

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده علوم

بخش شیمی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته شیمی گرایش شیمی معدنی

بررسی اثر بازدارندگی لیگاندهای بازشیف سه دندانه بر خوردگی
فولاد کربنی نرم در محلول اسید سولفوریک ۰/۵ مولار

مؤلف:

مریم سالاری جلگه

اساتید راهنما:

دکتر ایران شیخ شاعی

دکتر سید محمد علی حسینی

استاد مشاور:

دکتر مهدی شهیدی

تیرماه ۱۳۹۲



دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه شیمی
دانشکده علوم
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچ گونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته
نمی شود.

دانشجو: خانم مریم سالاری چلگه

استاد راهنما اول: خانم دکتر ایران شیخ شعاعی

استاد راهنما دوم: آقای دکتر سید محمد علی حسینی

استاد مشاور: آقای دکتر مهدی شهیدی

داور ۱: آقای دکتر وحید صاحب

داور ۲: خانم دکتر زهره رشتیدی رنجبر

نماینده تحصیلات تکمیلی: خانم دکتر سارا درگاهی

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده: آقای دکتر عباس مرادیان

حق چاپ محفوظ و متعلق به دانشگاه شهید باهنر کرمان است

تقدیم به:

پیشگاه مقدس یگانه مصلح و عدالت گستر عالم بشریت ، حضرت مهدی موعود (عج) که جهان در انتظار ظهورش می باشد.

تقدیم به:

همه شهدای ایران زمین

تقدیم به:

روح شادروان مهندس افضل‌پور که عاشقانه در راه پیشرفت علم کوشیدند.

و تقدیم به پدر و مادر عزیزم که هر چه دارم را مدیون زحمات آنان می‌دانم آنانکه همواره در

طی دوران تحصیل مشوق و پشتیبان من بوده‌اند.

تشکر و قدردانی

منت خدای را عزو جل که طاعتش موجب قربت است و به شکراندرش مزید نعمت. اکنون که به یاری خداوند توانا توانستم این مرحله را به پایان برسانم، بر خود واجب می‌دانم که از سرکار خانم دکتر ایران شیخ شعاعی، جناب آقای دکتر سید محمد علی حسینی و جناب آقای دکتر مهدی شهیدی جهت راهنمایی‌ها و حمایت‌های بی دریغشان که روشنگر این راه ناهموار بوده است، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اساتید محترم سرکار خانم دکتر زهره رشیدی رنجبر و جناب آقای دکتر وحید صاحب که زحمت داوری این پروژه را متحمل شده‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم. و از تمامی اساتید بخش شیمی به ویژه سرکار خانم دکتر عصمت توکلی نژاد ریاست محترم بخش شیمی و جناب آقای دکتر محمدرضا اسلامی که مرا در انجام مشکلاتم یاری نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

تمامی دوستان و همکلاسی‌های عزیزم و همه کسانی که مرا در اتمام این پایان نامه همراهی کردند.

در پایان از پدر و مادر بسیار عزیز و مهربانم که بسیاری از ناهمواریها را برایم هموار ساختند و صمیمانه مرا در راه رسیدن به این هدف یاری رساندند، نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم و توفیق روزافزون این عزیزان را از خداوند متعال خواستارم.

چکیده

در این تحقیق خوردگی فولاد کربنی نرم در محیط اسید سولفوریک ۰/۵ مولار در حضور مقادیر متفاوتی از لیگاندهای باز شیف سه دندانه به عنوان بازدارنده به منظور تعیین پارامترهای خوردگی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور از روش‌های کاهش وزن، پلاریزاسیون پتانسیودینامیک و طیف نگاری امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) استفاده شد. همچنین روش‌های طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) و طیف سنجی ماوراء بنفش (UV-Vis) به منظور بررسی مکانیسم جذب نمونه‌ها به کار گرفته شد.

نتایج حاصل از پلاریزاسیون نشان می‌دهد که کلیه بازدارنده‌ها به صورت بازدارنده مختلط بیشتر آندی عمل کرده و افزایش غلظت بازدارنده‌ها تا یک حد معین، سبب افزایش راندمان بازدارندگی خوردگی می‌گردد. در حالیکه افزایش دمای محیط باعث کاهش راندمان بازدارندگی آن‌ها می‌شود.

به طور کلی جذب همه‌ی بازدارنده‌های مورد نظر از ایزوترم لانگمویر پیروی می‌کند. فرایند جذب به صورت ترکیبی از جذب فیزیکی - شیمیایی است و به شکل خود به خودی و گرمازا عمل می‌کند.

نتایج حاصل از طیف سنجی‌های مادون قرمز و ماوراء بنفش، حاکی از تشکیل لایه‌های حفاظتی بر روی سطح فلز بعد از غوطه‌وری در محلول اسیدی حاوی بازدارنده‌ها می‌باشد.

