب خنک‌کننده را ارائه کند.

مواد شیمیایی کنترل خوردگی چندمنظوره متداول برای کنترل خوردگی در سامانه‌های آب خنک‌کننده معمولاً شامل اکسیژن‌زداها، زیست‌کش‌ها و بازدارنده‌های خوردگی (از خانواده پلی فسفات‌ها، مرکاپتو بنزوتیازول و ترکیبات آمینی) هستند.

اگر الزام دیگری توسط کاربر نهایی مشخص نشده باشد، حداقل الزامات در ارتباط با روش‌های آزمون و صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی چندمنظوره برای سامانه‌های آب خنک‌کننده به شرح زیر است:

توانایی جلوگیری یا کاهش خوردگی مواد شیمیایی باید مطابق با استانداردهای ASTM G31، ASTM D2688 و NACE TM0169 و با استفاده از نمونه‌های آب سامانه و/یا محلول‌های آزمون تعیین‌شده به‌وسیله استانداردهای اشاره‌شده ، آزمون شود؛ توصیه می‌شود که نرخ خوردگی مواد شیمیایی آزمون شده به روش‌های اشاره‌شده، از ۲ mm به ازای ۲۰ سال عمر طراحی (نرخ خوردگی به میزان ۰٫۱ mm در سال) بیشتر نباشد. همچنین پس از انجام آزمون‌های اشاره‌شده ، نباید هیچ‌گونه خوردگی حفره‌ای یا شیاری روی نمونه‌های آزمون ایجاد شود.

توانایی مواد شیمیایی در جلوگیری یا کاهش تشکیل پوسته‌های رسوبی از کلسیم‌سولفات و کلسیم‌کربنات باید مطابق با استاندارد NACE TM0374 آزمون شود.

[1]- Microorganisms

آزمون عملیاتی پیوسته ۹۰ روزه باید مطابق با استاندارد ASTM G4 برای مواد شیمیایی تأییدشده انجام شود و نتیجه آزمون عملیاتی نیز مطابق با عملکرد مندرج در برگه‌های مشخصات فنی سازنده موفقیت‌آمیز باشد.

یادآوری ۱- همچنین در استاندارد ASTM D4778[15] روش آزمون کاربردی برای اندازه‌گیری خوردگی و تمایل به
رسوب‌گذاری در سامانه‌های آب خنک‌کننده تحت شرایط انتقال‌گرما ارائه شده است.

یادآوری۲- استاندارد API RP38[5] راهنماهایی برای آزمون‌های ارزیابی زیستی و پایش خوردگی مرتبط با رشد باکتری در سامانه‌های آبی ارائه کرده است.

ب-۲ الزامات مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه‌های سوخت توربین جت

با توجه به نقش زیان‌آور آب امولسیون‌شده در افزایش رشد باکتری‌ها در مخزن و یخزدگی و مسدود شدن نازل‌های تزریق سوخت توربین‌های جت، از مواد شیمیایی حاوی بازدارنده‌های خوردگی و ضدیخ استفاده می‌شود.

مواد شیمیایی بازدارنده یخزدگی در سامانه‌های سوخت مطابق با استاندارد ASTM D4171[14] به سه دسته اتیلن‌گلیکول‌مونومتیلن اتر به‌عنوان مواد شیمیایی بازدارنده یخزدگی (نوع ۱)؛ ایزوپروپانول (نوع ۲)؛ اتیلن‌گلیکول، دی‌اتیلن گلیکول مونومتیل اتر (نوع ۳) تقسیم می‌شوند که می‌توانند برای استفاده در سامانه-های سوخت هوایی به کار روند.

اغلب بازدارنده‌های یخزدگی مورد استفاده در سامانه‌های سوخت توربین جت در صنعت نفت حاوی اتیلن‌گلیکول‌مونومتیل اتر (نوع ۱) هستند و باید حداقل الزامات جدول ب-۱ را داشته باشند، مگر در شرایط عملیاتی خاص، الزامات دیگری با کاربر نهایی توافق شود.

جدول ب-۱ الزامات بازدارنده‌های یخزدگی مورد استفاده در سامانه‌های سوخت توربین جت در صنعت نفت حاوی اتیلن‌گلیکول مونومتیل اتر

مشخصه	روش آزمون	معیار پذیرش
اسیدیته؛ برحسب mg KOH/g	ASTM D1613	حداکثر ۰٫۰۹
رنگ، مقیاس پلاتین-کبالت	ASTM D1209	حداکثر ۱۵
گستره تقطیر (°C)	ASTM D1078	حداقل نقطه شروع: ۱۲۳٫۵ حداکثر نقطه خشک شدن: ۱۲۵٫۵
اتیلن‌گلیکول (درصد وزنی)	[a]	حداکثر ۰٫۰۲۵
pH محلول ٪۲۵ در آب با دمای (۲±۲۵) °C	ASTM E70 [b]	۶ تا ۷
چگالی نسبی؛ در ۲۰/۲۰ °C	ASTM D891 (ترجیحاً روش C)	۰٫۹۶۳ تا ۰٫۹۶۷
ضریب شکست در ۲۰ °C	ASTM D1218	۱٫۴۰۱۵ تا ۱٫۴۰۲۵
مقدار آب (درصد وزنی)	ASTM E1064 ASTM E203	حداکثر ۰٫۱۵

[a] به زیربند الف-۲-۱ مراجعه شود.
[b] با استفاده از یک پی‌پت، ۲۵ ml از ماده بازدارنده را به یک بالن حجم‌سنجی ۱۰۰ ml منتقل کنید و با آب تازه جوشیده و خنک شده دارای pH در محدوده ۶٫۵ تا ۷٫۵ به حجم برسانید. مقدار pH را با pHمتر کالیبره شده بر اساس استاندارد ASTM E70 اندازه‌گیری کنید.

