بیست و هفتمین سمینار تخصصی

رسوب و خوردگی

در صنایع فولاد و نورد

چهارشنبه
۸ مرداد ۹۹
ساعت ۸:۳۰ الی ۱۲:۳۰

مدرس:
مهندس محمد هادی شعله
مدرس انجمن خوردگی ایران

اهواز، شرکت گروه ملی صنعتی فولاد، سالن معاونت فنی و بهره برداری

برگزارکننده: شرکت پژوهشی صنعتی آبریزان
با همکاری واحد تحقیق و توسعه-کمیته آب گروه ملی صنعتی فولاد ایران

www.mitreh.com

گروه ملی صنعتی فولاد ایران
Fars Science & Technology Park
Iranian Corrosion Association
انجمن خوردگی ایران

فصل اول:

بررسی آب در صنایع فولاد

در صنعت برای تولید هر تن محصول به مقداری آب مورد نیاز است که موسوم به مصرف ویژه آب است. آب به دلیل داشتن مشخصات فیزیکی و شیمیایی نظیر حلالیت، جذب، انتقال حرارت، وزن مخصوص کم، سیالیت، شناور سازی، ساینده‌گی و دیاگرام تعادل خاص در صنایع کاربرد زیادی دارد و چرخه صنعت بدون آب قابل تصور نیست.

برای صنایع فولاد ۲۱ شاخص پایداری نظیر میزان مصرف انرژی ویژه، میزان انتشار گاز CO_2 ، سهم توسعه محصولات و فرآیند در قیمت فروش، میزان مصرف نسوز، میزان مصرف آب، آموزش سرانه، بهره وری و غیره در نظر گرفته شده است. بعبارت دیگر در نبود و کمبود این شاخص ها شرکت فولاد ثبات خود را از دست داده و به سمت ناپایداری کشانده می شود. در صنایع فولاد جهان بطور متوسط به ازای هر تن فولاد ۷ مترمکعب آب جبرانی مصرف می شود.

مصرف آب در صنعت فولاد و روش های کاهش مصرف آن

در صنعت فولاد برای تولید یک تن فولاد ۱۰۰ الی ۱۵۰ مترمکعب آب (بدون بازیافت) مصرف می شود. با استفاده از سیستم های گردشی و بازیافت، میزان مصرف آب تا زیر ۳ مترمکعب به ازای هر تن فولاد قابل کاهش است. بیش از ۷۰ سال پیش میزان مصرف آب صنعت فولاد جهان بیش از ۳۰ مترمکعب به ازای هر تن فولاد بوده است. آب در صنعت فولاد جهت:

۱- خنک کردن تجهیزات، غلطک ها، بدنه کوره و حفاظت نسوز چینی کوره ها

۲- خنک کردن غیرمستقیم و مستفیم فولاد تولیدی جهت تسریع انجماد و خنک شدن فولاد

۳- گرمایش و تولید بخار

۴- آماده سازی مواد خام جهت تولید کک، زینتر سازی

۵- فرآیندهای خاموش کردن کک، گرانوله کردن سرباره کوره بلند

۶- جذب گرد و غبار در سیستم های تصفیه گاز

۷- خنک کردن گاز فرآیندها و جذب ترکیبات مفید یا مضر آن ها

۸- تمیزکاری و پوسته زدایی سطوح محصولات فولادی

۹- بالا بردن مشخصات مکانیکی محصولات فولادی (ترمکس)

۱۰- شستشو و تمیزکاری قلیایی و اسیدها بکار برده می شود

فرآیند عمومی تولید در صنایع فولاد:

صنعت آهن و فولاد به دلیل تامین مواد اولیه سایر صنایع در رشد اقتصادی کشورها نقش مهمی را بازی می کند و به عنوان موتور محرک توسعه اقتصادی شناخته می شود. نگاهی به روند رشد میزان تولید فولاد در کشورهایی که در سال های اخیر رشد فزاینده ای را تجربه کرده اند خود موئد این واقعیت است .فرآیند تولید در یک کارخانه کامل از مرحله تولید آهن خام شروع و تا مراحل پایانی تولید انواع ورق فولادی و پوشش دار ادامه می یابد و مشتمل بر فرایندهای کلی زیر است:

- ✓ فرآوری سنگ آهن (به عنوان ماده اولیه) و تولید گندله
- ✓ تولید آهن اسفنجی
- ✓ تولید تختال (شمش فولادی)
- ✓ تبدیل تختال به کلاف گرم از طریق فرآیند نورد گرم
- ✓ تولید کلاف گرم از طریق فرایند نورد سرد
- ✓ عملیات تکمیلی فولاد و تولید محصول نهایی کلاف و ورق سرد
- ✓ عملیات پوشش دهی و تولید ورق فولادی پوشش دار (مانند ورق گالوانیزه ، ورق رنگی، ورق قلع اندود) در ادامه شرح مختصری در مورد فرایندهای فوق ارائه می شود

شرح مختصر فرآیندهای تولید فولاد:

۱- مرحله اول گندله سازی:

مرحله اول از تولید فولاد، فرآوری مواد اولیه آن یعنی سنگ آهن می باشد. سنگ آهن ترکیبی از اکسیدهای آهن و ناخالصی های فلزی از قبیل سولفور، فسفر، سیلیس و... می باشد .ابتدا سنگ آهن خرد شده و طی فرایندهای خاصی ناخالصی های فلزی از آن جدا می شود .سپس در فرایند گندله سازی، سنگ آهن(به صورت ترکیبی از اکسیدهای آهن) به شکل گلوله ای در آمده و پس از پخته شدن محصولی به نام گندله را تولید می نماید .گندله تولیدی در فرایند احیا مستقیم طی واکنش با کربن، آهن خالص را تولید می نماید .چون گندله اکسیژن خود را در این فرایند از دست می دهد ترکیب حاصله حالتی تخلخلی مانند اسفنج دارد .به همین لحاظ آن را آهن اسفنجی می نمایند .آهن اسفنجی در مخازن مخصوصی انباشت و نگهداری می شود تا به تدریج به عنوان ماده اولیه تولید فولاد در مراحل بعدی به کار گرفته می شود.

۲- مرحله دوم تولید آهن اسفنجی

مرحله دوم از تولید فولاد تبدیل آهن به فولاد مذاب می باشد .ورودی این فرایند آهن اسفنجی است .نوع و گرید فولاد و خواص شیمیایی آن در این مرحله ایجاد می شود .در اینجا آهن اسفنجی و آهن قراضه با نسبت های مشخصی در کوره های قوس الکتریک تبدیل به فولاد مذاب می شوند .پس از سرباره گیری از مذاب با توجه به کیفیت مورد انتظار آن مواد افزودنی به نسبت های لازم به فولاد مذاب افزوده شده و با دمش گاز در حجم مذاب به طور یکنواخت پخش شده و با آن ترکیب می شود

۳- مرحله سوم تولید تختال

پس از این مرحله فولاد مذاب در پاتیل های حجیمی تخلیه شده و برای عملیات تکمیلی ارسال می شود .در نهایت براساس نمونه های آزمایشگاهی که از فولاد گرفته می شود عملیات تصفیه مذاب انجام گرفته و فولاد مذاب آماده ریخته گری می شود . دمای فولاد مذاب پس از تولید حدود1 ۶5۰ درجه سانتی گراد می باشد .حداقل دمای مجاز برای ریخته گری مذاب15 ۸۰ درجه می باشد .به همین لحاظ بعد از عملیات تکمیلی، مذاب باید بلافاصله برای ریخته گری ارسال گردد .اگر امکان ریخته گری مذاب به دلیل تاخیر یا هر مشکل دیگر وجود نداشته باشد، توسط کوره های پاتیلی دمای مذاب داخل پاتیل در حد قابل قبول حفظ می شود .با این حال هزینه زیادی بابت این تاخیر در ریخته گری تحمیل می شود در این مرحله مذاب تولید شده در فرایند فولادسازی در ماشین های ریخته گری مداوم به صورت شمش یا تختال در می آید .ماشین های ریخته گری مداوم نیم قوسی هستند .پاتیل مذاب بر روی برج ریخته گری قرار می گیرد. برج ریخته گری می تواند دو پاتیل را روی خود نگه دارد که یکی در موقعیت عملیات ریخته گری و دیگری به صورت آماده به کار می باشد .مذاب از طریق راهگاه مخصوصی که زیر پاتیل نصب می شود وارد پاتیل میانی می شود .تاندیش به صورت یک بافر میانی همیشه مقداری مذاب را به صورت ذخیره در خود نگه می دارد تا در مواقعی که پاتیل مذاب تعویض می شود تداوم و یکنواختی جریان مذاب در قالب های ماشین ریخته گری قطع نشود . برای سرعت بخشیدن به عملیات ریخته گری، بیشتر ماشین های ریخته گری دارای دو مسیر برای ریخته گری هستند و لازم است مذاب از دو راهگاه مجزا وارد قالب های ماشین شود .تاندیش دارای دو راهگاه خروجی است که مذاب داخل پاتیل را به قالب های ماشین ریخته گری هدایت می کند .عمر تاندیش مورد استفاده در فرآیند ریخته گری محدود است بنابراین عملیات ریخته گری مداوم ذوب ها روی ماشین ریخته گری نمی تواند بیشتر از عمر یک تاندیش ادامه پیدا کند .از این رو به ناچار عملیات ریخته گری مداوم با اتمام عمر تاندیش قطع شده و پس از تعویض تاندیش ریخته گری مجددا شروع می شود . بین هر دو تعویض تاندیش یک توالی تولید صورت می پذیرد .این توالی مشتمل بر تعداد محدودی ذوب است که پشت سر هم و بلا انقطاع ریخته گری می شوند .حداکثر تعداد این ذوب ها با توجه به عرض ماشین ریخته گری و کیفیت ذوب متفاوت است .ذوب هایی که در یک توالی ریخته گری می شوند باید از نظر کیفیت یکسان بوده و عرض ریخته گری مشابهی داشته باشند . مذاب پس از تخلیه در قالب توسط جریان آب اطراف قالب خنک شده و شکل قالب را به خود می گیرد و به تدریج در یک مسیر نیم قوسی حرکت کرده و آرام آرام خنک می شود تا به شکل یک نوار طولانی با مقطع مستطیل از ماشین ریخته گری خارج شود .در انتهای خط ریخته گری این نوار به طول های مشخص به طور مقطعی بریده شده و نهایتا شمش فولادی تولید می شود.

۴- مرحله چهارم نورد گرم تختال

تختال تولید شده به عنوان محصول نیم ساخته وارد فرایند نورد گرم می شود .در واحد نورد گرم ابتدا تختال توسط کوره های پیش گرمکن تا دمای1 ۲۰۰ درجه گرم می شود .در این دما تختال سرخ شده و شکل پذیر می شود .سپس تختال سرخ شده طی گذر از بین غلتک های نورد در مراحل نورد خشن و نورد تکمیلی کاهش ضخامت داده و پس از خنک کاری در نهایت به صورت کلاف گرم تحویل می شود . محصول واحد نورد گرم را می توان هم به عنوان محصول نهایی به فروش رساند و هم می توان از آن به عنوان محصول نیم ساخته برای ادامه فرایندهای بعدی(تکمیل نورد و نورد سرد)استفاده نمود. در واحد تکمیل نورد براساس سفارش مشتری در صورت نیاز فرایند اسکین پاس(نورد پوسته ای)روی کلاف ها انجام می شود .همچنین در

خطوط برش سبک و سنگین، کلاف برش داده شده و به صورت ورق فولادی به عنوان محصول نهایی تحویل می شود. محصولات گرم عمدتا برای تولید سازه های فولادی سنگین نظیر لوله های انتقال سیالات و ... استفاده می شوند.

۵- مرحله پنجم فرآیند نورد سرد

در واحد نورد سرد ابتدا کلاف های گرم از فرایند اسیدشویی عبور داده می شوند و سطح کلاف تمیز می شود .این محصول که کلاف اسیدشویی شده نامیده می شود می تواند به عنوان محصول نهایی به فروش رود یا برای ادامه سیکل به واحدهای بعدی ارسال شود .در مرحله بعد کلاف فرایند نورد سرد را طی می نماید .در این فرایند کلاف های اسیدشویی شده به صورت سرد از بین تعدادی غلتک عبور داده شده و توسط فشار غلتک ها و کشش ورق، ضخامت ورق فولادی کاهش می یابد .محصول این فرایند کلاف خام می باشد .این محصول هم به عنوان یک محصول تمام شده قابل فروش است ولی به عنوان ورودی فرایندهای بعدی محصولات سرد، نوار باریک و محصولات پوشش دار استفاده می شود . برای تولید محصولات سرد، کلاف خام تولید شده در فرایند نورد، سیکل های بازپخت ، نورد پوسته ای و اصلاح ورق فولادی را طی می نماید .در صورت نیاز طبق خواست مشتری، کلاف تولید شده پس از طی مراحل فوق سیکل های برش سبک یا برش سنگین را نیز طی می نمایند . محصولات سرد عمدتا در تولید بدنه خودرو، لوازم خانگی و فیلترسازی و ... کاربرد دارند . برای تولید نوار باریک، محصول کلاف خام پس از طی کردن سیکل های بازپخت و نورد پوسته ای وارد فرایند برش طولی می شود .در این فرایند کلاف به صورت طولی توسط چند تیغه برش داده شده و به شکل نوار با عرض کم تحویل می شود .

۶- مرحله ششم عملیات پوشش دهی ورق

ورق فولادی پوشش دار شامل ورق گالوانیزه، ورق قلع اندود و ورق رنگی می شود .محصولات پوشش دار محصولات با کیفیت و مقاوم در مقابل زنگ زدگی هستند که برای مصارف خاص به کار گرفته می شوند .در فرایند قلع اندود سطح کلاف با لایه نازکی از قلع پوشش داده می شود .ورق های قلع اندود در صنایع غذایی و همچنین تولید قوطی های حلبی مورد استفاده برای محلول ها و مواد شیمیایی کاربرد دارند. در فرایند گالوانیزه، سطح ورق با لایه نازک روی پوشش داده می شود .از این محصول برای ساخت مخازن و... استفاده می شود .ورق گالوانیزه را می توان به عنوان محصول نیم ساخته در فرایند پوشش رنگی به کار گرفت .در این فرایند سطح ورق فولادی با رنگ های مخصوصی پوشش داده می شود .ورق رنگی بیشتر در صنایع تولید لوازم خانگی، ساخت سوله ها و... به کار می رود .

مهمترین پارامترهای موثر بر میزان مصرف آب برای تولید هر تن فولاد عبارتند از:

- نوع محصولات
- فرآیندهای تولید مورد استفاده در کارخانه برای تولید آهن و فولاد
- سطح فناوری و نوع طراحی دستگاه ها و ماشین آلات در زمینه های مصرف آب
- میزان بازاریابی و تصفیه آب در سیستم تولید
- کیفیت آب مصرفی درجهت استفاده بالا بردن سیکل تغلیظ

البته نکته مهم میزان آبی است که به ازای تولید هر تن فولاد با استفاده از سیستم های تصفیه پساب به سیستم برگردانده می شود.

بطور کلی امروزه در تمامی کشورهای پیشرفته سعی بر آن است که میزان آب تلف شده در صنعت تولید فولاد (بصورت بخار دورریز یا پساب غیرقابل بازیافت) به حداقل میزان و درنهایت نزدیک به صفر برسد.

بزرگترین واحدهای مصرف کننده آب در صنعت فولاد به ترتیب عبارتند از:

- واحد آهن سازی (کوره بلند)
- واحد نورد گرم
- واحد نورد سرد
- واحد کک سازی
- واحد کوره قوس الکتریکی
- واحد ریخته گری پیوسته
- و ...

آب در فرآیند تولید فولاد:

در یک کارخانه تولید فولاد، آب برای مواردی همچون خنک کاری مستقیم و یا غیرمستقیم، شستشوی گازهای فرآیندی، پوسته زدایی، تولید انواع مواد نظیر نسوزها و نیز فرآیندهای آماده سازی مواد و... مورد استفاده قرار می گیرد. این امر می تواند در قالب سیستم های متنوعی همچون کاملا بسته، نیمه بسته و یا باز استفاده می شود. این سیستم ها با توجه به نوع تکنولوژی و آب مصرفی برای کاربردهایی همچون قالب های ریخته گری مداوم و یا بویلرهای نیروگاه ها که عموما بر اساس عبور آب از یک مبدل حراری آبی خنک می شوند، مورد استفاده قرار می گیرند. همچنین مصرف آب در حالت مدار آب نیمه باز در بخش هایی همچون برج های خنک کننده به منظور کاهش درجه حرارت آب در گردش، آب جبرانی سیستم های پساب ها و برای آب فرآیندها مورد استفاده قرار می گیرد.

مدیریت آب در یک کارخانه تولید فولاد در ابتدای امر بستگی به موقعیت محلی و بالاتر از همه کیفیت آب در دسترس و قوانین محلی دارد. در این خصوص تامین کیفیت آب مورد مصرف در صنعت با به کارگیری روش های مختلف تصفیه آب ورودی و همچنین تصفیه پساب ها و آب خروجی فرآیند حاصل می گردد. از طرف دیگر هزینه، یک فاکتور اساسی مربوط به تصفیه آب ورودی و خروجی می باشد. بالا بودن تنوع واحدها در یک کارخانه فولاد؛ موجب می گردد تا مصرف آن کارخانه نیز افزایش یابد. درصورتی که از آب های زیرزمینی نیز استفاده گردد؛ می بایست در مصرف بهینه آب دقت بیشتری انجام گردد.

در واحدهای صنعتی مصرف آب عموما به دو صورت یکبار گذر و گردشی انجام می شود

آب در فرآیند تولیدات فولاد نقش حیاتی و مهمی را به عهده دارد و در یک واحد تولیدی نظیر کوره بلند آب به منزله جریان خون در شریان های بدن است و بدون آب فعالیت زنجیره تولید دچار اشکال می گردد.

مهندسی آبرسانی وظیفه تامین و توزیع مداوم آب صنعتی، بهداشتی و آشامیدنی و جمع آوری فاضلاب ها و انتقال به تصفیه خانه بیولوژیکی و تصفیه پساب های کارخانه را به عهده دارد.