کلمات کلیدی: خوردگی، بازدارنده، پلاریزاسیون، طیف نگاری امپدانس الکتروشیمیایی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول : مقدمه
۲	۱-۱ مقدمه
۳	۲-۱ تعریف خوردگی
۴	۳-۱ زیان‌های ناشی از خوردگی
۵	۴-۱ واکنش‌های خوردگی
۶	۵-۱ انواع مختلف خوردگی
۷	۶-۱ روش‌های مبارزه با خوردگی
۷	۱-۶-۱ حفاظت از خوردگی بوسیله پوشش‌های مصنوعی
۸	۲-۶-۱ حفاظت الکتروشیمیایی
۸	۱-۲-۶-۱ حفاظت کاتدی
۸	۲-۲-۶-۱ حفاظت آندی
۸	۳-۶-۱ استفاده از مواد بازدارنده
۹	۷-۱ تعریف بازدارنده‌های خوردگی
۹	۸-۱ طبقه‌بندی بازدارنده‌های خوردگی
۱۰	۱-۸-۱ بازدارنده‌های اکسیدان و غیراکسیدان
۱۰	۲-۸-۱ بازدارنده‌های خطرناک و بی خطر
۱۰	۳-۸-۱ بازدارنده‌های آلی و معدنی
۱۰	۱-۳-۸-۱ بازدارنده‌های آلی
۱۰	۱-۳-۸-۱ بازدارنده‌های آلی
۱۱	۲-۳-۸-۱ بازدارنده‌های معدنی
۱۱	۴-۸-۱ بازدارنده‌های آندی و کاتدی
۱۱	۱-۴-۸-۱ بازدارنده‌های آندی
۱۱	۲-۴-۸-۱ بازدارنده‌های کاتدی
۱۲	۳-۴-۸-۱ بازدارنده‌های مختلط
۱۲	۵-۸-۱ بازهای شیف

۱۲	۱-۵-۸-۱ تاریخچه و کاربرد بازهای شیف
۱۳	۱-۵-۸-۲ سنتز بازهای شیف
۱۳	۹-۱ عوامل موثر در بازدارندگی
۱۳	۱-۹-۱ طبیعت سطح فلز
۱۳	۲-۹-۱ ماهیت محیط
۱۳	۳-۹-۱ غلظت بازدارنده‌ها
۱۴	۴-۹-۱ اثر pH سیستم
۱۴	۵-۹-۱ درجه حرارت سیستم
۱۴	۶-۹-۱ تاثیر میکرواورگانیزم‌ها
۱۵	۷-۹-۱ تاثیر سرعت حرکت محیط و هوادهی سیستم
۱۵	۱۰-۱ بازدارنده‌های مورد مصرف در اسید سولفوریک
۱۵	۱۱-۱ جذب
۱۶	۱-۱۱-۱ جذب فیزیکی
۱۶	۲-۱۱-۱ جذب شیمیایی
۱۸	۱۲-۱ عوامل مؤثر بر جذب بازدارنده‌ها
۱۸	۱-۱۲-۱ بار سطحی فلز
۱۸	۲-۱۲-۱ گروه‌های عاملی و ساختار بازدارنده
۱۹	۳-۱۲-۱ اثرات متقابل بازدارنده‌ها با مولکول‌های آب
۱۹	۴-۱۲-۱ اثرات متقابل بازدارنده جذب شده
۱۹	۵-۱۲-۱ واکنش بازدارنده‌های جذب شده
۲۰	۱۳-۱ ایزوترم‌های جذب و تأثیر آنها بر بازدارندگی از خوردگی
۲۰	۱-۱۳-۱ ایزوترم لانگمویر
۲۱	۲-۱۳-۱ ایزوترم فرامکین
۲۱	۳-۱۳-۱ ایزوترم تمکین
۲۲	۴-۱۳-۱ ایزوترم فرنلیچ
۲۲	۵-۱۳-۱ ایزوترم بروئر، امت و تلمر (BET)
۲۲	۱۴-۱ ترمودینامیک
۲۳	۱-۱۴-۱ انرژی آزاد

۲۳	۲-۱۴-۱ پتانسل پیل
۲۳	۳-۱۴-۱ کاربردهای ترمودینامیک در خوردگی فلزات
۲۵	۱۵-۱ روش‌های بیان سرعت خوردگی
۲۵	۱-۱۵-۱ روش کاهش وزن
۲۵	۲-۱۵-۱ روش‌های الکتروشیمیایی
۲۶	۱-۲-۱۵-۱ مقاومت پلاریزاسیون خطی
۲۷	۲-۲-۱۵-۱ پلاریزاسیون تافل
۲۹	۱۵-۱-۲-۳ طیف نگاری امپدانس الکتروشیمیایی (EIS)
۲۹	۱-۳-۲-۱۵-۱ منحنی نایکوئیست
۳۱	۲-۳-۲-۱۵-۱ مزایای روش EIS نسبت به روش پلاریزاسیون
۳۲	۱۶-۱ طیف سنجی مادون قرمز
۳۴	۱۷-۱ طیف سنجی ماوراء بنفش