ب-۲-۱ تعیین درصد وزنی اتیلن‌گلیکول

اگر روش دیگری از سوی کاربر نهایی ارائه نشده باشد، درصد وزنی اتیلن‌گلیکول در اتیلن‌گلیکول مونومتیل اتر با استفاده از مواد و روش زیر تعیین می‌شود:

ب-۲-۱-۱ مواد و/یا واکنشگرها

همه مواد مورد استفاده باید از نوع درجه تجزیه‌ای[1] باشند و آب مورد استفاده باید مقطر یا دو بار یونیزه باشد.

ماده اکسیدکننده؛ به محلولی از ۵ g پریدیک‌اسید (HIO_4) در ۲۰۰ cm^3 آب، مقدار ۸۰۰ cm^3 استیک‌اسید بی‌آب[2] (غلیظ) اضافه کنید. محلول را در یک بطری تاریک و دربسته نگهداری کنید.

پتاسیم‌یدید ؛ محلول آبی ٪ ۲۰.

سدیم‌تیوسولفات ۰٫۱ N استاندارد؛ با یک روش قابل‌قبول، استاندارد شود.

محلول شناساگر نشاسته: ٪ ۱ آبی

[1]- Analytical grade
[2]- Glacial acetic acid

ب-۲-۱-۲ روش اجرای آزمون

با استفاده از یک پی‌پت، مقدار $50\ cm^3$ از ماده اکسیدکننده را در چهار ارلن بیودی[1] $500\ cm^3$ بریزید؛ دو عدد از ارلن‌ها را برای ارزیابی شاهد نگه دارید.

۵۰ گرم از نمونه را (با تقریب وزنی $0{,}1\ g$) در هر یک از دو ارلن وارد کرده و بچرخانید تا محلول ایجاد شود. اجازه دهید ارلن ها به مدت $30\ min$ در دمای اتاق بماند.

در حین چرخاندن، بلافاصله قبل از تیترکردن، $10\ cm^3$ از محلول پتاسیم‌یدید ٪ ۲۰ را به هر ارلن اضافه کنید.

محتویات هر ارلن را با سدیم‌تیوسولفات $0{,}1\ N$ استاندارد، تا رسیدن به رنگ زرد کم‌رنگ تیتر کنید. سپس $1\ cm^3$ شناساگر نشاسته را اضافه و تا محو شدن رنگ آبی تیتر کنید.

اگر تیتر خالص بیش از $20\ cm^3$ باشد، با استفاده از اندازه نمونه کوچکتر، آزمون را تکرار کنید.

درصد وزنی اتیلن‌گلیکول با استفاده از فرمول الف-۱ تعیین می‌شود:

$$\%EG = \frac{3.103 \times B \times A \times N}{S} \qquad \text{(ب-۱)}$$

که در آن:

$\%EG$ درصد وزنی اتیلن گلیکول؛

B حجم متوسط سدیم‌تیوسولفات موردنیاز (یا شاهد) بر حسب cm^3؛

A حجم سدیم‌تیوسولفات موردنیاز برای نمونه بر حسب cm^3؛

N نرمالیته سدیم‌تیوسولفات؛

S جرم نمونه بر حسب g.

استانداردهای اشاره‌شده در جدول الف-۲ راهنماهایی در مورد مواد شیمیایی بازدارنده یخزدگی، ارائه می‌کنند.

[3]- Iodine flasks

جدول الف-۲ روش‌های آزمون کاربردی برای مواد شیمیایی مؤثر در کنترل خوردگی/ یخزدگی سامانه‌های سوخت توربین جت

مشخصه	روش آزمون
ویژگی‌های جدایش آب از سوخت‌های توربین توسط جداکننده قابل‌انتقال	ASTM D3948[13]
الزامات آزمون مواد زیست‌کش و ضد یخزدگی در سوخت‌های توربین	ASTM D1655[11]
میزان مجاز مواد شیمیایی بازدارنده خوردگی و اکسیژن‌زدا در سامانه‌های سوخت هوایی	ASTM D910[9]
اندازه‌گیری نرخ تمایل سوخت‌های هوایی به رسوب‌گذاری	ASTM D3241[12]
اندازه‌گیری آب موجود در حلال‌های فرار به روش تیتراسیون با واکنشگر کارل فیشر	ASTM D1364[10]

ب-۳ الزامات مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه‌های خط لوله

خطوط جریان[1]، خطوط جمع‌آوری[2] و خطوط اصلی[3] عناصر مهم در توسعه میادین نفت/ گاز هستند؛ خطوط صادراتی[4] (انتقال) اغلب اقلام ضروری و پرهزینه عملیاتی هستند که ادامه عملیات وابسته به دوام نصب و عملکرد مناسب آن‌ها است. نوع و برنامه کنترل خوردگی به‌کارگرفته شده به شرایط کاربردی و محیطی مانند ترکیب سیال، توان عملیاتی، آب همراه و غیره، بستگی دارد.

مرطوب شدن به‌وسیله آب یک پارامتر کلیدی برای خوردگی در خطوط لوله است و ممکن است به دلیل انجام عملیات خاص، تراکم یا تشکیل قطرات آب[5] باشد. در قسمت بالای خطوط گاز (محدوده ساعت دوازده)، به‌این دلیل که دما به زیر نقطه شبنم[6] می‌رسد، خوردگی، در نتیجه میعان آب صورت می‌گیرد. محدوده‌های پایین‌دست چاه‌ها و کمپرسورها از جمله این مناطق هستند. خوردگی قسمت‌های پایین خط لوله معمولا در اثر افزایش آب همراه فاز هیدروکربنی (نفت)، بیشتر می‌شود اما بستگی به خواص میعان/ نفت دارد.