اولین مرحله سیستم تصفیه در مهندسی آبرسانی تصفیه خانه فیزیکی می باشد. در این مرحله به آب از محل تامین کلر جهت ضدعفونی کردن زده می شود و به کارخانه منتقل می گردد. سپس با توجه به کیفیت آب ماده منعقدکننده تزریق می گردد. بخشی از آب با کدورت پایین برای سیستم تصفیه مانند R.O می رود و بخش دیگر جهت تغذیه آب در گردش سیستم های مختلف استفاده می گردد.

سیکل های گردشی آب در صنایع فولاد:

به منظور خنک کاری سیستم های تکنولوژی از آب مدار گردشی استفاده می شود. آب توسط پمپ به منظور خنک کاری وارد یک سیستم می شود و پس از گرفتن مقداری حرارت، درجه حرارت آن بالا رفته سپس وارد برج خنک کننده می شود و در اثر تبخیر، دمای آب در برج خنک کننده کاهش یافته و مجددا جهت خنک کاری وارد سیستم تکنولوژی می شود. در این چرخه مقداری آب به علت تبخیر از دست می رود که باید جبران شود، ضمن اینکه به علت تبخیر مداوم غلظت نمک های محلول در آب گردشی بالا رفته و بنابراین جهت جلوگیری از افزایش بیش از حد آن و اثرات نامطلوبی که بر روی لوله ها و مبدل های حرارتی می گذارد مقداری آب از سیکل گردشی خارج می شود (blow down). مجموع بلودان سیکل و میزان تبخیر (Drift) در برج خنک کننده برابر میزان آب تغذیه یا makeup است.

بطور کلی و در عمل مدارهای گردشی بصورت ذیل تقسیم می شود:

۱- مدار آب مستقیم یا direct cooling (سیکل کثیف): در این مدار آب مستقیما با تجهیزات در تماس است و معمولا علاوه بر خنک کنندگی نقش تمیزکاری و انتقال مواد زائد را نیز بر عهده دارد و به علت تماس با تجهیزات جهت بازیابی مجدد آن نیاز به سیستم های تصفیه لجن و روغن و مانند این ها را دارد.

۲- مدار آب غیرمستقیم indirect cooling (سیکل تمیز): این مدار گردشی خود به دو مدار گردشی باز (open circuit) و مدار گردشی بسته (closed circuit) تقسیم می شود. در مدار گردشی باز آب پس از عبور از مبدل حرارتی و گرم شدن وارد برج خنک کننده می شود و مجددا وارد چرخه سیکل گردشی می گردد.

در مدار گردشی بسته همان طور که از نام آن مشخص است آب در یک مدار گردشی بسته قرار دارد و هیچ ارتباطی با هوای آزاد نداشته و در واقع در این مدار آب ضمن خنک کردن سیستم های تکنولوژی و بالا رفتن درجه حرارت آن، در یک مبدل حرارتی توسط یک مدار آب گردشی باز و با سیستم خنک کننده دیگر، مثلا هوا خنک می شود. در سیستم های آب گردشی بسته معمولا تبخیر بسیار ناچیز و در صورتی که سیستم اشکالی نداشته باشد احتیاج به آب جبرانی ندارد. در این نوع مدارهای گردشی معمولا از آب نرم (بدون سختی) و یا آب دمینرال (بدون نمک) استفاده می شود. سیکل های آب مدار گردشی ریخته گری دانیلی از این نوع می باشد.

به گفته آژانس بین المللی انرژی (IAEA) ، صنعت فولاد ۲۱ درصد از انرژی و نیز ۳۰ درصد از آلایندگی محیط زیست را در جهان به خود اختصاص می دهد. همچنین در ایران، سهم مصرف انرژی در صنعت فولاد را می توان در حدود ۷/۵ درصد کل مصرف انرژی مورد استفاده در کشور تخمین زد.

با توجه به موقعیت جغرافیایی کشور، ایران در میان کشورهای خشک و نیمه خشک جهان از نظر دسترسی به منابع آب رتبه بندی شده است. آمارها نشان می دهد که در سال های اخیر، کمبود شدید منابع آب و کاهش بارندگی منجر به بحرانی شدن شرایط آب در کشور شده است. مصرف آب در صنایع فولاد ۸۹/۵ میلیون متر مکعب است که معادل ۷ درصد کل آب صنعتی مصرفی در ایران است. بنابراین، برنامه ریزی در توسعه صنعت فولاد می تواند نقش مهمی در آینده انرژی، منابع آب و اثرات زیست محیطی جانبی داشته باشد. در صنعت فولاد بسته به پارامترهای یاد شده، چیزی بین چند مترمکعب تا چند صد مترمکعب آب برای تولید هر تن فولاد نیاز است. گفته می شود که میانگین مصرف آب در صنعت فولاد در جهان ۲/۸ مترمکعب برای هر تن فولاد است. نکته قابل توجه آنکه با به روز شدن تکنولوژی صنعت فولاد در جهان و استفاده از مواد شیمیایی نوین جهت پایش آبهای صنعتی، میزان مصرف آب کاهش پیدا می کند. البته این موضوع فقط به آب خلاصه نمی شود، کاهش در میزان مصرف انرژی و برق نیز از دیگر مزیت های بهسازی آب سیستم های خنک کننده می باشد.

معرفی کلی سیکل های آبرسانی در فرآیندهای مختلف صنعت فولاد:

- تاسیسات آبی واحد تولید کنسانتره از سنگ معدن

تیکنر: جهت آبگیری باطله (مواد نامرغوب در پروسه ساخت کنسانتره از سنگ معدن)

- تاسیسات آبی واحد گندله سازی

کولینگ مدار باز: جهت خنک سازی مبدل های حرارتی

کولینگ مدار بسته: جهت خنک سازی ماشین آلات واحد ماشینری (تجهیزات کوره) و کمپرسورها

- تاسیسات آبی واحد تولید آهن اسفنجی

تیکنر (کلاریفایر): جهت حذف آلودگی های آب در بخش پروسس

کلاسیفاسر: ته نشینی و خروج لجن های کلاریفایر

R.O : جهت مصرف در حوضچه واحد ماشینری و واحد پروسس

کولینگ مدار باز واحد پروسس: سیکل باز آب در گردش جهت خنک کاری واحد پروسس

کولینگ مدار بسته واحد ماشینری: سیکل بسته آب در گردش

کولینگ مدار باز واحد کیلین: خنک سازی مبدل ها در بخش ماشینری

- تاسیسات آبی واحد های ذوب و ریخته گری

کولینگ مدار باز: جهت خنک سازی مبدل های حرارتی

کولینگ مدار بسته: جهت خنک کاری واحد ماشینری(تجهیزات کوره) و کمپرسورها و قالب ها

تیکن: جهت حذف آلودگی های نلشی از شستشوی شمش ها

- تاسیسات آبی واحد های نورد گرم و سرد

کولینگ مدار باز: جهت خنک سازی مبدل های حرارتی

کولینگ مدار بسته: جهت خنک کاری واحد ماشینری(تجهیزات کوره) و کمپرسورها و قالب ها

مشکلات آب در صنایع فولاد:

سه مشکل اساسی آبهای صنعتی که موجب بروز خسارت زیادی در صنایع فولاد می گردد شامل:

- رسوب گذار بودن آب
- ایجاد خوردگی در تاسیسات و تجهیزات
- مشکلات میکروبی و خسارات ناشی از رشد آلاینده های زیستی صنعتی می باشند.

با رفع این سه مشکل و پایش آبهای صنعتی بر اساس استانداردهای روز دنیا می توان تا حد بالایی در مصرف انرژی (آب و برق و گاز) صرفه جویی نمود. در فصل های بعد این سه مشکل بررسی و راه کارهای رفع آنها ارائه می گردند.

فصل دوم:

بررسی دلایل بوجود آمدن خوردگی و اثرات مخرب آن بر تاسیسات آبی و راه های پیشگیری و کنترل آن

۱–آشنایی با پدیده خوردگی

همان طور که می دانیم همه چیز در طبیعت به اصل خود باز می گردد، مثلا آهن در طبیعت به صورت اکسیدهای FeO ، Fe_2O_3 و Fe_3O_4 که همان سنگ معدن آهن است، یافت می شود (میل ترکیبی آهن و اکسیژن با هم).

علم مهندسی خوردگی تلاش دارد تا با مجموعه ای از عوامل همچون استفاده از پوشش ها، علم متالوژی، انتخاب مواد، حفاظت کاتدی، بازدارنده ها و سایر روش ها، خوردگی در صنایع را مهار نموده و مانع از ضرر و زیان های مالی و جانی ناشی از آن گردد.

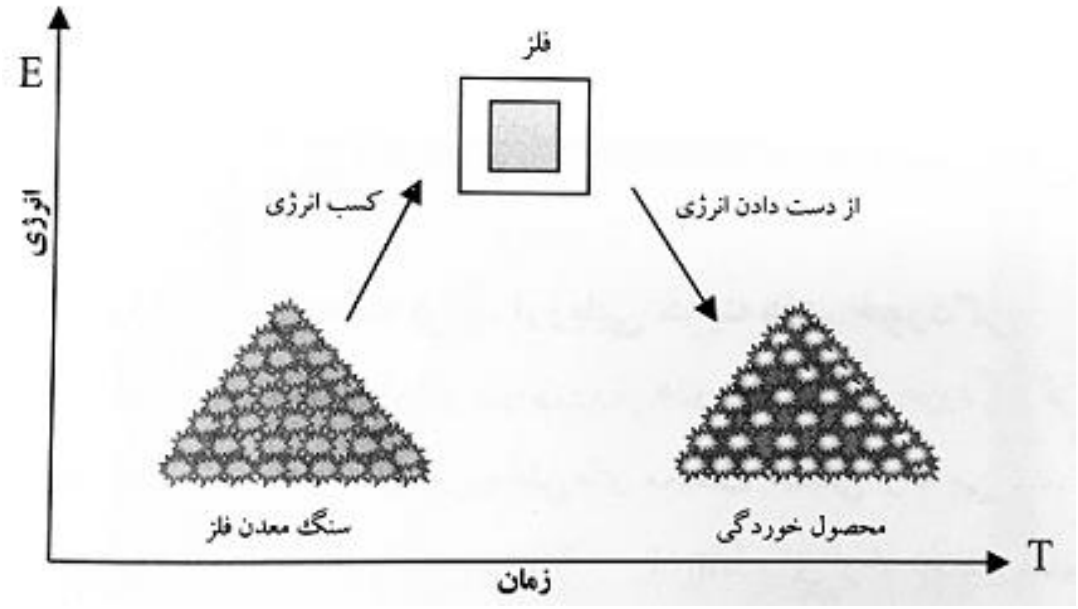
همه رشته ها ← ساختن مهندسی خوردگی ← جلوگیری از تخریب

۲–تعریف خوردگی

برای درک بهتر خوردگی تعاریف زیادی ارائه شده است:

- واکنش فلزات و آلیاژها با محیط اطراف
- فساد فلزات با اکسیژن و دیگر مواد شیمیایی
- از بین رفتن مواد در اثر عوامل غیرمکانیکی
- واکنش الکترو شیمیایی فلزات با محیط اطراف
- عکس متالوژی استخراجی

تغییرات انرژی بر حسب زمان در اثر وقوع پدیده خوردگی در یک فلز در شکل زیر نشان داده شده است.



شاید بهترین تعریف خوردگی را بتوان بدین صورت ارائه نمود:

«خوردگی عبارت است از انهدام، فساد و یا تغییر و دگرگونی در خواص و مشخصات مواد (به ویژه فلزات) در نتیجه واکنش آن ها با محیط اطرافشان»

- خوردگی از دیدگاه مهندسی:

برای اینکه یک مهندس خوردگی به خوبی از عهده وظایف خود برآید، بایستی در زمینه های زیر توانایی لازم را کسب نماید:

۱) حفاظت فلزات و آلیاژها در محیط های مورد استفاده (حفاظت کاتدی و آندی)
۲) چگونگی کاربرد پوشش های مختلف فلزی و غیر فلزی در صنایع مختلف
۳) تهیه مواد بازدارنده خوردگی، مواد آبکاری و بهبود کیفیت آن ها
۴) اصلاح و بهبود خواص آلیاژهای مورد استفاده در صنعت از نظرخوردگی
۵) نظارت بر خوردگی و روش های پایش خوردگی

وظیفه اصلی مهندسی خوردگی، ارائه روش های پیشگیری از بروز مشکلات ناشی از خوردگی و ارائه راه حل برای آن ها است.
بنابراین مطالعه و تحقیق در زمینه‌ی انتخاب مواد مناسب برای واحدهای صنعتی، روش های نوین پایش و کنترل خوردگی، ارزیابی پوشش ها و بازدارنده ها، مدیریت خوردگی، تدوین دستورالعمل بازرسی بر پایه ریسک و تجزیه و تحلیل شکست قطعات از مهم ترین وظایف مهندسی خوردگی به حساب می آید.

۳- اقتصاد خوردگی

-برآورد هزینه های خوردگی

سرمایه گذاری در کنترل خوردگی نوعی سودآوری است. عدم توجه به مشکلات خوردگی در هر واحد صنعتی و تولیدی هزینه های پنهانی به دنبال دارد که اجتناب از آن غیر ممکن است.
اولین قدم در اقتصاد خوردگی انتخاب روشی مناسب به منظور حداکثر کاهش هزینه های خوردگی است. این هزینه ها می تواند شامل: مخارج تولید و تجهیزات، از بین رفتن محصولات با ارزش ، ظاهر نامطلوب محصول، هزینه های زیست محیطی و .... می باشد.

-اهمیت آمار در تعیین خسارات خوردگی

بدون دسترسی به آمار و اطلاعات، اولویت بندی و تدوین سیاست کلان مبارزه با خوردگی در راستای حفظ و صیانت از تجهیزات صنعتی امکان پذیر نمی باشد.
طبق اعلام انجمن ملی مهندسان خوردگی، خسارات ناشی از بلایای طبیعی در ایالات متحده امریکا شامل : سیل، طوفان ، زمین لرزه و غیره سالانه ۱۷ میلیارد دلار اعلام شده است . ملاحظه می شود که خسارات ناشی از خوردگی بیش از ۱۶ برابر خسارات ناشی از بلایای طبیعی بوده است.
اگر بخواهیم مقایسه ای برای روند طبیعی و اقتصادی خوردگی انجام دهیم، می توان آن را با پدیده هایی مانند زلزله، طوفان، سیل و آتشفشان قیاس کرد با این تفاوت که ما در پذیرش پدیده های مذکور اجبار داریم ولی خوردگی قابل پیش بینی و کنترل است. این مسئله اهمیت و ضرورت توجه به پدیده خوردگی و انتخاب روش های مناسب مقابله با آن را نشان می دهد.
عدم آگاهی نسبت به عوامل ایجاد کننده خوردگی و آشنا نبودن با روش های حفاظتی تجهیزات و تاسیسات صنعتی باعث گشته که انهدام و نابودی فلزات در صنایع به عنوان یک واقعیت مسلم و یک پدیده اجتناب ناپذیر مطرح باشد.
بی اطلاعی از اهمیت و نقش خوردگی در زندگی و محیط کار ، سالانه میلیاردها دلار به اقتصاد جهان ضرر می زند.

در این قسمت به عنوان مثال نمونه هایی از هزینه های خوردگی در چند کشور بصورت خلاصه آمده است:

- در انگلستان هر ساعت بیش از ۴۰ تن فلز خورده می شود
- سویس ۱۵ میلیارد فرانک
- فنلاند ۳۰۰ میلیون دلار (تنها در صنعت اتومبیل)
- آمریکا بیش از ۲۷۰ میلیارد دلار در سال

با توجه به اینکه در کشور، آمار مستندی از هزینه های خوردگی به صورت مستقیم و غیر مستقیم وجود ندارد و هرگونه ارقام و اعدادی که در گزارش ها، فصل نامه ها و... ارائه می شود، صرفا براساس استفاده از روش های معمول در کشورهای صنعتی نظیر آمریکا، ژاپن و ... محاسبه گردیده است، که بر مبنای درصدی از تولید ناخالص ملی است، پس می توان گفت هزینه خوردگی در ایران ۳ تا ۵ درصد تولید ناخالص ملی داخلی کشور ، معادل ۳۲۰۰ میلیارد تومان در سال برآورد شده است.

خوردگی به آرامی، اما به طور مداوم ثروت های ملی را هدر می دهد و لذا ابعاد فاجعه برانگیز خوردگی از نظر اتلاف ماده، انرژی و خسارت زیست محیطی به طور دقیق مشخص نیست. اما با شناخت مشکلات و موانع و راه های کاهش اثرات سوءخوردگی و جلوگیری از هدر رفتن منابع مالی و انسانی میتوان هزینه ی صدمات ناشی از خوردگی در صنایع را به حداقل ممکن رساند.

روش های عمده برای ارزیابی هزینه های خوردگی

- روش اولیگ که تخمین ها را بر پایه روش های حفاظت از خوردگی قرار می دهد.
- روش هور که تخمین ها براساس بخش های مختلف صنعتی ارائه می کند.
- روش in/out که از ماتریکس input- output برای ارائه تخمین های اولیه استفاده می کنند.

۴–بررسی خسارات خوردگی

صدمات ناشی از خوردگی دارای ابعاد وسیعی است که در صورت عدم توجه به این امر خسارات جانی و مالی زیادی را می تواند به بار آورد. خوردگی در کارخانجات و صنایع مختلف باعث نشت مواد باارزش، توقف بی مورد روند تولید، کاهش بازده تولید ، تعویض زود هنگام قطعات و سبب آسیب‌های زیست محیطی می گردد که ایمنی تجهیزات را نیز با تهدید رو به رو می کند.

۴-۱- جنبه های خسارت اقتصادی

برآورد دقیق زیان های خوردگی به دلیل وسعت و دامنه ی مسائل، میزان خسارت های وارده، مخارج لازم جهت کنترل خوردگی و... کاری بسیار دشوار است.

هزینه های خوردگی را می توان به دو بخش تقسیم نمود:

الف) هزینه های مستقیم

هزینه های مستقیم کنترل خوردگی شامل بازرسی، استفاده از بازدارنده ها، پایش خوردگی، نگهداری پوشش، تعویض قطعات پوسیده ، تعمیر، نگهداری و بازسازی ماشین آلات است. در ارزیابی های اقتصادی خوردگی ، اکثر تحقیقات و مطالعات بر هزینه های مستقیم متمرکز شده است.