ازآنجایی‌که مواد شیمیایی کنترل خوردگی در خطوط تمیز بهتر عمل می‌کنند، به‌طورمعمول قبل از به‌کارگیری مواد شیمیایی کنترل خوردگی، عملیات پیگ‌رانی برای اطمینان از کنترل خوردگی مناسب موردنیاز است. این امر به‌ویژه در مورد خطوط لوله قدیمی که احتمالاً دارای خوردگی یا پوسته هستند و فاز هیدروکربنی مرطوب را حمل می‌کنند، ضروری است.

نظافت و رسوب‌زدایی خطوط لوله می‌تواند شامل تمیزکاری و پوسته زدایی به روش‌های شیمیایی باشد.

برای آگاهی در خصوص کاربرد و الزامات پیگ‌های هوشمند و غیرهوشمند به ترتیب به استانداردهای ملی شماره ۲۲۷۱۷[1] و ۲۲۹۷۲[2] مراجعه شود.

1- Flow lines
2- Gathering lines
3- Trunk lines
4- Export lines
5- Water drop-out
6- Dew point

حذف آب راکد توسط پیگ‌ها به کاهش فعالیت میکروبی در خطوطی که دارای مایعات حاوی باکتری باشد، کمک می‌کند و احتمال تشکیل کلونی‌های خورنده بر روی دیواره لوله و ایجاد خوردگی میکروبی (MIC) را به حداقل می‌رساند.

تزریق دوره‌ای زیست‌کش می‌تواند علاوه بر پیگ‌رانی‌های منظم در به حداقل رساندن هرگونه خوردگی میکروبی و همچنین عملکرد بازدارنده‌های خوردگی مؤثر باشد. مواد شیمیایی کنترل خوردگی بسته به طراحی و شرایط سامانه می‌تواند به‌صورت پیوسته یا ناپیوسته درون خطوط لوله تزریق شوند.

اگر الزام دیگری توسط کاربر نهایی مشخص نشده باشد، مواد شیمیایی کنترل خوردگی باید حداقل الزامات مندرج در این استاندارد به همراه عملکرد آن‌ها برای کنترل خوردگی در سامانه‌های خط لوله را برآورده کنند.

ب-۴ الزامات مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه‌های پالایشگاهی، پتروشیمی و واحدهای فراورش نفت وگاز

خوردگی در سامانه‌های پالایشگاهی، پتروشیمی و واحدهای فراورش نفت وگاز، معمولاً به دو نوع خوردگی تَر در حضور سامانه‌های آبی و خوردگی در غیاب آب به‌عنوان خوردگی خشک تقسیم می‌شود. خوردگی تَر می‌تواند به‌وسیله استفاده از بازدارنده‌های غیرفعال‌کننده آندی، تثبیت‌کننده‌های pH یا بازدارنده‌های نوع جذب سطحی کنترل شود.

خوردگی نوع خشک عموماً با استفاده از رویکرد متالورژی، نظیر تغییر در ترکیب و/ یا عملیات حرارتی فلز انتخاب‌شده یا آلیاژ کنترل می‌شود، (به استاندارد ملی ایران شماره ۲۳۲۰۹ مراجعه شود).

بنابراین نوع مواد شیمیایی کنترل خوردگی در این واحدها به خوردگی ناشی از حضور آب/ آب‌نمک، اسیدها و گازهای خورنده (CO_2، H_2S و O_2) محدود می‌شود، ترکیب این سیالات روی خورندگی و انتخاب مواد شیمیایی برای آن موثر است.

آبی که در نفت خام خوراک پالایشگاه وارد می‌شود و/ یا به‌صورت امولسیون همراه آن است معمولاً حاوی نسبت زیادی نمک‌های حل‌شده خورنده و عمدتاً شامل کلریدهای سدیم، کلسیم و منیزیم هستند؛ بنابراین بنابراین باید قبل از ارسال به پالایشگاه، در واحدهای نمک‌زدایی به‌منظور کاهش میزان رسوب، اصلاح شوند؛ و نفت بدون آب نمک برای استفاده به‌عنوان خوراک پالایشگاه ارسال شود.

این نمک‌ها در دماهای بالای فرایندی، هیدرولیز و به کلریدریک‌اسید تبدیل می‌شود. اضافه کردن مواد شیمیایی قلیایی، مانند سدیم‌هیدروکسید به نمک‌زدا، می‌تواند هیدرولیز کلرید کلسیم و منیزیم را کاهش دهد و منجر به کاهش کلریدریک‌اسید در بالاسری نفت خام واحد تقطیر و غیره شود.

واحد تقطیر اولین واحد عملیاتی بعد از واحد نمک‌زدایی در پالایشگاه است که فرایند جداسازی در آن بستگی به نقطه جوش فراورده‌های متعدد پالایشگاهی نظیر نفتا، نفت سفید، گازوییل و غیره دارد.