ب) هزینه های غیر مستقیم

هزینه های غیر مستقیم شامل افزایش تعداد دفعات تعمیر یا افزایش سطح تغییرات ، تاخیر در تولید و توقف غیر منطقی واحدهای تولیدی است.

در واقع هزینه های واقعی شکست قطعات و تجهیزات صنعتی ، بسیار بیشتر از هزینه های جایگزینی قسمت های تخریب شده است ، زیرا هزینه های غیر مستقیم شکست قطعات می تواند بسیار سنگین تر از هزینه های مستقیم باشد. متاسفانه تخمین هزینه های غیر مستقیم در بخش های مختلف صنعتی بسیار مشکل است.

پاره ای از عواملی که باعث ایجاد هزینه های غیر مستقیم می شوند عبارتند از :

- خواباندن ماشین آلات و تجهیزات خط تولید به دلیل نیاز به تعویض و بازسازی بخش هایی که دچار خوردگی شده اند
- نشت مواد سمی و آلودگی محیط زیست
- از دست رفتن مواد در نتیجه خوردگی مخازن نگهداری آن ها
- تعمیرات غیر قابل پیش بینی و تعویض زودرس قطعات
- کاهش کیفیت در بهره وری تجهیزات و ماشین آلات

۴-۲- رعایت اصول ایمنی

در نظر گرفتن نکات ایمنی به خصوص در تجهیزات حامل از قبیل مخازن تحت فشار، مبدل های حرارتی، دیگ های بخار، رآکتورهای شیمیایی ، توربین های بخار و گاز، قطعات هواپیما، پل ها و .... امری ضروری و حیاتی است.

جدول ۱-۱ نمونه ای از خسارات خوردگی و حوادث گوناگون در صنایع نفت کشور

سال	محل	حادثه	دلیل احتمالی	نتایج و خسارت
۱۳۷۶	پالایشگاه اراک	انفجار و آتش سوزی در واحد آیزوماکس	خوردگی در سیستم و اشتباه و طراحی	کشته شدن ۹ نفر، مجروح شدن تعدادی از پرسنل و خسارت مالی
۱۳۷۶	تاسیسات نم زدایی گیر سلیمانی	آتش سوزی و انفجار	نازک شدن لوله ۶ اینچ محتوی گاز طبیعی دارای ۲۵ ٪ هیدروژن سولفوره	کشته شدن تعداد ۴ نفر از کارکنان و ایجاد خسارت هنگفت مالی
۱۳۷۷	پالایشگاه آبادان	نشت مواد نفتی و آتش سوزی در کوره ثانویه واحد تقطیر شماره ۸۰	خوردگی داخلی لوله ها و تقلیل ضخامت دیواره	تعویض لوله های معیوب و توقف عملیات در طول تعمیرات و بازسازی
۱۳۷۷	چاه شماره ۴۰ منطقه سلمان جزیره لاوان	ترکیدن و آتش سوزی لوله رایزر چاه	نازک شدن لوله رایزر چاه در اثر خوردگی خارجی	یک هفته توقف تولید و تعویض بخشی از لوله
۱۳۷۷	واحد تقطیر ماره ۷۰ پالایشگاه آبادان	انفجار در کوره	خوردگی تیوب ها کوره ناشی از نفت خام ترش	هزینه های تعمیراتی، تعویض تیوب ها و کاهش تولید
۱۳۷۷	خط لوله ۱۲ اینچ اتقال فراورده های نفتی بوشهر	سوراخ شدن خط لوله در هفت منطقه	خوردگی داخلی	هدر رفتن مواد نفتی که مقدار آن در هنگام تحویل در دو مورد ۲۰۵ و ۴۵۶ بشکه گزارش شده است
۱۳۷۷	خط لوله ۲۴ اینچ اهواز آبادان	سوراخ شدن خط لوله	خوردگی خارجی	هدر رفتن حدود ۲۳ بشکه نفت خام
۱۳۷۷	تولید مناطق دریایی	سوراخ شدن شیر تخلیه لوله ۴۸ اینچ	خوردگی داخلی	هدر رفتن حدود ۵۵ بشکه نفت خام
۱۳۷۷	شرکت نفت فلات قاره	سوراخ شد کف مخزن شماره ۸۸ نفت خام	خوردگی داخلی	هدر رفتن حدود ۸۶ بشکه نفت خام
۱۳۷۷	منطقه خارک	سوراخ شدن خطوط ۴۲ و ۴۸ اینچ و سرریز شدن مخزن شماره ۷	خوردگی داخلی به علت وجود آب نمک در نفت خام	نشت مقدار زیادی نفت خام
۱۳۷۸	منطقه نفت خیز خارک	سوراخ شدن لوله های ارتباطی مخزن ذخیره سازی نفت خام	وجود آب نمک به همراه نفت خام و خوردگی داخلی	خارج شدن نفت خام از لوله
۱۳۷۸	خطوط لوله و مخابرات	ترکیدن خط لوله ۲۶ اینچ نفت خام اهواز- ری	خوردگی و بالا رفتن فشار خط	هدر رفتن تقریبی ۳۵۰۰ بشکه نفت خام
۱۳۷۸	اهواز	نشت و اتش سوزی و انفجار در خطوط لوله گاز	خوردگی لوله و عدم کنترل آن	مجروح شدن و سوختگی حدود ۷۰نفر از پرسن، خسارت مالی و توقف بهره برداری
۱۳۷۸	منطقه بهرگان مدیریت تولید مناطق دریایی	آتش سوزی پیش گرم کن یک	خوردگی داخلی توسط آب نمک همراه نفت خام	خسارت کلی و توقف عملیات

جدول ۱-۲ خسارات حوادث و هزینه های ناشی از خوردگی در چند کشور صنعتی

سال	محل	حادثه	خسارت	هزینه (میلیون دلار آمریکا)
۱۹۹۲	آمریکا- لوئیزینیاوستلاک	نشتی داخل لوله راکتور بر اثر خوردگی لوله، منجر به انفجار لوله راکتور در واحد ساخت اوره شد.	-	۳۰-۲۵
۱۹۹۲	آمریکا – کالیفرنیا- ویلمینگتون	انفجار در واحد فناوری هیدروژن	کاهش تولید کارخانه تا ۵۰ درصد به مدت ۸ ماه	۷۳/۳- ۹۶
۱۹۹۲	ژاپن- سودگوار	از کار افتادگی مبدل حرارتی باعث آزاد شدن هیدروژن و شعله ور شدن آتش و انفجار شد.	-	۲۵-۳۰
۱۹۹۶	آمریکا- ساکرامانتو	از کار افتادن خط لوله روی زمین به علت خوردگی	از بین رفتن ۲۲۸۰۰ گالن سوخت	۲۷-۳۳
۱۹۹۷	هند- ویساخاپانتام	بر اثر نشتی منبع ذخیره و خطوطی لوله،گاز سنگین تر از هوا روی زمین پخش و شعله ور شد.	۵۰ نفر کشته و ۲۷ نفر زخمی	۶۴
۲۰۰۰	آمریکا- تگزاس	خط لوله با قطر ۲۸ اینچ به علت خوردگی خارجی از کار افتاد.	هدر رفتن ۱۳۴۰۰ گالن گازوئیل	۴۰
۲۰۰۰	آمریکا- کنتاکی	به علت ترک خط لوله که بر اثر خوردگی ایجاد شده بود خط لوله از کار افتاد.	از بین رفتن ۱۱۶۴۴ گالن نفت خام	۷/۱
۲۰۰۰	آمریکا- نیو مکزیکو	خوردگی خط لوله انتقال گاز طبیعی ۵۰ ساله منجر به آزاد شد ن گاز و شعله ور شدن آن به مدت ۵۵ دقیقه	کشته شدن ۱۲ نفر	۱۰۰
۲۰۰۲	کویت- رادهیتن	نشتی خط لوله باعث انفجار عظیمی در مرکز جمع آوری نفت شد.	۴ کشته و ۱۸ زخمی و از کارافتادگی ۳ دستگاه از تجهیزات اصلی خط تولید	۲۰۰
۲۰۰۵	انگلستان- کیلینگ هلم	خوردگی سیستم خطوط لوله پالایشگاه، منجر به از کار افتادن خطوط لوله و آتش گرفتن و انفجار آن شد.	۲۴کشته و ۱۲۰ زخمی	۸۴/۲
۲۰۰۵	آمریکا- تگزاس	تماس یک منبع حرارتی با بخار هیدروکربن سنگین تر از هوا باعث انفجار عظیمی شد.	۱۵ کشته و ۱۷۰ زخمی	۳۰

۵–عوامل کلی تخریب های ناشی از خوردگی

میزان تاثیر عوامل مختلف در تخریب های ناشی از خوردگی به شرح زیر می باشد.

۱-۳ میزان تاثیر عوامل مختلف در تخریب های ناشی از خوردگی

ردیف	عامل تاثیر گذار در تخریب	میزان تاثیر در تخریب (برحسب درصد)
۱	طراحی، انتخاب مواد و فرآیند	۳۶
۲	فقدان دستور العمل های لازم	۱۶
۳	خطای انسانی	۱۲
۴	بازرسی ضعیف	۱۰
۵	چیدمان، نصب و هماهنگی ضعیف	۱۴
۶	عدم پیش بینی مواد ناخواسته	۸
۷	سایر موارد	۴

● **طراحی، انتخاب مواد و فرآیند**

همان طور که در جدول شماره ۱-۳ مشخص شده است ،طراحی غلط بیشترین سهم را در ایجاد تخریب دارد.

موارد مهم در طراحی عبارتند از:

- انتخاب مواد صحیح با توجه به دما ،محیط و...
- تعیین مشخصه های ابعادی با توجه به ظرفیت مورد نیاز و متغیرهایی مانند فشار و دما
- درنظر گرفتن مولفه های نیرو و گشتاور

عدم رعایت هر یک از موارد بالا، باعث ایجاد نیرو محرکه ای در راستای تخریب خواهد شد.

● **فقدان دستورالعمل های لازم**

دستور العمل هایی که در این زمینه باید بعد از طراحی و ساخت رعایت شوند عبارتند از:

- دستورالعمل نصب صحیح
- دستورالعمل تعمیر و نگهداری
- دستور العمل های بهره برداری و فرآیندی

به طور مثال یکی از مواردی که رعایت آن نیاز به دستورالعمل دارد، شناخت و میزان دوز مصرف مواد شیمیایی نگهدارنده و پایش آب می باشد.

- **خطای انسانی**
  - مراحل طراحی ساخت، نصب، تعمیر و نگهداری
  - بازرسی فنی
  - نیروی انسانی غیر متخصص یا آموزش ندیده

- **بازرسی ضعیف**

- **چیدمان، نصب وهماهنگی ضعیف**

- **عدم پیش بینی موارد ناخواسته**

به عنوان مثال:تغیر شرایط محیطی، یکی از علل عمده موارد پیش بینی نشده در مسائل طراحی می باشد.

- **سایر موارد**

مواردی مانند سرعت سیال، عایق کاری و ... در این تخریب تاثیر چشمگیری دارند.

۶– مروری بر خوردگی در مناطق مختلف

با توجه به شرایط اقلیمی و تنوع آب و هوایی ایران، مناطق خورنده زیادی در کشور وجود دارد. خلیج‌فارس و دریای عمان از خورنده‌ترین آب‌های دنیا هستند. در مرکز ایران محیط‌های کویری و صنعتی و در شمال اتمسفر بارانی شرایط مناسبی برای تشدید خوردگی تجهیزات فراهم آورده است.

همان‌طور که گفته شد خوردگی پدیده‌ای است که در اکثر صنایع و محیط‌ها اتفاق می‌افتد، از این رو هیچ صنعتی نمی‌تواند از خوردگی در امان باشد.

۷– مدیریت خوردگی

مدیریت خوردگی اقدامی است به‌منظور سازمان‌دهی فعالیت‌های خوردگی و روش‌های کنترل آن‌که در مهروموم‌های اخیر جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است.

با گسترش روزافزون فناوری‌های جلوگیری از خوردگی ،انتخاب روش‌های مناسب برای کنترل خوردگی در یک واحد خاص، نیاز به اجرای یک برنامه مدون و جامع به نام مدیریت خوردگی ضروری به نظر می‌رسد. مدیریت خوردگی مجموعه‌ای از روش‌ها و راهکارهایی است که در یک سیستم برای جلوگیری از خوردگی اعمال می‌شود تا از نظر اقتصادی روش‌های مقابله با خوردگی بهینه شود.

طبق گزارش انستیتو باتل، با اعمال ساده دانش و تکنولوژی موجود، از یک‌سوم هزینه‌های خوردگی صنایع جلوگیری به عمل می‌آید .

نکته دیگری که اغلب مورد غفلت قرار می‌گیرد این است که خسارت غیرمستقیم خوردگی در برخی موارد به‌مراتب بیشتر از خسارات مستقیم آن است.

به‌عنوان مثال: تعویض پروانه پمپ سانترفیوژ نه‌تنها هزینه‌ای برای تعمیر خود قطعه ایجاد می‌کند، بلکه قطع جریان در فرآیند بازبسته شدن پمپ و هزینه دستمزد را نیز به دنبال دارد.

علاوه بر این خسارت هدر رفتن مواد و آلودگی‌های ناشی از آن باعث مشکلات زیادی در رابطه با ایمنی و محیط‌زیست می‌گردد.

* پیشگویی آهنگ خرابی تجهیزات براثر خوردگی و تخمین هزینه‌های آن می تواند تا حدود زیادی از ضررهای وارده جلوگیری کند.

**مدیریت خوردگی به ارائه روش های پیش گیرانه و برداشتن گامهای راهبردی در دو حوزه غیرفنی و فنی می پردازد.

الف)مدیریت خوردگی در حوزه های غیرفنی

۱)افزایش آگاهی از هزینه های هنگفت خوردگی و صرفه جویی در این هزینه ها و بکارگیری صحیح فناوری های موجود و کاهش هزینه ها می گردد.

از این رو بسیاری از مشکلا ت خوردگی در نتیجه فقدان آگاهی از مدیریت خوردگی و مسئولیت برابری اشخاص در تبادل عملیات بازرسی، تعمیر و نگهداری سیستم مهندسی است.

۲)تغییر خط مشی ها، آیین نامه ها، استانداردها و شیوه های مدیریتی جهت کاهش هزینه های خوردگی

۳)اصلاح و آموزش مستمر کارکنان جهت معرفی و بازشناسی کنترل خوردگی

۴)تغییر و اصلاح کژاندیشی و باور غلط تسلیح پذیری در مقابل خوردگی و اتخاذ تصمیم های جدید در راستای جلوگیری از این پدیده

ب)مدیریت خوردگی در حوزه های فنی

راهبرد پیشگیرانه در حوزه‌های فنی از اهمیت بالایی برخوردار است.

۱)استفاده از روش های طراحی پیشرفته به منظور مدیریت بهتر خوردگی

۲)ارتقا روش های پیش بینی عمر تجهیزات و ارزیابی عملکرد آنها از طریق آشنایی با فناوری های جدید خوردگی

به طور خلاصه مزایای استفاده از مدیریت خوردگی در صنایع و کارخانجات صنعتی عبارتند از:

۱)کاهش هزینه ها

۲)کاهش آسیب ها وخطرات

۳)کاهش در توقف های پیش بینی نشده دستگاه ها

۴)افزایش بهره وری و دسترس پذیری دستگاه ها

۸– نقش فناوری در مدیریت خوردگی:

می توان با استفاده از روشهای علمی و دستاوردهای جدید فناوری در مدیریت خوردگی، خوردگی را در بسیاری از صنایع کنترل نمود که این امر مستلزم ایجاد آگاهی و عزم جدی برای پیشگیری وکنترل خوردگی در میان مهندسین و کارشناسان خوردگی است.

اعمال درست و دقیق مدیریت خوردگی و استفاده از فناوری‌های نو در این حوزه میتواند از بروز سالانه میلیاردها تومان خسارت در مراکز صنعتی جلوگیری نماید.

محققان و پژوهشگران مختلف، انواع گوناگونی از خوردگی را به‌عنوان سازوکارهای مهم‌تر خوردگی معرفی کرده‌اند. بنابراین طبقه‌بندی یکسانی برای انواع خوردگی توسط مؤلفان و پژوهشگران مختلف ارائه نگردیده است.

۹– شکل‌های خوردگی

تعریف واژه خوردگی می‌تواند به‌صورت کلی و یا آن‌گونه که به‌طور عام و یا به‌طور خاص کاربرد دارد (وابسته به منظری که به آن نگریسته می‌شود) تعریف گردد. به‌عنوان‌مثال، در سیستم‌های آبی، خوردگی به‌صورت یک فرآیند الکتروشیمیایی تعریف می‌شود. در اصطلاح کلی‌تر، خوردگی به‌عنوان تخریب یک ماده به علت وجود یک محیط تعریف می‌شود. مزایایی در این تعریف کلی وجود دارد. محیط، می‌تواند آب، هوا، دی‌اکسید کربن، سیالات آلی، نمک‌های مذاب، گازهای گوگردی و غیره باشد.

در مورد موادی که در معرض خوردگی هستند باید گفت تمامی موادی که در مهندسی کاربرد دارند همچون فلزها، پلاستیک‌ها، لاستیک‌ها، اجرام یونی و کووالانسی، سیالات مافوق سردکننده، توده‌هایی مانند بتون، چوب و مواد کامپوزیت، در شمول موضوع قرار دارند، هرچند این بحث، عمدتاً با فلزات ارتباط دارد.

خوردگی می‌تواند به شکل‌های زیادی ظاهر شود همچون: خوردگی یکنواخت یا عمومی، خوردگی گالوانیکی، خوردگی شکافی، خوردگی حفره‌ای، خوردگی مرزدانه ای، خوردگی انتخابی، خوردگی سایشی، خوردگی تنشی، خوردگی خستگی و خوردگی فرسایشی.

به‌منظور درک بیشتر مهندسان خوردگی و مهندسان طراح، دو بستر درخصوص مدلهای خوردگی شامل ذاتی و فرعی به وجود آمده است.