بنابراین، توصیه می‌شود، اصلاح، به‌وسیله مواد شیمیایی کنترل خوردگی، مانند آمونیاک، آمین‌های با وزن مولکولی پایین نظیر مورفولین یا سیکلوهگزیل آمین که به‌صورت مایعات رقیق‌نشده یا بخارات یا محلول‌های آبی در جریان‌های بالادستی یا ابتدای نقاط چگالش انجام شود.
به‌کارگیری آمین‌ها با وزن مولکولی بالاتر که به شکل کلرید از فاز هیدروکربن یا فاز آب رسوب نمی‌دهد و همچنین ظرفیت بافری مناسبی در مقایسه با آمونیاک و مورفولین دارند، نیز توصیه می‌شود.
مواد شیمیایی کنترل خوردگی که به‌طور وسیع در پالایشگاه نفتی به‌کار می‌روند، شامل انواع بازدارنده‌های تشکیل‌دهنده لایه محافظ و بازدارنده‌هایی مانند ترکیبات پایه نیتروژن نظیر آمین‌ها، دی‌آمین‌ها، ایمیدازولین‌ها، پیریدیمین‌ها و نمک‌هایشان یا ترکیبی از آنها با اسیدهای چرب، اسیدهای نفتنیک و سولفونات‌ها می‌باشد. این مواد شیمیایی کنترل خوردگی از نظر حلالیت و غیره، متفاوت هستند و باید براساس دامنه pH و سایر خصوصیات سیال انتخاب شوند.
در پالایشگاه گاز ترکیبات اسیدی از قبیل کربن‌دی‌اکسید و هیدروژن‌سولفید، باید از گاز طبیعی در واحدهای عملیاتی میدانی یا قبل از انتقال گاز برای فروش، جدا شوند.
توصیه می‌شود که برای حذف اکسیژن و کاهش مقدار خوردگی، از اکسیژن‌زدا استفاده شود.
ایجاد کف که یک مشکل عمومی در بیشتر فرایندهای جداسازی یا استخراج گاز – مایع می‌باشد. این مشکل ممکن است به‌واسطه مواد فعال سطحی که سبب ایجاد کف در محیط می‌کنند یا به‌واسطه ذرات ریز حاصل از محصولات خوردگی که هسته اولیه در محیط تشکیل می‌دهند، تشدید شوند. استفاده از فیلتر جریان جانبی برای زدودن این ذرات، به همراه استفاده از مواد ضدکف معمولاً یک مکمل موثر برای کنترل خوردگی مناسب برای رفع مشکلات ایجاد کف است.
جلوگیری از خوردگی توسط مواد شیمیایی یک روش عملی معمولی در عملیات پالایشگاهی برای اسیدهای غلیظ یا قوی محسوب نمی‌شود؛ با این وجود، جریان‌های اسید رقیق‌شده غالباً ممکن است، با استفاده از بازدارنده‌های خنثی‌کننده/ یا بازدارنده‌های تشکیل فیلم به‌صورت غیرقابل خورنده، اصلاح شوند.
یادآوری- آگاهی‌های بیشتر در NACE publication[26] در مورد کنترل خوردگی و مواد شیمیایی به‌کار رفته در سامانه‌های پالایشگاهی و پتروشیمی ارائه شده است.
اگر الزام دیگری توسط کاربر نهایی مشخص نشده باشد، مواد شیمیایی کنترل خوردگی باید حداقل الزامات مندرج در این استاندارد به همراه عملکرد آن‌ها برای کنترل خوردگی در سامانه‌های پالایشگاهی و پتروشیمی را برآورده کنند.

ب-۵ الزامات مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه‌های مخازن ذخیره

خوردگی داخلی مخازن ذخیره اغلب ناشی از وجود آب است که ته‌نشین شده و در کف مخزن باقی می‌ماند. برای بازدارندگی خوردگی داخلی کف مخازن ذخیره معمولا از پوشش و حفاظت کاتدی (به استانداردهای ISO 16961، IPS-M-TP-790 و استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۸۷۴۹ مراجعه شود) استفاده می‌شود. در

صورت لزوم بسته به طراحی و شرایط سامانه از مواد کنترل خوردگی تشکیل‌دهنده فیلم به‌تنهایی یا همراه با زیست‌کش نیز استفاده می‌شود.

بازدارندگی خوردگی کف در تماس با پِی مخازن ذخیره و نفت‌کش‌های حمل‌کننده نفت خام و مشتقات نفتی را می‌توان با به‌کارگیری همزمان حفاظت کاتدی و مواد شیمیایی کنترل خوردگی از نوع فاز بخار و/ یا تنها با به‌کارگیری مواد شیمیایی فاز بخار (VCI) تحت کنترل قرار داد.

مواد شیمیایی تجاری VCI معمولاً به‌صورت پودر کریستالی یا به‌صورت مواد شیمیایی چندمنظوره و از پیش مخلوط‌شده در دسترس هستند؛ پودرهای کریستالی تجاری پیش از استفاده، در یک مایع (معمولاً با آب آشامیدنی) مخلوط می‌شوند. مواد شیمیایی VCI با ساز و کار تبخیر یا تصعید، از طریق حفره‌های بین ذرات ماسه در یک پد (بستر) شنی یا هوای بین صفحه فولادی کف مخزن و بستر فونداسیون متراکم می‌شوند و یک لایه بخار مولکولی تشکیل می‌دهند که ساز و کار خوردگی فعال طبیعی را کاهش می‌دهد.

مواد شیمیایی VCI چه به شکل پودری و چه به‌صورت مایع، برای رسیدن به کف مخزن باید ابتدا به مولکول‌های گازی تبدیل شوند تا از فشار بخار ایجاد شده برای نفوذ در فضای هوا تا رسیدن به غلظت یکنواخت استفاده شود.

VCI با ساز و کار انتقال بخار، جذب سطحی مولکول‌ها به‌وسیله یک فرایند فیزیکی و شیمیایی، تثبیت-کنندگی pH و از طریق ساز و کار غیرفعال‌کنندگی به روش تغییر پتانسیل الکتریکی فلز از خوردگی جلوگیری می‌کند (به بند ۶ مراجعه شود).

استاندارد API TR655[8] راهنماهایی برای استفاده از مواد شیمیایی کنترل خوردگی فاز بخار (VCI) برای حفاظت کف مخزن ذخیره رو زمینی [1] (AST) در برابر خوردگی بر اساس شیمی گروه‌های آمین کربوکسیلات ارائه کرده است.

اگر الزام دیگری توسط کاربر نهایی مشخص نشده باشد، مواد شیمیایی کنترل خوردگی باید حداقل الزامات مندرج در این استاندارد به همراه عملکرد آن‌ها برای کنترل خوردگی در سامانه‌های مخازن را برآورده کنند.

ب-۶ الزامات مواد شیمیایی کنترل خوردگی در آزمون فشار هیدروستاتیک

آب مصرفی در آزمون فشار هیدروستاتیک ممکن است برای مدت‌زمانی طولانی قبل از راه‌اندازی در تجهیز باقی بماند.

کیفیت آب، به‌ویژه محتوای کلرید آن، یکی از نگرانی‌های اصلی تجهیزات ساخته‌شده از آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی است، زیرا خطر ایجاد حفره‌های ناشی از کلرید و ترک‌خوردگی ناشی از تنش وجود دارد، بنابراین سطوح مجاز کلریدها/ سولفات‌ها، باید به‌وسیله روش‌هایی مانند تخلیه و شستشو با آب تمیز و خشک‌کردن برای جلوگیری از افزایش غلظت نمک، رعایت شوند.

[1]- Aboveground storage tank

دو عامل مهم خوردگی در اثر کاربرد آب‌های آزمون فشار هیدروستاتیک در تجهیزات فولادی C-Mn، خوردگی اکسیژن و خوردگی حفره‌ای بی‌هوازی است که در بسیاری از موارد به‌وسیله باکتری‌های کاهنده سولفات (SRB)، با مشارکت فیلم‌های زیستی مرکب[1] ایجاد می‌شود.

از آن‌جایی که همیشه مقادیری آب پس از تخلیه کامل خطوط و تجهیزات در محل باقی می‌ماند، لازم است پس از آزمون هیدروستاتیک و تخلیه آب، عملیات خشک‌کردن (توسط یک جریان گاز، به‌عنوان مثال، نیتروژن؛ یا توسط یک پیگ الکلی[2]) برای اطمینان از حذف کامل رطوبت انجام شود.

در تمام موارد، آب مصرفی باید ذرات تا حداقل ۵۰ میکرون تصفیه شود، تا از تشکیل لجن/ رسوب جلوگیری شود. اگر (دوره انباشت)[3] ماندگاری آب اصلاح‌نشده با مواد شیمیایی در خطوط لوله و تجهیزات از «دوره بحرانی»[4] برای رشد باکتری‌های کاهنده سولفات (SRB) بیشتر شود، پس از این دوره، باید از آب اصلاح‌شده با مواد شیمیایی برای آزمون هیدروستاتیک استفاده شود. این «دوره انباشت» شامل هر دوره انبارش تحت شرایط مرطوب قبل از خشک‌شدن است.

دوره بحرانی شامل زمان رسیدن به «شرایط آب سیاه»[5] ناشی از تولید سولفید یا تکثیر SRB به تراکم جمعیت تقریباً به مقدار ml^{-1} ۱۰۵ سلول یا بیشتر است که در آن، زمان خوردگی حفره‌ای تسریع‌شده، می‌تواند آغاز شود.

طول دوره بحرانی به کیفیت آب مصرفی و دما بستگی دارد و معمولاً در محدوده ۱ تا ۳ ماه برای خطوط زیردریایی و برای آب‌هایی با محتوای سولفات کم، طولانی‌تر است. این زمان با مشخص بودن غلظت اولیه SRB در آب منبع، دمای آب در خط و محتوای سولفات آب قابل تخمین اولیه است و مقدار دقیق آن را می‌توان با آزمون‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری کرد.

یادآوری- در آب و هوای گرم، دوره بحرانی ممکن است چند روز باشد.

خطوط لوله و تجهیزات ممکن است با استفاده از آب کاملاً تصفیه‌شده و اصلاح‌شده مناسب با مواد شیمیایی، برای مدت طولانی به‌صورت پرشده باقی بمانند؛ با این‌حال، نظارت دقیق بر مقدار مواد شیمیایی کنترل خوردگی، موردنیاز است.

درصورتی‌که مدت ماندگاری آب آزمون هیدروستاتیک در خطوط لوله کمتر از دوره بحرانی باشد، می‌توان از آب تصفیه‌شده‌ای که از نظر شیمیایی اصلاح‌نشده است، استفاده کرد. مشروط بر این‌که الزامات ذکرشده برای آبگیری و پس از آن انبارش، کاملاً رعایت شوند.

در مواردی‌که استفاده از مواد شیمیایی کنترل خوردگی برای اصلاح شیمیایی آب مصرفی لازم است، مواد شیمیایی کنترل خوردگی چندمنظوره متداول برای آزمون فشار هیدروستانیک شامل زیست‌کش‌ها؛

---

[2]- Complex biofilms
[3]- Alcohol pig
[1]- Cumulative period
[2]- Critical period
[3]- Black water condition

بازدارنده‌های خوردگی و اکسیژن‌زداها (به همراه افزودنی رنگ فقط برای کاربردهای فراساحلی و به منظور شناسایی نشتی) هستند. الزامات زیر هنگام به‌کارگیری این مواد شیمیایی در آزمون فشار هیدروستاتیک باید رعایت شود:

- اکسیژن‌زداها ممکن است مورد استفاده قرار نگیرند به‌جز در مواردی که تجهیز (مانند خط لوله) عمدتا دارای پوشش داخلی باشد اما نواحی کوچک مانند نواحی جوشکاری شده، بدون پوشش نیز باشند.
- اکسیژن‌زدا را نمی‌توان برای آب بازیافت‌شده و در معرض هوا قرارگرفته، به‌کار برد، به‌جز مواردی که مقدار بیشتری اکسیژن زدا استفاده شود.
- بازدارنده خوردگی و زیست‌کش‌ها می‌توانند برای اصلاح شیمیایی آب بازیافتی استفاده شوند، اما نباید با آب تصفیه‌نشده رقیق شوند.
- در به‌کارگیری بسته متداول کنترل خوردگی، به‌علت امکان رهاسازی مواد سمی، به‌منظور آلوده نشدن آب‌های زیرزمینی مصرفی برای آب آشامیدنی الزامات مرتبط با دفع آب پسماند مراجع ذی‌صلاح باید رعایت شود.
- اگر آب بدون خطر آلوده شدن آب زیرزمینی قابل‌دفع نباشد، به‌کارگیری بازدارنده‌های خوردگی و زیست‌کش‌ها مجاز نیست. در این موارد باید عملیات اصلاح با استفاده روش قلیایی روی آب مصرفی برای آزمون هیدروستاتیک انجام شود.

روش اصلاح قلیایی برای استفاده در مورد آب دریا یا آب شیرین با سختی کل بیشتر از ۱۰۰ mg/l توصیه نمی‌شود، به‌دلیل این که مقدار زیاد لجنی که در این شرایط رسوب می‌کند، ممکن است مشکلاتی را حین عملیات پیگ‌رانی در زمان تخلیه آب ایجاد کند.

در صورت لزوم، می‌توان از یک اکسیژن‌زدا به‌همراه مواد شیمیایی قلیایی استفاده کرد. اگر هیچ‌کدام از مواد شیمیایی کنترل خوردگی چندمنظوره متداول و قلیاها قابل‌استفاده نباشد، باید از روش کلرزنی با سدیم‌هیپوکلریت استفاده شود.

غلظت باقیمانده کلر آزاد با افزودن محلول سدیم‌هیپوکلریت به آب آزمون هیدروستاتیک باید در محدوده (۰٫۳- ۰٫۷) mg/l باشد.

این روش نباید همراه با هیچ اصلاح شیمیایی دیگری استفاده شود. به‌عنوان مثال، اگر اکسیژن‌زدا موردنیاز باشد نباید سدیم‌هیپوکلریت به آن افزوده شود زیرا این دو ماده شیمیایی با هم واکنش می‌دهند و این امر می‌تواند آلیاژهای مقاوم در برابر خوردگی را تحت‌تأثیر قرار دهد.

ب-۷ الزامات مواد شیمیایی کنترل خوردگی در سامانه‌های درون‌چاهی

سیالات هیدروکربنی بدون آب برای اجزای فولادی که در تولید نفت و گاز استفاده می شوند، معمولاً خورنده محسوب نمی‌شوند. همچنین، هنگامی‌که قطرات کوچک آب به‌وسیله سیالات هیدروکربنی احاطه شده و امولسیون ایجاد کند، خوردگی نگرانی اصلی محسوب نمی‌شود. با این‌حال، چاه‌های نفت معمولاً با

مقادیر مختلفی از آب سازند مواجه هستند که منجر به خوردگی در حضور اکسیژن و سایر عوامل کاهنده می‌شود.

اسید با غلظت زیاد در فرایند اسیدشویی یا اسیدکاری چاه‌های نفت به کار برده می‌شوند. کلریدریک‌اسید با هر غلظتی چنانچه در سامانه‌های فولادی استفاده شود، نیاز به مواد شیمیایی کنترل خوردگی دارد. استفاده از این مواد در فرایندهای عنوان‌شده، باعث می‌شود که اسید رسوب را از سطح فولاد در خود حل کند، بدون اینکه حمله قابل‌ملاحظه‌ای روی فلز انجام دهد.

بازدارندگی درون چاهی با استفاده از تزریق پیوسته، ناپیوسته یا تحت فشار برای حفاظت ازخوردگی درون لوله‌های چاه ناشی ازسیال تولیدی انجام می‌شود. توصیه می‌شود ماده شیمیایی کنترل خوردگی، خطوط لوله و تجهیزات پایین دست را نیز محافظت کند. برای این منظور ممکن است نیاز به تزریق مقدار بیشتری از این ماده شیمیایی برای حفاظت ازخوردگی ناشی از آب میعان‌یافته باشد.

استفاده از مواد شیمیایی برای محافظت از خوردگی فضای دالیز چاه‌های نفت و گاز می‌تواند با به‌کارگیری مواد بازدارنده خوردگی، زیست‌کش و اکسیژن‌زدای مناسب در سیال به‌وسیله یک تجهیز آب بند، انجام شود.

هنگامی‌که از روش اصلاح اسیدی و/ یا سیالات شکاف‌دهنده[1] برای بازکردن لایه‌های مخازن به‌منظور حفظ نرخ تولید استفاده می‌شود، به‌علت خورندگی بالای سیالات، انواع خاصی از مواد شیمیایی کنترل خوردگی لازم است.

اگر الزام دیگری توسط کاربر نهایی مشخص نشده باشد. مواد شیمیایی کنترل خوردگی مورد استفاده، باید حداقل الزامات مندرج در این استاندارد به همراه عملکرد آن‌ها برای کنترل خوردگی در سامانه‌های درون-چاهی را برآورده کنند.

[1]- Fracing fluids

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی

هدف از آزمون(های) صلاحیت‌سنجی، تأیید عملکرد مواد شیمیایی کنترل خوردگی در شرایط موردانتظار برای کاربرد آن‌ها است. همچنین روش آزمون انتخابی و روش انجام آن‌ها باید قبل از اجرای یک برنامه کنترل خوردگی تأیید شوند.