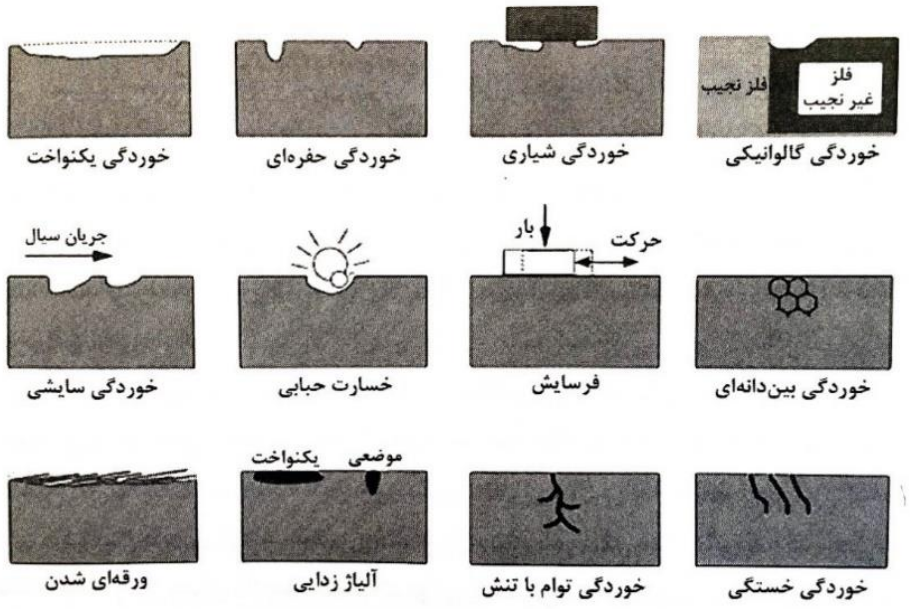
مدل‌های ذاتی خوردگی که مستقل از شرایط طراحی اتفاق می‌افتد عبارت‌اند از:

- خوردگی عمومی (**Uniform Attack**)
- خوردگی حفره‌ای (**Pitting Corrosion**)
- خوردگی مرزدانه‌ای (**Inter Granular Corrosion**)
- خوردگی انتخابی (**Selective Corrosion**)
- خوردگی تنشی (**Stress Corrosion**)

و مدل‌های فرعی که تحت تأثیر طراحی قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

- خوردگی شکافی (**Crevice Corrosion**)
- خوردگی گالوانیکی (**Galvanic Corrosion**)
- خوردگی سایشی (**Abrasion Corrosion**)
- خوردگی فرسایشی (**Erosion Corrosion**)
- خوردگی خستگی (**Fatigue Corrosion**)

همچنین، یادآوری این نکته مفید خواهد بود که درون یک شکاف، ممکن است مدل‌های ذاتی خوردگی مانند خوردگی عمومی، خوردگی حفره‌ای، خوردگی انتخابی، خوردگی مرزدانه‌ای، یا خوردگی تنشی اتفاق افتاده باشد که این موضوع بایستی توسط مهندس طراح که شکاف را از بین می‌برد، موردتوجه و مطالعه قرار گیرد.



نمونه هایی از انواع دیگر خوردگی

- **خوردگی زیر رسوبی**

این نوع خوردگی هنگامی روی می دهد که سطح فلز به وسیله رسوبات و یا هر جسم خارجی دیگری پوشیده شده باشد. این وضعیت می تواند سبب به وجود آمدن خوردگی شیاری گردد.

در صورتی که رسوب تشکیل شده بر روی سطح فلز، رسانای جریان الکتریکی نیز باشد احتمال پدید آمدن خوردگی گالوانیکی نیز وجود دارد.

عدم استفاده از مواد شیمیایی مناسب و نداشتن کنترلی پیوسته می‌تواند منجر به تشکیل رسوب در سیستم برج های خنک کننده باز برگشتی گردد اولین مشکلی که رسوب حتی در ضخامت کم ایجاد می‌نماید عدم انتقال حرارت بنحو مطلوب است که نتیجه آن کاهش مشخصات فیزیکی در فرآیند می‌باشد. به هر حال رسوب بصورت مستقیم و غیرمستقیم موجب خوردگی می‌گردد. خوردگی مستقیم آن زمانی اتفاق خواهد افتاد که رسوب محتوی مواد خورنده باشد.در این حالت فعل و انفعالات مربوطه بین فلزدر زیر رسوب، مورد حملهقرار گرفتن لایه محافظ سطح فلز و مواد توسط محصولات خوردگی است. هر دو نوع از خوردگی زیر رسوب می‌تواند در اثر پیل‌های غلظتی خوردگی، مخصوصا نوع غیرمستقیم آن باشد. وجود یک دوره خوردگی به صورت همیشگی برقرار می‌باشد زیرا فلزی که از طریق خوردگی به هدر می‌رود تشکیل رسوبات اضافی جدیدی می‌نماید که به نوبه خود باعث تشکیل پیل‌هایمتفاوتی از هوا گردیده که منجر به خوردگی بیشتر می‌شود. توقف خوردگی زیررسوبی زمانی امکان‌پذیر می‌باشد که قادر به تشکیل فیلم محافظی ازخوردگی در سطح فلز مورد تماس با رسوب بوده و بتوانیم یک آند کوچک را که داخل یک منطقه وسیع کاتدی تشکیل گردیده است حذف، تا با منطقه کاتدی مجاور خود پلاریزه گردد. تامین یک سیستم خنک کننده تمیز جهت پیشگیری از اتلاف حاصله از کارافتادگی دستگاه‌های مهم، کاری اساسی است. محل‌های دارای جریان کم مستعد دچار شدن به این مشکل از خوردگی می‌باشند زیرا با ته‌نشین شدن مواد معلق دراین محل‌ها، موجب تشکیل رسوب زیاد و متعاقبا دستخوش حملات خوردگی خواهند شد.

این مشکل در موردسطوح مبادله حرارت که رسوب موجب عدم انتقال آن به طور غیر مساوی می‌گردد چندین برابر باعث اختلاف درجه حرارت گردیده و منجر بهتشکیل پیل خوردگی می‌شود که در آن محیط خنک‌تر نسبت به محیط گرمتر بصورت کاتد عمل خواهد کرد.

- **خسارات هیدروژنی**

خسارات هیدروژنی ، شکل هایی از فرسایش ناشی از محیط هستند که در نتیجه تاثیر ترکیبی هیدروژن و تنش های کششی باقیمانده یا اعمالی به وجود می آیند.

خسارات هیدروژنی برای برخی از آلیاژهای خاص به صورت ترک خوردن، تاول زدن، تشکیل هیدرید و کاهش استحکام کششی بروز می نماید.

خسارات هیدروژنی را می توان به صورت های زیر تقسیم بندی کرد:

- تردی هیدروژنی
- تاول زدن هیدروژنی
- کربن زدایی
- حمله هیدروژنی

- **خوردگی میکروبی**

احیا کننده های سولفات

گروهی از باکتری های بی هوازی اجباری هستند که برای زندگی به اکسیژن نیاز ندارند و انرژی لازم برای رشد خود را از اکسیداسیون مواد آلی همراه با احیای سولفات به دست آورده ، به جای اکسیژن موادی نظیر سولفات ، گوگرد و سایر ترکیبات گوگردی اکسید شده را به عنوان پذیرنده ی نهایی الکترون مصرف نموده و آن ها را به سولفید احیا می کنند.

اشکال این باکتری ها شامل خمیده، بیضوی، کروی و رشته ای می باشند. اکسیژن باعث غیرفعال شدن این گونه باکتری ها می گردد.

راه ساده تشخیص وجود این گونه باکتری ها در تاسیسات:

سولفید آهن (FeS) به رنگ سیاه می باشد که برای تشخیص آن چند قطره اسید کلریدریک به آن اضافه می نماییم، چنان چه بوی تخم مرغ گندیده از آن متصاعد شود ، مشخصه باکتری های SRB می باشد.

به منظور انجام واکنش احیاء چهار عامل زیر باید همزمان وجود داشته باشد:

۱-باکتری های احیا کننده سولفات (SRB)

۲-ترکیبات سولفاته

۳-منبع انرژی خارجی در شکل الکترون آزاد

۴-درجه حرارت آب زیر ۶۵ درجه سانتی گراد

روش های کاهش باکتری های احیا کننده سولفات SRB:

۱- درجه حرارت آب بالاتر از ۶۵ درجه سانتی گراد نگهداشته شود.

۲- حذف هوای محلول در سیستم های گرمایشی و سرمایشی برای کاهش خوردگی فلز آهن و تزریق مواد ضد اکسیژن

۳- تخلیه مخازن و کویل های خنک کننده در شروع فصل سرما

۴- چرخش محتویات شبکه راکد درکل سیستم آب گرم و سرد بطور متناوب و دوره ای مخصوصا زمانی که شبکه از سرویس خارج است.

۵- شستشوی شیمیایی خطوط سیستم های آبی اگر حاوی مقادیر قابل توجه ای از رسوبات خوردگی هستند.

راه‌های پیشگیری از خوردگی:

- حفاظت کاتدی
- حفاظت آندی
- انتخاب مواد مناسب (متالوژی)
- پوشش
- طراحی
- تغییر محیط و بازدارندگی خوردگی یا (بازدارنده ها)

بازدارنده خوردگی:

هر فرآیند تأخیر در خوردگی، بازدارندگی خوردگی است. به‌طورکلی بازدارندگی خوردگی به معنای کاهش نرخ اکسایش فلز یا افزودن یک ترکیب شیمیایی است که در تماس با محلول در سیستم خواهد بود. بازدارنده خوردگی ممکن است به‌صورت مایع، بخار و یا هر دو صورت اضافه‌شده باشد. به‌طور خاص ، بازدارنده خوردگی یک ترکیب شیمیایی است که به فاز مایع – به‌گونه‌ای که روی سطح فلز تأثیرگذار باشد- اضافه می‌گردد.

دو فرآیند در واکنش بازدارنده روی سطح فلز وجود دارد. مرحله نخست انتقال بازدارنده به سطح فلزی است و مرحله دوم، برهم‌کنش میان بازدارنده و سطح فلز را در بردارد.

انتقال بازدارنده به سطح فلز و اجزایی که در بازدارندگی با سطح ، واکنش داده و چگونگی شیمی سیستم که تحت تأثیر اجزای فعال بازدارنده موجود قرار می‌گیرند، عوامل اساسی حاکم بر فرآیند بازدارندگی خواهند بود. شدت‌جریان، دما، حلالیت، پایداری بازدارنده، خواص اجزای متصل و تغییرات در شرایط خورندگی، میزان تأثیر بازدارنده را مشخص می‌کنند. همچنین یادآوری این نکته لازم است که عواملی همچون حفره ، دما و شدت‌جریان سیال و سطح‌رویی فلز از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است.

عوامل مؤثر در بازدارندگی

- طبیعت سطح فلز
- ترکیب شیمیایی محیط
- غلظت بازدارنده
- pH محیط
- درجه حرارت
- تأثیرات میکروارگانیسم ها
- تشکیل رسوب
- سرعت حرکت مایع و هوادهی
- روئین کننده ها
- خنثی کننده ها (آمین های خنثی ساز)
- آمونیاک به عنوان بازدارنده دیگ های بخار، آب سرد کن، آب تازه، فاز بخار

با توجه به مطالب عنوان‌شده و میزان خسارات ناشی از خوردگی به صنایع در جهان و نیز ایران، شرکت پژوهشی صنعتی آبریزان در مسیر تحقیقات خود به پژوهش درباره راهکاری جهت کاهش ضررهای خوردگی در صنایع پرداخت و با اختراع محلولی که علاوه بر رسوب برداری قابلیت ضد خوردگی نیز داشته باشد؛ توانست گام بزرگی در جهت کاهش هزینه ناشی ازخوردگی در صنایع بزرگ بردارد.

پایش خوردگی

خسارات جبران ناپذیر پدیده خوردگی در صنایع مختلف و تحمیل زمان اضافی و هزینه های گزاف تعمیر و نگهداری بر کسی پوشیده نیست. پایش خوردگی که به عنوان یکی از ابزارهای قدرتمند در مدیریت خوردگی به حساب می آید، یک روش دقیق در بررسی لحظه ای میزان خوردگی تجهیزات و تأسیسات در محیط های صنعتی و طبیعی بوده و به عنوان عاملی هشدار دهنده یا اطمینان بخش برای صاحبین صنایع در زمینه خوردگی عمل می کند. ادوات پایش خوردگی در صورت عملکرد صحیح، افزایش طول عمر تجهیزات صنعتی، افزایش سطح ایمنی و کاهش هزینه های مستقیم و غیر مستقیم خوردگی را در بردارند.

پایش خوردگی به روش های مختلف بر حسب شرایط سیال و محل نصب و ... انجام می گیرد که معمولا عبارتند از:

۱– پایش خوردگی به روش پروب اندازه گیری مقاومت پلاریزاسیون (LPR)

اندازه گیری مقاومت پلاریزاسیون، تنها روش الکتروشیمیایی متداولی است که امکان اندازه گیری نرخ خوردگی را به صورت لحظه‌ای فراهم می کند. هرچند استفاده از این روش تنها در الکترولیت های هادی امکان پذیر است، زمان پاسخگویی مناسب و کیفیت داده های بدست آمده ، آن را نسبت به روش های دیگر متمایز ساخته اند.این روش خصوصا هنگامی که به شناسایی سریع تغییرات ناگهانی در نرخ خوردگی و انجام عکس العمل مناسب نیاز باشد مفید واقع می شود. از این روش به مدت سی سال در صنایع وابسته به آب استفاده شده و نتایج حاصله تا کنون موفقیت آمیز بوده است. استفاده از این روش در صنایع زیر متداول است:

- سیستم های خنک کننده آبی
- سیستم های احیای ثانویه
- صنایع تصفیه و توزیع آب آشامیدنی
- صنایع مرتبط با شیرین سازی آمین ها
- صنایع فاضلاب
- صنایع استخراج فلزات
- صنایع مرتبط با خمیر کاغذ و کاغذ
- صنایع تولید هیدروکربن ها با آب آزاد

۲– پایش خوردگی به روش پروب های مقاومت الکتریکی

پروب های مقاومت القایی(IR) ، نرخ خوردگی را به کمک اندازه گیری تغییرات سیگنال AC که در اثر کاهش ضخامت سنسورها رخ می دهد فراهم می کنند. از مزایای این روش می توان به حساسیت بالا و پاسخ دهی سریع اشاره نمود. در حال حاضر از این روش به شکل گسترده ای در صنایع مختلف استفاده می شود. سنسورها می توانند در شکل های مختلف از جمله تیوبلار و تخت ، برای پایش خوردگی تحت زوایای متفاوت ساخته شوند .

۳– پایش خوردگی به روش پروب های هیدروژنی (پایش نفوذ هیدروژن)

در محیط های اسیدی، هیدروژن به عنوان محصول جانبی فرآیندهای خوردگی تولید می شود. هیدروژن اتمی نفوذ کرده می تواند در محل عیوب داخلی جداره فلزی انباشته شده و با ترکیب شدن اتم ها به شکل مولکولی درآمده و موجب تاول زدن هیدروژنی قطعه گردد. همچنین اتم های هیدروژن می توانند با نفوذ به نواحی پرتنش موجب ترک خوردن ناشی از هیدروژن، وقوع تردی هیدروژنی و حمله هیدروژنی شوند. جذب هیدروژن توسط جداره لوله خصوصا در صورت وجود سولفیدها و یا سیاندها در سیال، تشدید می گردد. پروب های هیدروژنی می توانند میزان هیدروژن موجود در سیال را به کمک روش های مکانیکی (سنجش فشار یا خلا ناشی از انباشته شدن هیدروژن نفوذی) و یا الکتروشیمیایی اندازه گیری نمایند .

۴– پایش خوردگی به روش پایش سایش

پایش سایش در خطوط لوله

از این پروب ها برای شناسایی میزان سایش در خطوط لوله که در اثر ذرات ساینده مانند ماسه ایجاد می شود استفاده می گردد. انتهای پروب به یک سیستم دسترسی فشار بالا از نوع T به کمک یک پلاگ توپر و مهره مخصوص اتصال داده می شود. در انتهای دیگر پروب، تیوبی با ضخامت پایین که کاملا آب بندی شده قرار دارد (برای به حداقل رساندن تاثیر خوردگی الکتروشیمیایی، بدنه پروب از جنس فولاد ضد زنگ ساخته می شود). با برخورد ذرات ساینده به تیوب جداره آن سوراخ شده و فشار داخل پروب بالا می رود. فشار تولید شده به کمک یک گیج فشار اندازه گیری میشود. میتوان به کمک اتصال سنسورهای الکترونیکی به یک هشدار دهنده از لحظه وقوع تخریب در سیستم آگاه شد.

۵– پایش خوردگی به روش پروب بیولوژیکی

از بایو پروب ها برای نمونه برداری باکتری های موجود در سیستم های تولید نفت و گاز استفاده می شود. خوردگی فلزات بیشتر تحت تاثیر باکتری های چسبیده به سطح فلز قرار می گیرد تا باکتری های درون سیال. در واقع تنها باکتری هایی که روی سطح تجمع می کنند (sessile)موجب خوردگی می شوند. بنابراین یک برنامه کنترل خوردگی مادامی که موجب از بین رفتن باکتری های چسبیده به سطح نشوند موثر نخواهد بود. با نصب این پروب ها باکتری هایی که در خطوط لوله، مخزن ها، چاه ها و سیستم های آبی مشکل ایجاد می کنند بر روی سطح المنت نمونه بردار پروب نیز می نشینند. به دلیل سازگار بودن این پروب ها با فشار بالا، از آنها به عنوان روشی موثر و اقتصادی برای نمونه برداری عوامل بایولوژیکی استفاده می شوند.

۶– پایش خوردگی در چاه عمیق

خوردگی درون چاه عمیق و از کار افتادگی کیسینگ (لوله جداری) چاه می تواند موجب کاهش عمر سازه و افت بازدهی در استخراج از چاه عمیق گردد. این مسئله موجب افزایش هزینه های تحمیلی می گردد. بنابراین به کارگیری راهکارهای کنترل خوردگی برای افزایش ایمنی کاملا ضروری است. در این راستا سیستم پایش خوردگی چاه عمیق، سرعت خوردگی را به صورت آنلاین اندازه گیری کرده و امکان ارزیابی روش های به کار گرفته شده کنترل خوردگی را فراهم می کند.