پارامترهای پایه[1] و اولیه برای تأیید صلاحیت آزمون شامل مشخص‌کردن فشار جزئی گازهای اسیدی است که در کاربرد میدانی وجود دارد؛ همچنین دما باید در حین آزمون پایدار باشد. ترکیب آب باید مطابق با شوری کاربرد میدانی باشد؛ pH اسیدهای آلی و نفت/ هیدروکربن نیز ترجیحاً مانند شرایط میدانی در نظرگرفته شود. این شرایط با آزمون آب نمونه‌برداری شده از شرایط عملیاتی حاصل می‌شود. حضور گازهایی، که می‌تواند منجر به تغییر pH در محل شود نیز باید در نظر گرفته شود. بررسی پیش‌توزیع‌پذیری بازدارنده بین دو فاز آب و هیدروکربنی برای بررسی ریسک مرطوب شدن فاز هیدروکربنی و جلوگیری از جذب اکسیژن پیشنهاد می‌شود.

صلاحیت‌سنجی آزمون معمولاً شامل روش‌های آزمون تکمیلی مانند روش‌های الکتروشیمیایی به‌عنوان مثال، استفاده از روش‌های اندازه‌گیری مقاومت پلاریزه‌شدن خطی (LPR و/ یا طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) است.

حین آزمون به‌منظور ارزیابی نرخ خوردگی کوتاه‌مدت و بلندمدت پس از آزمون، از روش‌های مختلف پایش خوردگی حین عملیات مانند کوپن خوردگی یا پراب مقاومت الکتریکی، استفاده می‌شود.

با اینکه اجرای چندین آزمون متفاوت (برای اطمینان از قابلیت اطمینان آماری) برای اهداف صلاحیت‌سنجی غیرممکن به نظر می‌رسد (چنین داده‌هایی می‌توانند در مرحله انتخاب مفید باشند)، برای صلاحیت‌سنجی، بررسی تکرارپذیری و تجدیدپذیری روش‌های آزمون و اجرای آن باید مورد توجه قرار گیرند.

جدول پ-۱ یک نمای کلی از برخی از روش‌های آزمون کارایی است که به‌طور موردی برای صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی استفاده می‌شود.

[1]- Base case

جدول پ-۱- برخی از آزمون‌های کاربردی در صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی

روش آزمون	استاندارد مرجع	اهداف آزمون	مزیت‌ها	محدودیت‌ها
آزمون اتوکلاو	ASTM G111	صلاحیت‌سنجی پارامترهای پایه در دما و فشار بالا	آزمون شامل فشار جزئی میدانی، نسبت CO_2/ H_2S دما و شیمی آب است/پیش‌توزیع‌پذیری امکان دارد.	فاقد تنش برشی مشخص است، برای شرایط خاص نیاز به تنظیم داردو راهنمایی روش محدود است.
آزمون استاتیکی	ASTM G31	مطابق با اتوکلاو تنظیم می‌شود (فقط در فشار پایین)	کارایی برای خوردگی‌های عمومی تنظیم انجام شده می تواند برای آزمون بازدارنده خوردگی نیز مورد استفاده قرار گیرد	مختص ارزیابی بازدارنده خوردگی نیست، پیش‌توزیع‌پذیری دارای پیچیدگی است.
آزمون‌های جریانی	ASTM G170	بررسی استثناهای آزمون جریان	ارائه بعضی ساختارها	کامل نیست و آزمون حلقه جریان را از دست می-دهد.
آزمون برخورد جت	ASTM G170 ASTM G208	آزمون ضربه جریان، دسته‌بندی و پیش‌انتخاب	تنش برشی بالا، هزینه نسبتاً کم، نتایج سریع	برش کنترل نشده و همبستگی نامشخص با شرایط واقعی دارد.
آزمون قفس چرخان	ASTM G184 ASTM G202	آزمون، دسته‌بندی و پیش‌انتخاب؛ بررسی اثر سرعت جریان بر عملکرد بازدارنده	آسانی روش، قابلیت دسته‌بندی، سطح زیاد- تنش برشی متوسط و بالا	-
آزمون سیلندر چرخان	ASTM G185	صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی برای جریان	سرعت شبیه‌سازی میدانی/ تنش برشی دیواره- قابلیت تکرارپذیری مناسب	فقط برای تنش برشی نسبتاً کم (کمتر از ۵۰ Pa) قابل‌اعتماد است.
آزمون کتل/ آزمون حباب	NACE 1D196	آزمون، دسته‌بندی و انتخاب اولیه	آسانی روش، هزینه کم	-
آزمون حلقه جریان	ASTM G170	صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی برای جریان	واقعی‌ترین مقایسات میدانی می‌تواند به تنش برشی بالاتری منجر شود	پیچیدگی روش و هزینه بالا، فراهمی محدود شده
آزمون چرخ	NACE 1D182	آزمون، دسته‌بندی و انتخاب اولیه	آسانی روش، هزینه کم	-

یادآوری- روش‌های آزمون تکمیلی مانند روش‌های الکتروشیمیایی و تحت رسوب‌دهی در بشر به‌وسیله LPR، آزمون خوردگی ترجیحی در جوش و غیره می‌تواند در صلاحیت‌سنجی مواد شیمیایی کنترل خوردگی استفاده شود، برای آگاهی بیشتر به استاندارد NACE SP21469 [24] مراجعه شود.