از مزایای این سیستم می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱. امکان ارزیابی دقیق و قابل اطمینان خوردگی در نتیجه استفاده از سیستم مقاومت القایی
۲. امکان استفاده در گستره فشار و دمای وسیع و امکان استفاده در هر عمقی
۳. پایش خوردگی، اندازه گیری دما، عمق و زمان به صورت همزمان
۴. قابلیت ذخیره داده ها در رایانه
۵. ساختار یکپارچه پروب و انتقال دهنده داده و در نتیجه امکان نصب و راه اندازی آسان تجهیز در چاه عمیق

۷– پایش خوردگی به روش کوپن کاهش وزن

از کوپن های خوردگی به عنوان راهکاری ارزان قیمت برای پایش نرخ خوردگی بر اساس روش کاهش وزن استفاده می شود. سادگی این روش موجب شده که از آن به عنوان مبنایی در بسیاری از برنامه های پایش خوردگی استفاده گردد. کوپن های خوردگی را می توان از انواع فلزهای تجاری رایج تولید کرد. همچنین با طراحی هندسی مناسب می توان گونه های مختلف خوردگی را در حالت های مختلف بررسی نمود.

واضح ترین روش ارزیای و سنجش خورندگی در یک سیستم برج خنک کن، در معرض قرار دادن یک نمونه فلز یا کوپن ساخته شده از جنس فلز بکار رفته در سیستم برای یک زمان معین در جهت جریان آب می باشد. کوپن ها از آلیاژهای خاص، که کاملا تمیز بوده و دارای وزن و سطح مقطع مشخص می باشند ساخته شده اند.

کوپن های خوردگی به علت آمادگی سطح آن و فعال بودن در پذیرش خورندگی، دارای حساسیت بالایی در مقابل، اولین خوردگی می باشد. در زمان نصب نبایستی کوپن ها با دست در تماس باشند.

همچنین در زمان دست زدن به کوپن ها استفاده از دستکشهای پلاستیکی شدیدا توصیه شده است. معمولا مدت زمان دست زدن به کوپن ها استفاده از دستکشهای پلاستیکی شدیدا توصیه شده است. معمولا در مدت زمان کوپن گذاری ۳۰ روز می باشد. کوپن گذاری در فاصله های زمانی طولانی ۹۰ روزه استفاده می شود. در این چارچوب زمانی (۹۰ روزه) می توان سه کوپن را طوری درون رک قرار داد که میزان خوردگی را در فواصل زمانی ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزه بدست اورد.

۸– پایش فیزیکی و شیمیایی آب

علاوه بر موارد بالا که روش هایی برای پایش و اندازه گیری نرخ خوردگی می باشند، می توان با پایش آب سیستم نیز وجود یا عدم وجود خوردگی در سیستم را مورد بررسی قرار داد. به عنوان مثال با اندازه گیری فلزات مختلف در آب نظیر آهن، مس و ... و مقایسه مقدار آن با آب خوراک و استانداردهای موجود برای هر سیستم (مانند استانداردهای ASME و ABMA برای بویلرها) می توان به وجود خوردگی در سیستم پی برد.

در ادامه برخی از استانداردهای پارمترهای مختلف چندین سیستم آورده شده است. همانطور که در این جدول آورده شده مقدار آهن مجاز برای بویلر کمتر از ppm ۰/۱ می باشد اگر در پایش آب بویلر مقدار آهن انداز گیری شده بیشتر از این مقدار باشد یکی از نشانه های خوردگی در سیستم است.

واحدهای مرسوم برای بیان سرعت خوردگی

۱- mpy به دلیل اهمیت کاهش ضخامت فلز در اثر خوردگی، میزان سرعت خوردگی بر حسب معیار هزارم اینچ در سال (mpy) استفاده می شود، یعنی در طول یک سال چه میزان از ضخامت جسم کاسته شده است.

آقای فونتانا در سال 1945 فرمول زیر را در مورد محاسبه ی سرعت خوردگی بر مبنای کاهش ضخامت بیان نمود:

$$mpy = 534W/DAT$$

در این رابطه W کاهش وزن نمونه بر حسب میلی گرم، D چگالی نمونه بر حسب گرم بر سانتی متر مکعب، A سطح نمونه بر حسب اینچ مربع و T زمان آزمایش بر حسب ساعت است.

لازم به ذکر است، این رابطه هنگامی معتبر است که سطح نمونه به طور کاملا یکنواخت خورده شده باشد و ضخامت قطعه در همه ی ابعاد به یک اندازه کاهش یافته باشد.

۲- mmd برای بیان سرعت خوردگی می توان درصد کاهش وزن را بر حسب میلی گرم بر دسی متر مربع در روز (mmd) بیان کرد. این معیار چندان مناسب نیست، چون در اکثر موارد محصولات حاصل از خوردگی (اکسیدها، هیدروکسید فلز و رسوبات) بر روی سطح فلز رسوب نموده و باعث افزایش وزن فلز بعد از انجام واکنش خوردگی می گردند که این امر باعث عدم حصول سرعت واقعی خوردگی میشود.

µm/year : عمق نفوذ خوردگی (میکرومتر در سال)

gr/m2.day : افت وزنی (گرم بر متر مربع در روز)

mm/year : عمق نفوذ خوردگی (میلی متر در سال)

۳- Ipy : عمق نفوذ خوردگی (اینچ در سال)

۴- Ipmo : اینچ در ماه

چنانچه میزان خوردگی کم تر از 0.005 ipy باشد، فلزات این گروه مقاومت بسیار خوبی در مقابل خوردگی دارند. از این فلزات برای ساخت قطعات حساس مثل نشیمنگاه داخلی شیرها و غیره استفاده می شود و اگر میزان خوردگی بین 0.05 ipy و 0.005 ipy باشد، فلزات این گروه را در مواردی که بتوانند خوردگی های موجود یا احتمالی را تحمل نمایند به کار می برند. مثلا در ساخت مخازن، لوله ها و بدنه ی شیرها از آن ها استفاده می کنند و بالاخره اگر خوردگی بیش تر از 0.05 ipy باشد این گروه از فلزات با توجه به مقاومت آن ها در برابر خوردگی رضایت بخش نبوده و لازم است که نسبت به تغییر جنس قطعات اقدام شود.

در مورد خوردگی های حفره ای معمولا کاهش وزن و یا کاهش ضخامت مطرح نیست بلکه برای این نوع خوردگی، عمق تعدادی از حفره ها را در واحد سطح (یک سانتی متر مربع) اندازه گیری می کنند و سپس عمق متوسط را به دست می آورند.

عمق عمیق ترین حفره/ عمق متوسط حفره ها= ضریب حفره ای شدن

در صورتی که عمق حفره ایجاد شده، بیش از 25 درصد ضخامت لوله باشد لازم است که نسبت به تعویض آن اقدام گردد و چنان چه عمق کم تر از 25 درصد و یا برابر 25 درصد ضخامت باشد می توان با جوش نقطه ای آن را پر نمود و سپس آن را پوشش داد و حفاظت کاتدیک بر روی آن اعمال نمود.

فصل سوم:

بررسی دلایل به وجود آمدن رسوب و اثرات مخرب آن بر تاسیسات و راه‌های پیشگیری و کنترل آن

آب مایه حیات و تداوم زندگی موجودات زنده، وابسته به آن است. همچنین آب عامل اساسی در پیدایش اجتماعات و تمدن‌های بشری است. امروزه حجم کل آب‌کره زمین که منبع زندگی تمام موجودات به شمار می‌رود از زمان تشکیل تاکنون، تقریباً ثابت و غیرقابل تغییر مانده است. این منابع آب حدود ۴/۵ میلیارد سال پیش به وجود آمده است. مقدار کل آب موجود در کره زمین ۱۶۵۰ میلیون کیلومترمکعب است، که تقریباً ۹۷ درصد از آن برای مصارف انسانی غیرقابل استفاده‌اند و تنها سه‌در صد منابع آب شیرین وجود دارد که در مجموع ۷۸درصد از منابع آب شیرین هم به‌طور مستقیم در دسترس نیستند به این دلیل که یا در یخچال‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی قرار دارند، یا اینکه آلوده‌شده‌اند. در یک قرن گذشته با افزایش جمعیت و بالا رفتن استاندارد زندگی، رشد اقتصادی و پیشرفت‌های صنعتی و توسعه کشاورزی، مصرف آب افزایش‌یافته و این امر منجر به کاهش سرانه آب‌شده است .در حال حاضر مصرف آب سه برابر شده که از این مقدار ۲۳۰ درصد ناشی از رشد جمعیت و بقیه نتیجه افزایش سرانه مصرف آب بوده است. در طول قرن گذشته بهره‌برداری از منابع آب جهان هفت برابر و مصارف صنعتی ۳۰ برابر شده است و تقاضا بر آب هرسال ۲/۳درصد افزایش می‌یابد. میزان متوسط بارش در ایران ۲۴۸ میلی‌متر یا ۴۱۳ میلیارد مترمکعب است. این میزان یک‌سوم متوسط بارش در جهان است.

به‌این‌ترتیب درحالی‌که یک درصد جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کنند، سهم ایران از منابع آب تجدید پذیر فقط ۳۶ صدم درصد است. از ۴۱۳ مترمکعب بارش سالانه ۲۶۹ مترمکعب هم به اشکال مختلف از دست می‌رود.

با توجه به اینکه ۹۲ درصد آب مصرفی در کشور مربوط به بخش کشاورزی است متوسط مصرف آب جهانی در بخش کشاورزی ۷۰ درصد است که این آمار نشان می‌دهد ایران ۲۲ درصد بیشتر از متوسط جهانی مصرف دارد.

سالانه در کشور ۹۵ میلیارد مترمکعب آب مصرف می‌شود که ۹۲ درصد آن در بخش کشاورزی، ۶ درصد در بخش شرب و خانگی روستایی و شهری، ۱/۵ درصد در بخش صنعت و ۵ درصد در بخش عمومی و پارک‌ها مصرف می‌شود.

مصرف ۹۲ درصد آب در بخش کشاورزی بسیار بالاست چرا که متوسط مصرف آب در جهان در بخش کشاورزی ۷۰ درصد بوده و حتی برخی از کشورها موفق شده‌اند این مصرف را به ۵۰ درصد کاهش دهند.

متوسط مصرف آب در بخش شرب در جهان ۱۰ تا ۱۲ درصد است درحالی‌که در کشور این میزان ۶ درصد است. اما مصرف آب در بخش صنعت بسیار پایین است که باید الگوی مصرف آب در بخش صنعت در اولویت قرار بگیرد منتها همین اتفاق باعث مشکلات عدیده‌ای در به وجود آمدن رسوب گردیده است که ضمن بررسی آن می‌بایستی نسبت به کنترل و پیشگیری از آن اقداماتی را مبذول داشت تا جایی که این تغییر نگرش منجربه تغییر الگو رفتاری گردد وپیشگیری ازتشکیل رسوب وکنترل سختی جایگزین اسیدشویی گردد.

رابطه مستقیم منابع آب و رسوب به‌طور مستقیم بر هم اثرگذار هستند بدین معنی که هر چه آب فراوان‌تر و در دسترس تر باشد کنترل و نگهداری از تاسیسات همراه بادانش فنی آسان‌تر شده و هزینه‌های جاری صنعتگران نیز کاهش میابد.

حال با توجه به منابع آبی بسیار کم و سختی آب که به‌واسطه چاه‌های آهکی که بیشتر منابع آبی صنعت گران را در ایران تشکیل می‌دهد شایسته هست که کنترل و نگهداری با روش‌های مدرن را جایگزین دستگاه‌های قدیمی کرده و ضمن بهره‌وری بالا در کلیه سیستم‌های حرارتی و برودتی در حفظ تاسیسات در برابر خوردگی دقت بیشتری به عمل بیاوریم.

در ادامه به بررسی مشکلات رسوب در صنعت و راهکارهای پیشین و مقایسه آن با محلول ارزشمند میتره می‌پردازیم.

تعریف واژه رسوب:

زمانی که از آب به عنوان یک سیال حرارتی استفاده می شود، املاح و سختی موجود در آب بر اثر شوک دما جدا شده و بر روی سطوح نشست کرده و رسوب ایجاد می شود . این رسوبات از مهمترین عوامل فرسایش و خوردگی در تاسیسات حرارتی و برودتی هستند. وجود رسوبات علاوه بر ایجاد فرسایش و خوردگی، مقدار قابل توجهی از انرژی را نیز به دلیل عدم تبادل حرارت به هدر داده و راندمان تاسیسات را کاهش می دهد.

اثر رسوب بر اتلاف انرژی موضوعی است که امروزه بیشتر مورد توجه قرار گرفته است به طوری که سالیانه ۴۵ میلیارد دلار هزینه اتلاف انرژی ناشی از رسوب در تمامی کشورها تخمین زده می شود که این رقم معادل 0.2 ٪ تولید خالص جهان است.

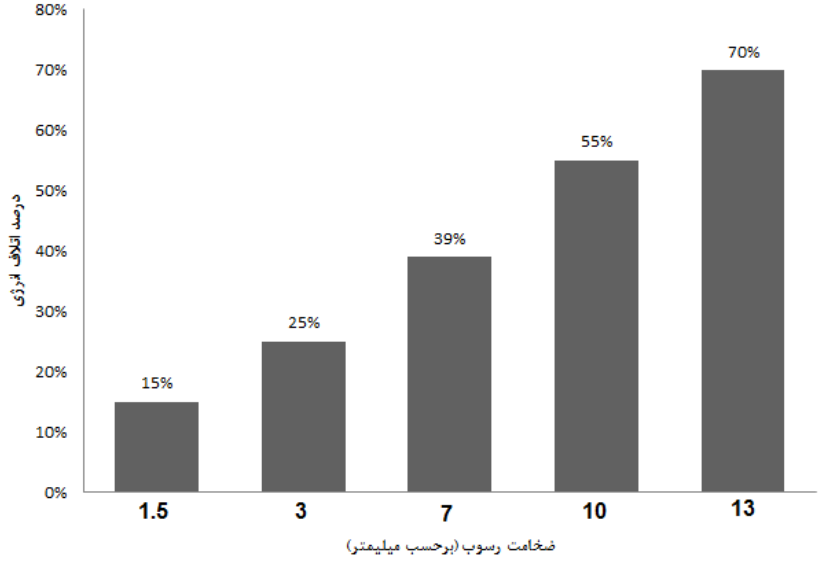
مشکلات ایجاد رسوب در تاسیسات:

افزایش رسوبات مشکلات و معضلاتی را در پی دارد که از عمده‌ترین آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- کاهش شدید انتقال حرارت سیستم
- کاهش سرعت و میزان آب در گردش سیستم
- خوردگی بویلرها و دیگر سیستم‌های حرارتی
- پایین آمدن کیفیت بخارآب تولیدی
- اتلاف مواد شیمیایی
- باقی گذاردن لکه روی محصولات و مواد غذایی و نساجی
- افزایش میزان حرارت و انرژی موردنیاز جهت عملکرد سرمایش و گرمایش
- کاهش شدید راندمان سیستم

جهت حذف رسوبات باقی‌مانده، متصدیان تاسیسات با هر نوع سیستم تصفیه پس از مدتی با میزان قابل‌توجهی از رسوبات روبرو خواهند شد که ناگزیر از انحلال آن‌ها هستند. از بین بردن رسوبات باقی‌مانده توسط اسید انجام خواهد شد.

در صنایع مختلف از مواد شیمیایی گوناگونی استفاده می‌گردد، اما در روش کلی استفاده مشابهت فراوانی وجود دارد.



نمودار درصد اتلاف انرژی با توجه به افزایش ضخامت رسوب

کنترل رسوبات آب خنک کننده

استفاده از زیرآب یک کارخانه[1] به عنوان بخشی از آب جبرانی جهت مجموعه برج خنک کننده موجب آلودگی های شیمیایی و حرارتی خواهد گردید. استفاده از مواد بازدارنده رسوب یک امر الزامی برای پیشگیری از رسوب و عواقب آن می‌باشد.

یک برنامه کنترل رسوب ضعیف ممکن است به مشکل عملیاتی مهم، هزینه های جاری و سرمایه‌ای قابل ملاحظه‌ای برای کارخانه منجر شود. تجمع رسوبات در سیستم‌های توزیع آب باعث تقلیل سطح مقطع جریان می‌گردد و در سطوح انتقال حرارت به عنوان یک لایه عایق عمل می‌کند. هر دو عامل مزبور در کاهش میزان انتقال حرارت دخالت دارند. رسوبات همچنین قادرند عمل خوردگی را از طریق تشکیل پیل‌های اختلاف غلظت اکسیژن تسریع کنند.

یک برج خنک کننده درمعرض تشکیل رسوباتی از منابع مختلف قرار دارد. مواد محلول و معلق موجود در آب ممکن است رسوب کرده و در سیستم ته نشین شوند. در سیستم‌های باز نظیر برج‌های خنک کننده، مواد فولانت موجود در آب موجب پیدایش مسائل دشوار می‌گردند زیرا که برج به عنوان تصفیه کننده هوا عمل می‌کند و به طریق فیزیکی، گرد و غبار و سایر مواد جامد معلق را از آن خواهد گرفت. همچنین ممکن است رسوبات از خود سیستم حاصل شود، لذا محصولات خوردگی و آلودگی حاصله از فرآیند تولید مثال‌هایی برای این موارد می‌باشند.

کربنات کلسیم، سولفات کلسیم، سیلیکات‌های کلسیم و منیزیم و فسفات کلسیم از متداول‌ترین ترکیبات یافت شده در سیستم‌های آب برج خنک کننده می‌باشند.

یقینا کربنات کلسیم متداولترین نوع رسوب شناخته شده‌ای می‌باشد که در سیستم‌های آب برج خنک کننده یافت می‌شود. این ماده، رسوب فوق العاده چسبنده و محکمی تشکیل می‌دهد. قلیاییت کربناته و بی‌کربناته تقریبا در همه آب‌های خنک کننده یافت می‌شود. اضافه شدن حرارت یا بالا رفتن سریع pH باعث می‌شود که بیکربنات کلسیم تجزیه گردیده و تشکیل دی اکسید کربن و کربنات کلسیم دهد. در حالیکه نمک بیکربنات قابلیت حل متوسطی دارد ولی حلالیت نمک کربنات بسیار کم می‌باشد. پیدا شدن رسوب کربنات کلسیم بر روی سطوح انتقال حرارت که آب خنک کننده در آنجا در معرض بیشترین گرما می‌باشد امری منطقی است. برای تعیین میزان تشکیل رسوب کربنات کلسیم در یک آب ازضریب لانژلیه[2] یا رایزنر[3] استفاده می‌شود.

سولفات کلسیم از دیگر ترکیبات موجود در آب می باشد که دارای قابلیت انحلال صدبار بیشتر از کربنات کلسیم می باشد و این واقعیت اساس کار استفاده از اسیدسولفوریک برای کنترل رسوبات گردیده است.یون سولفات جایگزین یون کربنات می‌گردند، نتیجه حاصله این است که می‌توان سیستم را با سیکل غلظتی بیشتر اداره کرد بدون اینکه از حدود قابلیت انحلال کربنات تجاوز گردد.

شیوه های کنترل رسوب

بهبودسازی‌های مرسوم

۱–نرم سازی

عمل مبادله یونی توسط رزین، اسمز معکوس (RO) و انجام نرم سازی آب به وسیله آهک و روش حذف مواد معدنی موجود در آب همگی باعث خارج شدن یون‌های رسوب‌ساز گردیده، و در نتیجه از تشکیل رسوبات که در اثر سختی معمولی آب در تجهیزات مربوط به خنک کننده ایجاد خواهد گردید جلوگیری به عمل می‌آورند.به جز روش نرم سازی آب به وسیله آهک، دیگر روش‌های بهبودسازی، معمولا گران وپرهزینه بوده، به طوری که این مشکل مانع از مورد استفاده قرار گرفتن روش‌های مزبور در سیستم‌های آب خنک کننده گردیده است. (البته در مورد برج‌های خنک کننده مدار باز).

---

[1] این امر موجب کاهش مصرف آب و بهبودسازی پساب‌ها با هزینه کمتر خواهد گردید.

[2] Langelier

[3] Ryzner

۲– استفاده از اسید

اسید یکی از قدیمی‌ترین وسیله بهبودسازی است که در صنعت به منظور کنترل تشکیل رسوبات بکار گرفته می‌شود. در استفاده از مقدار اسید باید دقت زیادی به عمل آید تا قلیاییت و pH مناسب جهت کنترل خوردگی و تشکیل رسوبات برقرار گردد. اسید سولفوریک یکی از متداولترین اسیدهای مورد استفاده در سیستم های خنک کننده است که همانطور که قبلا گفته شد سولفات جایگزین کربنات شده و ایجاد رسوب را تا حدی کاهش می‌دهد، از معایب استفاده از این اسید یکی می توانبه ایجاد خوردگی اشاره کرد و دیگری اینکه پیشگیری رسوب به طور صد در صد انجام نمی‌گیرد. سایر اسیدها نظیر اسیدکلریدریک، اسید نیتریک، اسید سولفامیک نیز اشاره کرد. اسیدکلریدریک باعث افزودن یون کلر به آب می‌گردد. یونکلر به شدت ورنده است وقادر است در لایه های غیرفعال اکسید فلز که بر روی سطوح فلز وجود دارد نفوذ کرده پیل‌های آنودی موضعی برقرار سازد. اسید نیتریک، یک عامل اکسنده قوی است و ممکن است باعث خوردگی گردد که محصولات این خوردگی یعنی نیتریت و نیترات‌ها خوراک‌های بیولوژیکی محسوب می‌گردند. اسید سولفامیک ممکن است تحت بعضی شرایط تجزیه شود.

تکنولوژی جدید بهبودسازی آب برج‌های خنک کننده بازبرگشتی استفاده از اسید را تا حد زیادی محدود نموده است زیرا pH در برج‌های خنک کننده قلیایی نگهداری شده و در بعضی موارد تا حدود ۹ افزایش می‌یابد. کنترل رسوب در این موارد با استفاده از مواد شیمیایی همراه با پلیمر صورت می‌گیرد. اکنون مواد شیمیایی جهت بهبودسازی آب برج‌های خنک کننده در استفاده از pH آزادبه بازار عرضه گردیده و از پایه آلی می‌باشد.

۳- بهبودسازی با جریان‌های جانبی

۴- عوامل پلیمری کنترل رسوبات

۵-لخته کننده‌ها

۶-پراکنده کننده ها

راههای پیشگیری از رسوب

- **رزین (سختی گیرهای رزینی)**
  - عملکرد ناقص و غیر متناوب در حذف سختی
  - افزایش نرخ خوردگی
  - آلودگی محیط زیست به واسطه پساب نمک به فاضلاب
  - نگهداری و بهره برداری پرهزینه
- **R.O (دستگاه های تصفیه آب به روش اسمز معکوس)**
  - پساب زیاد آب
  - هزینه اولیه زیاد
  - عملکرد ناکافی در حذف کامل سختی
  - نگهداری و بهره برداری پرهزینه
  - نرخ خوردگی بالاتر از آب خوراک
- **دستگاه های مغناطیسی**
  - عملکرد کاملا ضعیف و غیر علمی
  - تشعشعات غیر استاندارد
  - عدم وجود دستورالعمل استاندارد و تناقضات عملکردی
- **محلول ها و مواد شیمیایی نوین**
  - عملکرد صد در صدی ضد رسوب
  - پیشگیری از خوردگی
  - دوستدار محیط زیست
  - مقرون به صرفه
  - غیر اسیدی، غیر سمی، بدون اثرات پوستی و تنفسی
  - کاملا تخصصی و علمی

راه های از بین بردن رسوبات ایجاد شده

همانطور که در مباحث قبلی شرح داده شد جهت جلوگیری از ورود آب سخت و رسوب گذاری از روش های متفاوتی استفاده می شود که (غیر از محلول میتره) عدم کارایی کامل این روش ها باعث ایجاد رسوب و مضرات ناشی از آن می گردد. لذا بدیهی است که باید رسوبات ایجاد شده از سیستم زدوده شود. در زیر انواع روش ها را با یکدیگر مقایسه می کنیم.

۱- اسیدشویی

۲- روش های فیزیکی (سیخ و مته زدن و ....)

۳- مواد شیمیایی غیراسیدی (میتره)

اسید شویی و معایب آن:

از عمده‌ترین معایب استفاده از اسید که به‌عنوان آخرین راهکار کنترل رسوبات پذیرفته‌شده به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

- خطرات و عدم ایمنی مناسب برای مصرف‌کننده و ایجاد مسمومیت‌های ناشی از گاز تولیدی هنگام استفاده.
- ایجاد خوردگی شدید در لوله و تاسیسات به علت مشکلات ناشی از عدم کنترل دقیق اسید حین و پس از شستشو که گاهی تا نابودی تاسیسات پس از چندین نوبت استفاده ادامه می‌یابد.
- عدم استاندارد و اطلاعات کافی و یکسان در مورد نحوه انتخاب مواد موردنیاز، در سیستم‌های مختلف و مقدار مصرف که منجر به بی-نظمی در استفاده از آن در صنایع گوناگون شده است.
- تولید پساب‌های آلوده و آلودگی شدید زیست‌محیطی با توجه به گسترش مصرف و نفوذ این مواد به سطح خاک و آب‌های زیرزمینی.
- توقف کامل سیستم (overhaul) در حین اسید شویی.
- عدم رسوب برداری کامل تاسیسات

معایب روش های فیزیکی:

ازجمله معایب روش های فیزیکی رسوب برداری مانند سیخ زدن، مته زدن، فرچه کشیدین و... می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- رسوب برداری ناقص

۲- دفرمه شدن (deformation) تاسیسات

۳- خسارت و صدمات فیزیکی به سیستم ها

۴- عدم وجود استاندارد عملکردی

۵- توقف سیستم (shut down-overhaul)

مواد شیمیایی غیراسیدی (معرفی محلول میتره):

محلول میتره طی تحقیقات طولانی مدت در مرکز رشد سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران اختراع و به تولید انبوه رسید. این محصول به خاطر صرفه جویی در انرژی، آب و افزایش بهره وری و کاهش استهلاک به عنوان اختراع برگزیده سال کشور معرفی و مورد تقدیر و تشویق های معنوی و مادی قرار گرفته است.

این ماده بسیار ارزشمند با قدرت و ماندگاری بالا رسوبات قبلی سیستم را از بین برده و مهم تر این که سیستم را به مدت طولانی نسبت به رسوب گذاری جدید و خوردگی ایمن می سازد.

محلول میتره غیراسیدی و غیر خورنده است و هیچ گونه زیانی بر تاسیسات و تجهیزات نخواهد داشت. این روش علاوه بر جلوگیری از هدر رفت انرژی از لحاظ اقتصادی نیز بسیار باصرفه می باشد.

میتره هیچ گونه مشابهی ندارد و صاحب امتیاز انحصاری تولید و پخش آن شرکت پژوهشی صنعتی آبریزان است.

برخی از مزایای مهم میتره :

پیشگیری از تشکیل رسوب	پیشگیری از ایجاد خوردگی
غیر اسیدی	غیرخورنده
رسوب برداری بدون توقف سیستم	رسوب برداری کامل تاسیسات
دوستدار محیط زیست	گستره وسیع عملیاتی در صنعت

مقایسه اسیدشویی و رسوب برداری با میتره

در استفاده از میتره بر خلاف اسید شویی و یا رسوب زدایی مکانیکی نیازی به خارج کردن دستگاه از مدار و توقف عملیات (که موجب اتلاف انرژی، زمان و هزینه می شود) نیست و نه تنها یک بخش، بلکه شاهد کاهش رسوب در کل مسیر خواهیم بود. میتره قادر به شکستن پیوندهای بین مولکولی و یونی انواع رسوبات کربناتی است و پس از رسوب برداری و حل شدن عمده رسوبات و سنگین شدن آب در گردش، آب سنگین خارج و آبگیری مجدد صورت می گیرد.

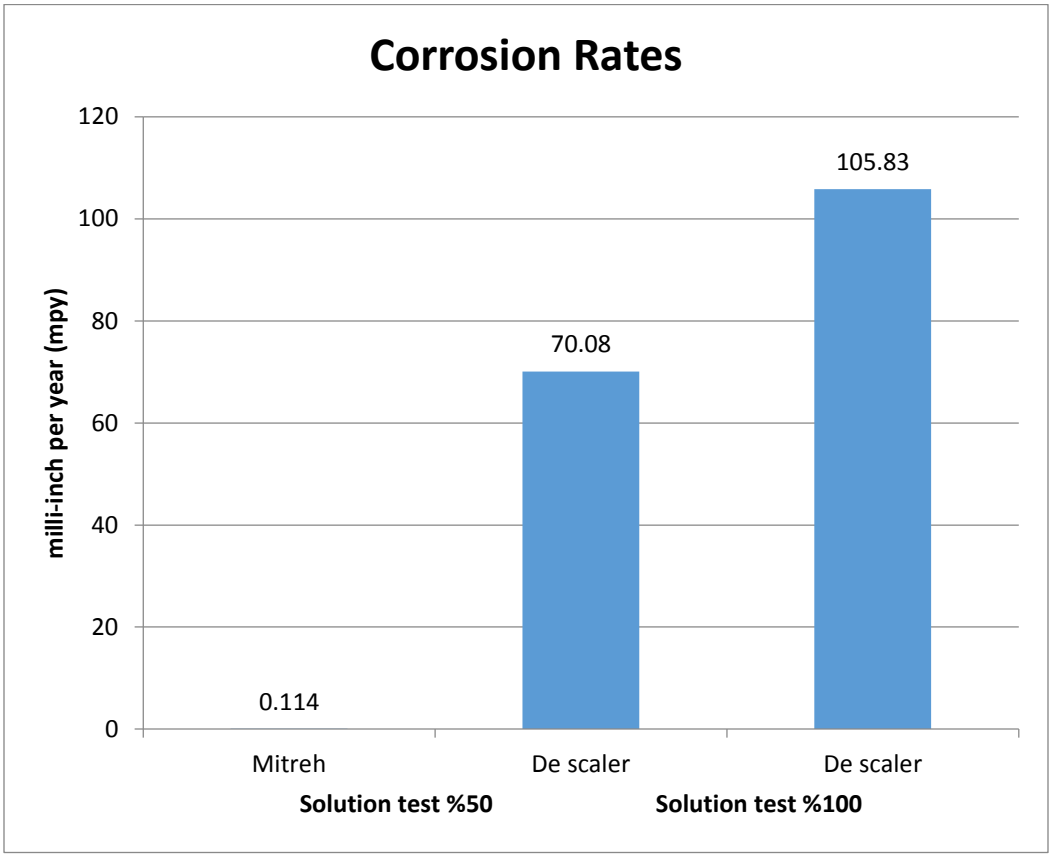
با افزودن مقدار لازم از محلول ارزشمند میتره، بدون متوقف کردن تاسیسات ، عمده رسوبات در سیستم (رسوبات ایجاد شده در لوله ها و مبدل ها و ....) بدون ایجاد هیچ گونه خوردگی در آب حل شده و با تخلیه آب از مدار خارج می گردد.

از ویژگی های منحصر به فرد محلول های میتره این است که بعد از رسوب برداری و آبگیری دوباره، (با تزریق یک تا شش دهم درصد میتره) قابلیت پیشگیری از رسوب گذاری مجدد و نیز جلوگیری از خوردگی در تاسیسات را دارد.

در پیشگیری از ایجاد رسوب در سیستم های مختلف بنا به سختی آب ورودی میزان مصرف محلول متفاوت می باشد که در واقع به ازای هر ۱۰۰۰ لیتر از آب در گردش سیستم بین ۱ تا ۶ لیتر (بسته به سختی آب) از محلول کافی است تا سیستم را به مدت یکسال نسبت به هر گونه رسوب گذاری ایمن سازد.

توصیه می شود در سیستم های تاسیساتی جدید که تازه در مدار قرار می گیرد و احتیاج به مرحله اول (رسوب برداری) ندارد، بدون استفاده از سختی گیرهای رزینی و سیستم های تصفیه آب R.O و دیگر روش‌ها (مانند دستگاه های مغناطیسی) تنها از محلول میتره جهت پیشگیری از رسوب و جلوگیری از خوردگی استفاده نمایید.

گراف مقایسه خوردگی محلول میتره با دی اسکلرها



Results of corrosion rates done on laboratory of Shiraz University

بررسی نتایج آزمایش کنترل میزان رسوب گذاری محلول میتره (انجام شده توسط پژوهشگاه صنعت نفت)

به منظور جلوگیری از تشکیل رسوب های ناخواسته در آبهای خنک کن، تنظیم شیمیایی آب از اهمیت زیادی برخوردار است. به طور کلی بالا رفتن غلظت مواد و جامدات حل شده و معلق در آب خنک کن، سبب افزایش پتانسیل رسوب دهی آب می شود. استفاده از بازدارنده های کنترل رسوب، کمک مؤثری در این کنترل می تواند داشته باشد. باید عنوان کرد که نمک های کلسیم و منیزیم مهمترین نمک های تولید کننده رسوب در آب می باشد و این نمک ها غالبا سبب تشکیل رسوبات متراکم و چسبنده در روی لوله ها می شوند. از متداول ترین این نمکها می توان کربنات کلسیم و سولفات کلسیم را نام برد.

کربنات کلسیم متداولترین رسوب شناخته شده در سیستم های آب خنک کن می باشد و این ترکیبات یک رسوب فوق العاده سخت و چسبنده ایجاد می کند. در غالب آبهای خنک کن، بی کربنات و همچنین قلیائیت کلسیم وجود دارد. افزایش حرارت و یا بالا رفتن pH سبب تجزیه بی کربنات کلسیم به دی اکسید کربن و کربنات کلسیم می شود.

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

از آنجا که حلالیت کربنات کلسیم در تمام درجه حرارت ها فوق العاده کم است، بنابراین به راحتی رسوب می کند و مشکل رسوب زائی ایجاد می نماید. علاوه بر کربنات کلسیم، سولفات کلسیم نیز یک عامل ایجاد رسوب می باشد. سولفات کلسیم می تواند به اشکال مختلف در آب خنک کن وجود داشته باشد، معمولی ترین آنها، گچ با فرمول CaSO4.H2O می باشد. حلالیت این نمک ها تابع دما است ولی به طور کلی از حلالیت پائینی برخوردار هستند.

آزمایشات کنترل میزان رسوب گذاری توسط پژوهشگاه صنعت نفت صورت گرفته است. این آزمایشات بر اساس استاندارد NACE TM 0374 ، در دمای کاری ۷۱ درجه سانتی گراد و به مدت ۲۴ ساعت انجام شده است. سیال مورد آزمایش در این تحقیق، ساکن نگه داشته شده است. روش استاندارد NACE TM 0374 ، جهت تعیین توانایی ضد رسوب ها برای جلوگیری از ته نشینی سولفات کلسیم و کربنات کلسیم در محلول برای سیستم های تولید کننده نفت و گاز می باشد.

همان طور که می دانیم، این آزمایشات در راستای تعیین کارایی محلول میتره صنعتی به عنوان ضد رسوب انجام گرفته و پژوهشگاه صنعت نفت نتایج ارزیابی در محیط های حاوی سولفات کلسیم و کربنات کلسیم را در قالب جداول ۳ و ۴ ارائه کرده است.