پیوست ت

(آگاهی‌دهنده)

معیار موفقیت‌آمیز بودن کنترل خوردگی

میزان اثربخشی مواد شیمیایی کنترل خوردگی برای گستره وسیعی از شرایط عملیاتی با شاخصی به نام معیار موفقیت احتمالی بازدارنده (ILSS) بر اساس چهار عامل؛ دمای عملیاتی، تنش برشی، مقدارکل مواد جامد محلول و نرخ خوردگی پیش‌بینی شده و مطابق با فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$\mathrm{ILSS} = \frac{\mathrm{Temp}}{40} + \frac{\text{shear stress}}{240} + \frac{\mathrm{TDS}}{125000} + \frac{\mathrm{Pred_CR}}{10} \qquad \text{(ت)}$$

که در آن:

Temp دمای عملیاتی بر حسب (°C)؛

Shear stress تنش برشی سیال بر حسب Pa؛

TDS مقدار کل مواد جامد محلول بر حسب mg/l؛

Pred_CR نرخ خوردگی پیش‌بینی شده بر حسب mm/year است.

امتیاز بالای محاسبه شده به‌وسیله این فرمول نشان می‌دهد که کنترل خوردگی شیمیایی موفقیت‌آمیز نیست.

معیار موفقیت‌آمیزبودن بازدارندگی بدون استفاده از غلظت‌های بسیار بالا، در جدول ت توضیح داده شده است.

جدول ت- معیارموفقیت آمیزبودن بازدارندگی

دسته	امتیاز	ملاحظات
۱	ILSS ≤۲٫۵	به احتمال زیاد بازدارندگی موفقیت آمیز خواهد بود.
۲	۲٫۵ < ILSS≤۴	انتظار می‌رود بازدارندگی موفقیت آمیز باشد.
۳	۴< ILSS ≤۵٫۵	بازدارندگی چالش برانگیز خواهد بود.
۴	ILSS >۵٫۵	بازدارندگی ممکن است بادوام نباشد.

کتاب‌نامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۷۱۷، صنایع نفت و گاز – طراحی، ساخت و اجرای پیگ‌های هوشمند مغناطیسی- الزامات فنی

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۹۷۲، صنعت نفت- پیگ‌های غیرهوشمند- الزامات فنی

[3] ISO/TS 80004-11, Nanotechnologies - Vocabulary - Part 11: Nanolayer, nanocoating, nanofilm, and related terms

[4] API RP 14E, Recommended practice for design and installation of offshore production platform piping Systems

[5] API RP38:1975, Recommended practice for biological analysis of subsurface injection waters

[6] API RP584, Integrity operating windows

[7] API RP585, Pressure equipment integrity incident investigation

[8] API TR655, Vapor corrosion inhibitors for storage tanks

[9] ASTM D910, Standard specification for leaded aviation gasolines

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۳۶۹: سال ۱۳۹۷، فراورده‌های نفتی- سوخت بنزین هوانوردی سرب دار- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D910:2017 تدوین شده است

[10] ASTM D1364, Standard test method for water in volatile solvents (Karl fischer reagent titration method)

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۶۸۸۶: سال ۱۳۹۲، اندازه‌گیری آب موجود در حلال‌های فرار به روش تیتراسیون با واکنشگر کارل فیشر، با استفاده از استاندارد ASTM D1364: 2012 تدوین شده است

[11] ASTM D1655, Standard specification for aviation turbine fuels

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۳۵۰: سال ۱۳۹۱، فراورده‌های نفتی- سوخت موتورهای توربینی هوایی- ویژگی‌ها، با استفاده از استاندارد ASTM D1655: 2011 تدوین شده است.

[12] ASTM D3241, Standard test method for thermal oxidation stability of aviation turbine fuels

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۸۲۱: سال ۱۳۹۷، فراورده‌های نفتی- پایداری اکسیداسیون حرارتی سوخت‌های توربین هوایی- روش آزمون، با استفاده از استاندارد ASTM D3241: 2018 تدوین شده است.

[13] ASTM D3948, Standard test method for determining water separation characteristics of aviation turbine fuels by portable separometer

[14] ASTM D4171, Standard specification for fuel system icing inhibitors

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۹۸۴: سال ۱۳۹۵، فراورده‌های نفتی- سوخت‌ها- مواد بازدارنده یخزدگی در سیستم سوخت- ویژگی‌ها، با استفاده از استاندارد ASTM D4171: 2016 تدوین شده است.

[15] ASTM D4778, Standard test method for determination of corrosion and fouling tendency of cooling water under heat transfer conditions

[16] Publication EFC, 16, Guidelines on materials requirements for carbon and low alloy steels for H_2S-containing environments in oil and gas production

[17] Publication EFC, 23, CO_2 corrosion control in oil and gas production

[18] Publication EFC, 39, The use of corrosion inhibitors in oil and gas production
[19] ANSI/ NACE MR0103/ISO 17945, Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Metallic materials resistant to sulfide stress cracking in corrosive petroleum refining environments
[20] NACE MR0175/ISO 15156 SET, Petroleum and natural gas industries– Materials for use in H2S-containing environments in oil and gas production

یادآوری- مجموعه استاندارد ملی ایران شماره ۹۲۲۶، صنایع نفت و گاز طبیعی– مواد مورد استفاده در محیط‌های حاوی سولفید هیدروژن (H_2S) در تولید نفت و گاز، با استفاده از برخی قسمت‌های مجموعه استاندارد ISO 15156 تدوین شده است.

[21] NACE SP0192, Monitoring corrosion in oil and gas production with Iron counts
[22] NACE 3C194, Economics of corrosion
[23] NACE SP0273, Handling and proper usage of inhibited oilfield acids
[24] NACE SP21469: 2021, Corrosion inhibition selection and management for oil and gas production
[25] NACE 31215: 2015, Laboratory evaluation of corrosion inhibitors used in the oil and gas industry
[26] NACE Publication C. C. Nathan, “Corrosion Inhibitors,” National association of corrosion engineers, Houston, 1973, p. 279.
[27] GP 06-15:2011, Corrosion inhibition in oil and gas production systems
[28] HSE RR1023: 2014, Reliable corrosion inhibition in the oil and gas industry