نتایج حاصل ارزیابی نمونه ارسالی در محیط حاوی سولفات کلسیم

غلظت بازدارنده (٪)	میزان سختی کلسیم اولیه (ppm)	میزان سختی کلسیم نهایی (ppm)	درصد جلوگیری (٪)
0	4100	2620	-
0.1	4100	3770	77.7
0.5	4100	3670	70.9
1	4100	3580	64.9

نتایج حاصل از ارزیابی نمونه ارسالی، در محیط حاوی کربنات کلسیم

غلظت بازدارنده (٪)	میزان سختی کلسیم اولیه (ppm)	میزان سختی کلسیم نهایی (ppm)	درصد جلوگیری (٪)
0	3930	2260	-
0.1	3930	3480	73.1
0.5	3930	2820	33.5
1	3930	2260	0.0

با توجه به داده های جدول ۳ وقتی ۰/۱ درصد از میتره صنعتی را به سیستم اضافه کنیم، تفاوت میزان سختی کلسیم اولیه و نهایی کمتر شده و تا ۷۷/۷ درصد نسبت به زمانی که میتره صنعتی در محیط نباشد، از ته نشینی رسوبات سولفات کلسیم جلوگیری می گردد. با افزایش میزان میتره صنعتی از ۰/۱ به ۰/۵ و ۱/۰ درصد ، از کارایی آن به عنوان ضد رسوب کاسته می شود. نتایج جدول ۴ نیز نشان دهنده کاهش کارایی میتره صنعتی در ازای افزایش مقدار آن از ۰/۱ به ۰/۵ و ۱/۰ درصد در سیستم می باشد. این جدول حاکی از بازدارندگی ۷۳/۱ درصدی از ایجاد رسوبات کربنات کلسیم در محلول حاوی ۰/۱ درصدی (یک دهم درصد= یک در هزار) میتره صنعتی است.

با مقایسه جداول ۳ و ۴ مشاهده می شود که محلول میتره صنعتی در غلظت یک دهم درصد (یک در هزار) از کل محلول یا به عبارتی 1000ppm ، توانایی بالایی جهت جلوگیری از ته نشینی رسوبات سولفات کلسیم و کربنات کلسیم دارد. بازدهی محلول میتره صنعتی در محیط های حاوی سولفات کلسیم نسبت به محیط های حاوی کربنات کلسیم بیشتر است. همچنین برای بهبود کارایی در سیستم ها ، باید طبق دستورالعمل ارائه شده از آن (جدول شماره ۲ ، کالیبراسیون) استفاده کرد. شایان ذکر است که میزان مصرف میتره صنعتی پایین بوده و از این منظر نیز منحصر به فرد می باشد. به طور کلی می توان محلول میتره صنعتی را به عنوان یک ضد رسوب توانا جهت استفاده در صنایع معرفی نمود.

بررسی میزان خوردگی آب دارای محلول میتره در فلزات مختلف:

آنچه در زیر آمده بیان میزان سرعت خوردگی در محلول خارق‌العاده میتره می‌باشد و اینکه این محلول در خوردگی و پیشگیری از آن به چه میزان موثر خواهد بود.

همان‌طور که می‌دانیم معیار بیان سرعت خوردگی mpy می‌باشد .

$$1 \text{ mpy} = 1 \text{ mil /year} = 0.001 \text{ in /year} = 0.0254 \text{ mm / year}$$

به‌عبارت‌دیگر در لوله‌ای به ضخامت 1in و خوردگی 1mpy ، هزار سال طول می‌کشد تا خوردگی و سوراخ شدن لوله پدیدار گردد.

اینک به بررسی جوابیه آزمایشگاه خوردگی دانشگاه شیراز در آزمایش محلول آب با ۲٪ میتره بر روی فلزات مختلف می‌پردازیم.

به‌عنوان‌مثال سرعت خوردگی محلول میتره ۲٪ بر روی فلز مس برابر با $2.885 \times 10^{-3}\ mm/year$ هست و این یعنی برای خورده شدن لوله‌ای به ضخامت فقط 1mm نیاز به زمانی معادل ۳۴۷ سال می‌باشد.

$$\text{Corrpion rate} = 2.885 \times 10^{-3}\ mm/year = 0.114 \text{ mpy}$$

و همان‌طور که می‌دانیم در صنایع خوردگی‌های زیر ۵ mpy را خوردگی بسیار کم می‌نامند که محلول میتره دارای خوردگی به میزان 0.114mpy هست که فوق‌العاده پایین می‌باشد.

طبق گراف ذیل میزان خوردگی در دی اسکلرها بین70 mpy تا 105 mpy می‌باشد و در مقایسه با محلول میتره ۲٪ شاهد میزان خوردگی ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ برابری دی اسکلر ها نسبت به محلول میتره می‌باشد و این به معنای پدیده‌های شگفت‌انگیز در صنعت تاسیسات است.

لطفاً جهت اطلاعات کامل‌تر به سایت www.mitreh.com و یا کانال تلگرام telegram.me/mitreh بخش گزارش فنی شماره ۲ مراجعه نمایید.

نتایج آزمایش خوردگی پژوهشگاه صنعت نفت:

عملکرد ضد خوردگی محلول میتره مطابق استاندارد ASTM G31 و به‌صورت غوطه‌وری کامل تحت شرایط مورد ارزیابی قرار گرفت.

دما: ۹۰ درجه سانتی‌گراد // مدت آزمایش: ۱۶۸ ساعت // آلیاژ: فولاد کربنی ساده با سطح ۱۳/۸۵ سانتی‌متر مربع

نتایج حاصل از ارزیابی ماده فوق در جدول زیر ارائه‌شده است.

غلظت بازدارنده (%)	سرعت خوردگی (mpy)	درصد محافظت (P%)	مشاهدات
۰	۹/۳	-	خوردگی موضعی
۰/۱	۰/۱	۹۸/۹	خوردگی عمومی
۰/۵	۱/۵	۸۳/۹	خوردگی خفیف موضعی
۱	۴/۳	۵۳/۸	خوردگی خفیف موضعی

فصل چهارم:

بررسی و معرفی برخی از مواد و محصولات مورد نیاز و مرتبط با صنایع مرتبط با آب درگردش و تاسیسات

محلول های ویژه تصفیه آب:

– آنتی اسکالانت های پلیمری و فسفناته

هر سیستم غشایی نظیر سیستم RO به‌طور طبیعی براثر وجود مواد معلق، املاح محلول و پارامترهای میکروبی موجود در آب خوراک دچار گرفتگی می‌شود که این امر لزوم در نظر داشت پیش‌تصفیه فیزیکی و شیمیایی صحیح سیستم را ضروری می‌سازد.

اولین احتمال تشکیل رسوب در سیستم تصفیه آب خام، زمانی است که حلالیت هر نمک کم محلولی بیشتر می‌شود. مکانیسم رسوب‌گذاری در سطح ممبران به یک گرادیان غلظتی مربوط می‌شود و به این صورت اتفاق می‌افتد که آب به‌طور مداوم از غشاء عبور می کند و یک مقدار بسیار زیاد از نمک‌های محلول را پشت سرخود بجا می‌گذارد. این اتفاق در سطح غشا جداکننده، غلظتی ایجاد می‌کند که باعث تشکیل یک‌لایه مرزی می‌شود، یک اثر شناخته‌شده با عنوان پلاریزاسیون غلظتی (concentration polarization) در داخل این لایه مرزی، ممکن است که نمک‌ها شروع به رسوب کردن کنند و جامدات معلق نیز می‌توانند بر روی سطح ممبران شروع به ته‌نشینی کنند و در داخل لایه‌های جدا از هم ممبران، ذرات رسوب و لایه رسوبی تشکیل شود.

آب‌های طبیعی اگر تصفیه نشوند، کربنات کلسیم بر روی سطح ممبران ته‌نشین خواهند کرد. کلسیم سولفات نیز یکی دیگر از رسوبات معمول آب طبیعی می‌باشد. رسوب معمولاً ل می‌شود.

آنتی اسکالانت ها جهت کاهش اثرات رسوب که موجب گرفتگی روزنه‌های غشای اسمز معکوس توسط نمک‌های محلول در آب استفاده می‌شود.

آنتی اسکالانت در طول عمر ممبران اسمز معکوس تأثیر زیادی دارد و از هزینه‌های تعویض فیلترهای مصرفی سالیانه می‌کاهد.

معرفی آنتی اسکالانت پلیمری

هر سیستم غشایی نظیر سیستم R.O به‌طور طبیعی براثر وجود مواد معلق، املاح محلول و پارامترهای میکروبی موجود در آب خوراک دچار گرفتگی می‌شود که این امر لزوم در نظر داشت پیش‌تصفیه فیزیکی و شیمیایی صحیح سیستم را ضروری می‌سازد.

رسوب و گرفتگی قادر به کاهش فضای موثر بین مواد بوده و موجب کاهش تلاطم جریان می‌شوند که نتیجه آن، افزایش پلاریزاسیون غلظت در سطح غشاء است. هر چه غلظت محلول در سطح غشاء بیشتر باشد به همان نسبت، املاح بیشتری از خود عبور می‌دهد. وقتی‌که سطح موثر غشاء کاهش یابد، تلاطم کاهش خواهد یافت و تمیز نمودن سطح غشاء مشکل‌تر می‌شود، زیرا امکان فرستادن محلول شیمیایی به سطوح مسدود شده (توسط مواد جامد) کاهش می‌یابد لذا جلوگیری از تشکیل رسوب با استفاده از بازدهی صحیح سیستم و تزریق مواد شیمیایی از اصول بدیهی سیستم‌های R.O می‌باشد.

مواد بازدارنده با جلوگیری از رشد کریستال نمک، سرعت فرآیند ته‌نشینی را کاهش می‌دهند. این مواد در سطح کریستال نمک تشکیل شده جذب و با جلوگیری از جذب بیشتر نمک فوق اشباع در سطوح کریستال، سرعت گسترش کریستال نمک را کاهش می‌دهند و به‌این‌ترتیب هسته‌های اولیه کریستال هرگز به‌اندازه یا غلظت کافی برای ترسیب نمی‌رسند.

اغلب بازدارنده‌های رسوب دارای ساختار مولکولی با گروه‌های عاملی شامل اسید کربوکسیلیک (-COOH) یا فسفات هستند. مولکول‌های پلی اکریل با وزن مولکولی پایین (جرم مولکولی بین ۵۰۰۰-۱۰۰) شامل چندین گروه عامل اسید کربوکسیلیک هستند و به‌طور مشترک در بسیاری از بازدارنده‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند. این بازدارنده‌ها در جلوگیری از تشکیل سولفات و کربنات جزء بهترین‌ها هستند، اما خاصیت پراکنده‌سازی آن‌ها محدود است. لذا استفاده از بازدارنده‌های ترکیبی، نتایج بهتری را نسبت به بازدارنده‌های تک‌مولکولی از خود نشان می‌دهند. در صورت استفاده از یک بازدارنده تک‌مولکولی، احتمال بیشتری وجود دارد که تزریق بیش‌ازحد بازدارنده موجب شود که خود بازدارنده به‌صورت کاتیون چند ظرفیتی از محلول خارج شود. با ترکیب تولیدات و استفاده از بازدارنده چند

مولکولی، سایر بازدارنده‌ها می‌توانند در جلوگیری از رسوب‌دهی اولین بازدارنده مؤثر باشند. همچنین به غلظت کمتری از هر یک از اجزای مستقل بازدارنده‌ها نیاز خواهد بود.

شرکت پژوهشی صنعتی آبریزان باسابقه طولانی در زمینه تولید آنتی اسکالانت و طراحی و ساخت دستگاه‌های تصفیه آب (RO) درجهت بهبود عملکرد این دستگاه‌ها و افزایش عمر مفید ممبراین ها اقدام به تولید نسل جدید آنتی اسکالانت های ترکیبی با پایه مواد پلیمری نموده است.

مزایای آنتی اسکالانت های پلیمری:

- غلظت بالایی دارند.
- اجازه رسوب‌گذاری به هیچ نوع رسوب کربناتی و فسفاتی را نمی‌دهد.
- جهت طیف وسیعی از آبها ازجمله آب دریا، آب‌شور چاه‌ها، آب‌های سخت شیرین، آب‌های با سختی زیر 1000ppm استفاده می‌گردند.
- به علت قدرت بالای کیلیت کنندگی (chelating agent) عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهد.
- با نرخ خوردگی بسیار پایین‌تر (ضدخوردگی).
- غیر سمی بوده و مشکلات پوستی و تنفسی جهت انسان ندارند.
- عملکرد خوب پراکنده‌کنندگی (despersant) در برابر رسوبات کربناتی و سولفاتی دارند.
- نیاز به شستشوی ممبراین را در فاصله زمانی طولانی‌تری فراهم می‌کنند.
- احتمال تشکیل جلبک و آلاینده‌های زیستی را به مقدار زیادی کاهش می‌دهند.

جدول۱-۳- معرفی انواع آنتی اسکالانت های فسفناته و پلیمری

ردیف	کد محصول	نام محصول	توضیحات و کاربردها
۱	APH1030	آنتی اسکالانت	ضدرسوب ممبراین جهت استفاده صنعتی با pH خنثی
۲	APH0132	آنتی اسکالانت	صنعتی جهت آب های سخت1000 ppm- و pH پایین
۳	APH0133	آنتی اسکالانت	صنعتی جهت آب های سخت1000 ppm+ و pH پایین
۴	APH0138	آنتی اسکالانت	مخصوص آب های شور
۵	APH00135	آنتی اسکالانت	ممبراین آنتی اسکالنت / آنتی بیو فولینگ
۶	APA70	آنتی اسکالانت پلیمری	ضدرسوب ویژه آب دریا (sea water)
۷	APA69	آنتی اسکالانت پلیمری	ضدرسوب ویژه آب های لب شور
۸	APA61	آنتی اسکالانت پلیمری	ضدرسوب ویژه آب های شور با سختی 1000ppm+
۹	APA56	آنتی اسکالانت پلیمری	ضدرسوب ویژه آب های با سختی 1000ppm-
۱۰	APA65	آنتی اسکالانت پلیمری	ضدرسوب ویژه آب های با سختی 2000ppm+

– محلول های منعقدکننده و فلوکولانت

فرآیند انعقاد در تصفیه آب از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است به طوری که مطالعات زیادی پیرامون نوع ماده منعقدکننده بهینه، جهت حذف کدورت صورت پذیرفته است. مواد منعقدکننده شامل موادی هستند که جهت ناپایدارسازی ذرات معلق باردار و چسباندن آن‌ها به یکدیگر استفاده می‌شوند. این ذرات دارای بار الکتریکی منفی یا مثبت می باشند و مواد منعقد کننده مصرفی معمولا دارای بار الکتریکی مثبت، منفی و یا بدون بار هستند که ذرات معلق در آب را خنثی نموده و رسوب می دهند.

مواد ایجاد کننده کدورت در آب شامل خاک رس، ویروس، باکتری، اسید فولیک و هیومیک؛ مواد معدنی مثل آزبست، سیلیکات و ذرات رادیو اکتیو می باشند. جهت انتخاب منعقدکننده مناسب و همچنین دوز مناسب آن در فرآیند تصفیه در شرایط مختلف از جارتست استفاده می‌شود.

منعقدکننده های تولیدی شرکت آبریزان با فرمولاسیون خاص باعث افزایش سرعت ته نشینی مواد معلق، افزایش ابعادی و تراکم مواد ته نشین شده می گردند و راندمان فیلتراسیون و جداسازی را افزایش داده و باعث ارتقاء کیفیت فرآیند و کاهش قابل ملاحظه کدورت نهایی می گردند. این منعقدکننده ها دارای انواع کاتیونی، آنیونی، بدون بار و پلیمری می باشند که با توجه به بار الکتریکی ذرات معلق و میزان کدورت آب مورد استفاده قرار می گیرند.

ردیف	کد محصول	نام محصول	توضیحات
۱	CA70	منعقدکننده آنیونی	آب خوراک R.O ویژه آب دریا و مکمل آنتی اسکالانت های پلیمری
۲	CK58	منعقدکننده کاتیونی	آب خوراک R.O و کولینگ های مدار باز و بسته
۳	CI44	منعقدکننده بدون بار	آب خوراک R.O و کولینگ های مدار باز و بسته
۴	CP61	منعقدکننده پلیمری	آب خوراک R.O و کولینگ های مدار باز و بسته

– محلول آنتی بایوفولینگ ویژه دستگاه های تصفیه آب R.O

گل و لای و ذرات معلق و لجن به همراه آب جهت تصفیه وارد دستگاه های آب شیرین کن می گردند. معمولا بیشتر این ذرات توسط روش های پیش تصفیه از آب جدا می گردند و سپس وارد R.O می شوند. اما درمورد آب‌های آلوده به جلبک و باکتری از مواد شیمیایی جهت حذف این عوامل باید استفاده نمود. رشد اجتماعات بیولوژیکی و باکتریایی می تواند در تمامی بخش های دستگاه تصفیه بخصوص در ممبراین موجب ایجاد جلبک و از بین رفتن ممبراین و تولید آب آلوده گردند. مواد شیمیایی مورد استفاده جهت این امر نباید به دستگاه تصفیه آب و بخصوص به ممبراین آسیبی وارد کند و البته نباید اثر آن در آب باقی بماند. محلول Mitreh0046 با خواص ویژه خود از رشد و نمو بایوفولینگ ها جلوگیری می نماید و بدون آسیب رساندن به دستگاه تصفیه آب حجم بالای میکروب‌ها و جلبک ها و باکتری ها را از بین می برد.

محلول های ویژه تصفیه آب سیستم های مدار باز، نیمه بسته و بسته:

– محلول های دیسپرسنت

محلول های دیسپرسنت جهت پراکنده کردن رسوب های لخته شده یا بهم چسبیده با طیف های متفاوت با پایه های فسفات، پلی اکریلیک اسید و پلی مالئیک و یا ترکیب های موثر از فسفونیت ها، پلیمرها، روی و سایر بازدارنده های موثر که با ایجاد اثر هم افزایی (synergism) در سیستم های آب گردشی صنعتی مانند برج های خنک کننده و سایر سیستم های مدار باز استفاده می گردد.

دیسپرسنت Mitreh592 به دلیل داشتن ترکیبات پلیمری، به عنوان پایدارکننده ای با کیفیت بالا، برای فسفات شناخته شده، که همچنین دیسپرسنتی قوی در بهسازی آب با فرمول‌های "تمام آلی" با خواص ضدخوردگی بر پایه پلیمرهای ویژه می‌باشد. این ترکیب بعنوان دیسپرس کننده رسوبات معدنی، پایدارکننده کلسیم فسفونات و در کنار فسفونات های آلی به عنوان بازدارنده رسوب آستانه برای رسوبات معدنی عمل می‌نماید. به علاوه، رسوب کلسیم فسفات ناشی از منابع مختلف ورود فسفات به سیستم را دیسپرس می‌کند. این فسفات ها گاهی از تخریب اکسایشی سایر ترکیبات فسفره بخاطر بایوسایدهای اکسنده مثل کلر اتفاق می‌افتد.

در کنار همه ی این خصوصیات، به دلیل دارا بودن گروه کربوکسیلیک (عامل پراکنده ساز) و گروه اسید سولفونیک (ایجاد قطبیت قوی) در این ماده؛ دارای تحمل کلسیم بالا و مهار کننده رسوب با عملکرد خوب برای کلسیم فسفات ، کربنات کلسیم و رسوب روی است. دیسپرسنت Mitreh592 میتواند بعنوان یک عامل دیسپرسنت کننده خوب رسوبات معدنی در pH بالا نیز عمل کند.

دیسپرسنت بازدارنده کامل نمی باشد و در بعضی شرایط بعنوان کمک بازدارنده می تواند به عنوان ضد رسوب و دیسپرسنت کننده در فرآیندهای بهسازی آب استفاده گردد. شامل:

- ✓ سیستم آب خنک کننده (برج های خنک کننده)
- ✓ بویلرها تا حدود ۱۵۰ درجه ی سانتیگراد
- ✓ سیستم متالورژی و کارخانه های آهن و فولاد برای جلوگیری از رسوب اکسید آهن

بهتر است که در سیستم های با آب نسبتا سبک تزریق دیسپرسنت بصورت مداوم صورت نگیرد و زمانی که کدورت به بالای 50 NTU رسید تزریق انجام گردد. هنگام تزریق دیسپرسنت لازم است که بلودان های منظم انجام گردد یا از ساید فیلتر استفاده گردد تا از سنگین شدن آب جلوگیری گردد. در آبهای با کدورت کمتر از 20NTU نیاز به تزریق دیسپرسنت نمی باشد.

خواص و مزایا

از مزایای استفاده از دیسپرسنت در بهسازی آب های صنعتی می توان به موارد زیر اشاره نمود:

- زمان خاموشی و هزینه های سوخت و نگهداری کاهش می یابد
- بهره انتقال انرژی افزایش می یابد

- عمر تجهیزات افزایش می یابد.
- سیکل‌های تغلیظ و امکان مصرف مجدد آب افزایش می یابد
- دوز بهینه قابل اجرا و پایدار می باشد

– محلول های آنتی بیوفولینگ (ترکیبات از بین برنده آلوده‌کننده های زیستی صنعتی)

از نظر بیولوژیکی به علت تماس مستقیم آب با هوا و محیط و همچنین به علت وجود آب سخت در تاسیسات؛ این محیط ها منشا رشد و نمو بسیاری از باکتری ها، میکروبها، ویروس ها، جلبک ها و خزه ها هستند. این میکروارگانیسم ها علاوه بر کاهش بازدهی تاسیسات به علت تشکیل لایه بیوفیلم از مواد آلی منشا گسترش آلودگی ها و بیماری های انسانی نیز می باشند. از طرف دیگر برخی موجودات میکروسکوپی مانند باکتریها، قارچها و انواع موجودات ماکروسکوپی مانند جلبکها و جانوران دریایی در سیستم های تاسیساتی موجب ایجاد پدیده خوردگی میکروبی می گردند.

این موجودات معمولا محیط هایی با pH بین ۱-۱۱ و درجه حرارت ۱۸۰ تا ۳۰- درجه فارنهایت و فشار حداکثر 15000psi را تحمل کرده و رشد و تکثیر می‌نمایند که این نوع خوردگی به تخریب و از بین رفتن یک فلز می انجامد. خوردگی میکروبی دراثر وجود و فعالیت باکتریهای احیا کننده سولفات (SRB)، باکتریهای تشکیل دهنده لجن، باکتریهای اکسید کننده آهن،باکتریهای اکسید کننده ازت،باکتریهای اکسید کننده گوگرد و پاره‌ای از میکروارگانیزم‌های دیگر نظیر جلبک‌ها و قارچها پدید می‌آید.

به همین دلیل برطرف کردن این آلاینده ها امری مهم و ضروری می باشد.

گستره عملکرد ترکیبات آنتی بایو فولینگ:

۱- از بین برنده ریزآلوده کننده های زیستی ۲- از بین برنده پرو تو زوآ ۳- آنتی باکتریال ۴- ضد جلبک ۵- ضد قارچ

شرکت آبریزان فرمولاسیون های بهبود یافته ای از ترکیبات بایوساید را جهت حذف انواع مختلف آلاینده های زیستی صنعتی جهت طیف وسیعی از صنایع تولید و عرضه نموده است.

بایوسایدهای تولیدی این شرکت با عملکرد بالا، جهت کنترل فعالیت میکروبیولوژی، ضدعفونی کردن آبهای صنعتی در فرآیند بهسازی آب مورد استفاده قرار می گیرند. این ترکیبات در نتیجه واکنش طبیعی بین مایکرو ارگانیسم ها طراحی شده اند که موجب خنثی کردن عملکرد منفی آلوده کننده های زیستی می شود.

پیشگیری مهمترین و موثرترین روش جلوگیری از ایجاد مشکلات ناشی از میکروبها و جلوگیری از ورود میکروب به سیستم است، هزینه و مشکلات پیشگیری بسیار کمتر از مبارزه با عوارض یک سیستم آلوده می باشد و نتیجه آن نیز مطمئن تر است. در بکار بردن مواد میکروب کش در سیستم با انتخاب نوع و مقدار موثر ماده زیست کش، مواد میکروب کش را می‌توان بطور منقطع و شوک و یا بطور دایم بکار برد، استفاده مداوم همراه با شوکهای در فواصل زمانی نامعین می‌تواند باعث نتیجه مطلوب شود.

هدف از استفاده از این ترکیبات ضد میکروب ممانعت از رشد میکروارگانیسم ها و از بین بردن آنها در صنعت آب می شود.

جهت از بین بردن میکروارگانیسم هایی که در سیستم های آلوده رشد و نمو می کنند با توجه به آنالیز میکروبی آب منبع آلوده، مقدار و روش مصرف مشخص می گردد.

در سیستم های خنک کننده مدار باز، غلظت بایوسایدهای غیر اکسید کننده مصرفی مانند HE0083 و HE0096 و HE0085 بسته به بار میکروبی سیستم بین 15-100ppm می باشد. دوزینگ شوک برای بایوساید اکسید کننده مانند HS0023 و HS0011 در مدت ۱۵-۳۰ دقیقه در روز، 0.1-0.2ppm پیشنهاد می گردد.

بایوساید های غیر اکسید کننده دارای دوزینگ شوک 0.5-2.5ppm برای سیستم تمیز و 2.5ppm در سیستم آلوده است.

مقدار بایوساید تزریق شده به سیستم به عوامل زیر بستگی دارد:

- ظرفیت یا حجم کل سیستم
- مینیمم غلظت موثر
- بار میکروبی سیستم
- زمان تماس مورد نیاز بایوساید
- تکرر اضافه کردن به سیستم یا بازه زمانی تزریق بایوساید

براساس مقدار TBC و سایر مقادیر آلاینده های زیستی (مانند SRB) مقدار تزریق دقیق بایوساید، نوع بایوساید، نحوه شوک و دوزینگ شوک همراه با روش مصرف اعلام می گردد.

* در نرخ های بسیار بالای رشد میکروبی، به جای عدد ۱/۴، عدد ۰/۷ قرار داده می شود.

جهت اطمینان از عملکرد بایوساید بهتر است که تست TBC بصورت پیوسته و ۳ تا ۵ روز پس از تزریق بایوساید (با توجه به حجم آب سیستم) انجام گردد.

درمورد سیستم های آلوده به انواع باکتری ها یا ویروس ها نیز بهتر است که تست اندازه گیری باکتری یا ویروس مورد نظر تا زمان اطمینان از حذف کامل یا به حداقل رسیدن آلاینده انجام گردد. پس از آن انجام تست های کامل میکروبی بصورت سالیانه یا هر شش ماه یکبار توصیه می گردد. در سیستم های با حساسیت بالا نیز پیشنهاد می شود که تست های کامل میکروبی بصورت ماهیانه یا هر دو ماه یکبار انجام گردد.

لیست آنتی بایوفولینگ های (بایوسایدها) تولیدی شرکت آبریزان به شرح زیر می باشد:

ردیف	کدمحصول	کاربرد محصول
۱	HS0011	بایوساید اکسیدکننده
۲	HS0023	بایوساید اکسیدکننده
۳	HE0078	صنعتی
۴	HE0060	منابع آب دارای SRB و TBC>10000
۵	HE0085	صنایع دارای آب در گردش با سیکل تغلیظ استاندارد
۶	HE0055	منابع آب فاقد SRB و TBC<10000
۷	HE0096	آب های آلوده و دارای جلبک زیاد
۸	HE0083	صنعتی عمومی

– محلول های ضدرسوب و ضدخوردگی میتره صنعتی:

در بسیاری از دستگاههای صنعتی مسئله انتقال حرارت یک موضوع مهم و تاثیر گذار در بازدهی آن دستگاه می باشد. فرآیند تبادل گرما بین دو سیال با دماهای متفاوت که توسط دیواره جامدی از هم جدا شده اند در بسیاری از کاربردهای مهندسی روی می دهد که در بیشتر موارد آب به علت داشتن ظرفیت حرارتی بالا یکی از دو سیال جهت انتقال حرارت انتخاب می شود. از جمله مشکلات بسیار مهم و پر هزینه ای که هر صنعت با آن روبرو است بحث تشکیل رسوبات روی سطوح در ضمن کار می باشد که باعث افزایش مقاومت در برابر انتقال حرارت بین دو سیال و ایجاد خوردگی در سیستم ها می گردد. لذا جهت افزایش بهره وری راندمان سیستم و جلوگیری از ایجاد رسوبات بر جداره مبدل ها، سطوح تاسیسات و پایپینگ ها و همچنین کاهش نرخ خوردگی الکتروشیمیایی و خوردگی عمومی در تاسیسات باید از scale inhibitor و corrosion inhibitor استفاده نمود.

ذکر این نکته حائز اهمیت می باشد که قبل از استفاده از بازدارنده ها باید سیستم از لحاظ رسوب به نقطه صفر طراحی نزدیک باشد؛ لذا استفاده از مواد رسوب بردار قبل از تزریق بازدارنده ها ضروری می باشد.

روش های مختلفی جهت از بین بردن این رسوبات وجود دارد. اما هیچ کدام از روش های موجود بازده صددرصدی نداشته و همچنین ممکن است مضراتی نیز برای تاسیسات و محیط زیست داشته باشند.

بررسی آزمایشات انجام شده توسط پژوهشگاه صنعت نفت بر روی محلول میتره صنعتی عمومی نیز حاکی از عملکرد بسیار مطلوب این محلول در کنترل رسوب گذاری و کنترل خوردگی آب می باشد. براساس نتایج بدست آمده از تست الکتروشیمیایی و امپدانس فلزات فولاد ساده کربنی و مس تجاری در آب به محض اضافه شدن محلول میتره افزایش مقاومت پلاریزاسیون را مشاهده می کنیم که نشان دهنده خاصیت بازدارندگی بسیار خوب محلول میتره می باشد و نتایج حاصله در توافق با نتایج بدست آمده از تست پلاریزاسیون تافل می باشد و آن را تایید می کند. نتایج بدست آمده از مدل سازی فرآیند خوردگی فولاد و مس در آب در حضور میتره توسط مدار معادل الکتریکی نیز، نشان دهنده تشکیل یک فیلم محافظ بر روی سطح فلز می باشد که این فیلم از خورده شدن فلز تا بالای ۹۵ درصد جلوگیری می نماید.

همچنین بررسی نتایج آزمایشات پژوهشگاه صنعت نفت درمورد کنترل رسوب گذاری محلول میتره؛ پس از تزریق محلول تا ۷۷/۷ درصد از رسوب نمودن سولفات کلسیم و تا ۷۳/۱ درصد از رسوب نمودن کربنات کلسیم جلوگیری می نماید. محلول میتره صنعتی در غلظت ۰/۱ درصد از کل محلول یا به عبارتی 1000ppm ، توانایی بالایی جهت جلوگیری از ته نشینی رسوبات سولفات کلسیم و کربنات کلسیم دارد. شایان ذکر است که میزان مصرف میتره صنعتی پایین بوده و از این منظر نیز منحصر به فرد می باشد. به طور کلی می توان محلول میتره صنعتی را به عنوان یک ضد رسوب و یک بازدارنده خوردگی توانا جهت استفاده در صنایع معرفی نمود.

این محلول علاوه بر از بین بردن رسوبات سیستم مانع تشکیل رسوبات جدید و همچنین جلوگیری از خوردگی سطوح نیز می گردد. محلول میتره دارای pH خنثی می باشد و ضمن اینکه هیچ گونه خوردگی در تاسیسات ایجاد نمی نماید نرخ خوردگی آب را نیز کاهش می دهد؛ لذا بعنوان یک بازدارنده خوردگی (Corrosion Inhibitor) عمل می نماید.

استفاده از میتره برخلاف اسیدشویی و یا رسوب زدایی مکانیکی نیازی به خارج کردن دستگاه از مدار و توقف عملیات (که موجب اتلاف انرژی، زمان و هزینه می شود) ندارد و نه تنها یک بخش، بلکه کل مسیر گردش آب رسوب زدایی می شود. میتره قادر به شکستن پیوندهای بین مولکولی و یونی انواع رسوبات کربناتی است و پس از رسوب زدایی و سنگین شدن آب درگردش،

آبگیری مجدد صورت می گیرد. درانتها نیز می توان جهت جلوگیری از تشکیل رسوبات جدید و جلوگیری از خوردگی مقداری میتره (باتوجه به جدول کالیبره) به سیستم تزریق کرد.

معرفی انواع محلول های میتره صنعتی ویژه صنایع فولاد

ردیف	کد محصول	نام محصول	توضیحات و کاربردها
۱	MSA1110	میتره صنعتی (عمومی)	رسوب بردار، ضد رسوب و ضد خوردگی
۲	MSA1149	میتره صنعتی بویلر فشار بالا	ضدرسوب و ضدخوردگی ویژه بویلرهای فشار بالا (Super Heat)
۳	MSA1148	میتره صنعتی بویلر فشار متوسط و پایین	ضدرسوب و ضدخوردگی ویژه بویلرهای فشار متوسط و ضعیف (10-25bar)
۴	MSA1065	میتره صنعتی کولینگ تاور	ضدرسوب و ضدخوردگی ویژه برج های خنک کننده

– محلول ضدخوردگی با پایه آزول های آروماتیک ویژه برج های خنک کننده مدار باز

برخی از ترکیبات آزول های آروماتیک بر روی سطح فلز جذب شیمیایی می گردند و درنتیجه از ایجاد خوردگی بر روی سطوح جلوگیری می نمایند. بدین صورت که یک یون فلز با یک یون در آزول مربوطه جایگزین شده و یک اتصال اشتراکی تشکیل می دهد. آنگاه اتصال اشتراکی هماهنگی بین فلز و جفت الکترون اتم ترکیب آزول ایجاد می کند. مخلوط پیچیده نامحلول حاصله تشکیل فیلم نازکی می دهد که فیلم های معمولی اکسیدهای فلز را تقویت می نماید. فیلم تشکیل شده از فلز در برابر عوامل اکسیدکننده محافظت می نماید و درنتیجه فلز از خورده شدن در امان می ماند.

– محلول های رسوب بردار میتره سرد:

خوردگی میتره سرد 10-20mpy در مقایسه با انواع دی اسکلرهای موجود که خوردگی 70-980mpy دارند بسیار پایین بوده و همین خصیصه باعث این می گردد که به راحتی میتره را همراه با سیال آب در تاسیسات سرکوله و کلیه بخش های تاسیسات را به راحتی رسوب زدایی کرد.

مزایای محلول میتره سرد:

۱- قدرت بسیار زیاد

۲- رسوب برداری کامل سیستم

۳- خوردگی کنترل شده نسبت به دی اسکلرها

۴- عدم نیاز به توقف در سیستم

۵- دوستدار محیط زیست

۶- قابل استفاده جهت طیف وسیعی از رسوبات و محصولات خوردگی

۷- تسریع در روند رسوب برداری نسبت به میتره صنعتی

۸- جایگزین مطمئن اسیدشویی

۹- بدون اثرات پوستی و تنفسی خطرناک

معرفی انواع محلول های رسوب بردار میتره سرد

ردیف	کد محصول	نام محصول	توضیحات و کاربردها
۱	MDA0102	میتره سرد (عمومی)	رسوب بردار قوی با خورندگی بسیار پایین
۳	MDA0108	میتره سرد برودتی	رسوب بردار تاسیسات برودتی
۴	MDA0109	میتره سرد حرارتی	رسوب بردار تاسیسات حرارتی
۵	GSI0221	سورفکتانت چربی زدا	محلول قلیایی شستشوی مبدل ها

با تشکر و سپاس فراوان از حضور و همراهی شما سروران گرامی ...

شرکت پژوهشی صنعتی آبریزان

پیشگام در تحول صنعت آب کشور

دفتر مرکزی: شیراز - بلوار دکتر حسابی - شهرک آرین - پارک علم و فناوری استان فارس (تلفکس: ۳۶۳۶۴۰۳۷- ۰۷۱ و ۳۶۲۴۵۳۳۲- ۰۷۱)

دفتر تهران: میدان توحید- خیابان گلبار - نبش خیابان طوسی- پلاک۱۱۵- واحد۱۲ (تلفکس: ۶۶۹۰۸۹۱۲- ۰۲۱ و ۶۶۹۰۸۶۳۱- ۰۲۱)

آزمایشگاه و مرکز تحقیقات: شیراز- دانشکده داروسازی- مرکز رشد فرآورده های‌علوم دارویی‌دانشگاه علوم پزشکی

دفتر فنی و آزمایشگاه: شهرک صنعتی بزرگ شیراز- میدان دوم- مرکز فناوری صنایع شیمیایی- واحد۲۱۰ (تلفکس: ۳۷۷۴۴۵۶۸- ۰۷۱)

کارخانه: شیراز- شهرک صنعتی ملوسجان- بلوکD- قطعه ۹ و ۱۰

صندوق پستی: ۸۴۹- ۷۱۹۵۵ کدپستی: ۸۷۸۱۱- ۷۱۹۷۶

Abrizan.mitreh@gmail.com

www.mitreh.ir www.mitreh.com

Telegram.me/mitreh