فصل دوم : مواد و روش تحقیق

۳۷	۱-۲ موادشیمیایی استفاده شده در آزمایش‌ها
۳۷	۲-۲ دستگاه‌ها و وسایل مورد نیاز
۳۹	۳-۲ محلول‌های مورد آزمایش
۳۹	۴-۲ روش انجام آزمایش‌های خوردگی
۳۹	۱-۴-۲ روش کاهش وزن
۴۰	۲-۴-۲ آزمایش‌های پلاریزاسیون
۴۰	۳-۴-۲ آزمایش‌های امپدانس
۴۱	۴-۴-۲ طیف سنجی مادون قرمز
۴۱	۵-۴-۲ طیف سنجی ماوراء بنفش

فصل سوم : بحث و نتایج

۴۳	۱-۳ مقدمه
۴۳	۲-۳ پلاریزاسیون پتانسیودینامیک و کاهش وزن

۴۳	۱-۲-۳ اثر غلظت
۵۰	۲-۲-۳ ایزوترم‌های جذب
۵۱	۳-۲-۳ اثر دما
۶۰	۳-۳ بررسی پارامترهای ترمودینامیکی
۶۳	۴-۳ نتایج بررسی طیف نگاری امیدانس الکتروشیمیایی
۷۱	۵-۳ طیف سنجی مادون قرمز
۷۵	۶-۳ طیف سنجی ماوراء بنفش
۷۶	۷-۳ تاثیر ساختار شیمیایی بر راندمان اثر بازدارندگی
۷۷	۸-۳ نتیجه گیری
۷۹	منابع

فصل اول :

مقدمه

۱- مقدمه

یکی از مباحث بسیار مهم علمی، فنی و اقتصادی که کمتر از یک صد سال است توجه عده زیادی از دانشمندان و محققان را به خود جلب نموده و مطالعات گسترده‌ای بر روی آن انجام گرفته و می‌گیرد موضوع خوردگی^۱ به ویژه خوردگی فلزات می‌باشد. به منظور روشن ساختن، توجیه و تفهیم مکانیسم‌های انواع مختلف خوردگی تحقیقات و بررسی‌های جدی و مستمر مخصوصاً در پنجاه سال گذشته و همگام با پیشرفت‌های سریع صنایع گوناگون صورت پذیرفته، به طوری که با استفاده از اصول و مبانی علمی و نتایج حاصله از این پژوهش‌ها در تدوین مقررات و روش‌های خاص کنترل یا جلوگیری از خسارات ناشی از پدیده خوردگی اقدامات بسیار سودمندی به عمل آمده و به پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای نائل شده‌اند. همچنین از بدو شروع به فعالیت‌های گسترده در این زمینه انستیتوهای آموزشی و آزمایشگاه‌های تحقیقات صنعتی کمک‌های زیادی به آموزش اصول و مبانی واکنش‌های خوردگی کرده‌اند [۱]. باید دانست که خوردگی، به اصطلاح ترمودینامیکی، جزء واکنش‌های طبیعی خود به خودی^۲ می‌باشد، یعنی برای اینکه خوردگی اتفاق بیفتد نیاز به حداقل انرژی آزاد است. به عبارت دیگر، وقتی که فلزات در سنگ معدن به همراه ترکیبات غیر فلزی به شکل سولفیدها، کربنات‌ها، اکسیدها و غیره وجود دارد، از نظر ترمودینامیکی در حالت پایداری است. استخراج فلزات از سنگ معدن شامل فرایندهایی است که در طی آن شکل ترکیبی فلز با گرفتن الکترون به فلز آزاد تبدیل می‌شود. در نتیجه این فرآیندها، انرژی آزاد داخلی افزایش می‌یابد و فلز می‌کوشد با اکسید شدن یا سولفید شدن مجدد، این انرژی اضافی را از طریق از دست دادن الکترون از دست بدهد. این تمایل فلز به برگشت به حالت اولیه معدنی خود، نیروی محرکه لازم برای خوردگی است. حال، اگر علاوه بر این عمل درونی، هر گونه عامل بیرونی نیز به ازدیاد انرژی فلز کمک نماید، به طور طبیعی باعث خواهد شد تا روند خوردگی آسان‌تر گردد. خوردگی نه تنها باعث اتلاف ماده و انرژی می‌گردد بلکه با وارد نمودن ضرر و زیان اقتصادی و حتی جانی، اثرات تخریبی خود را چند برابر می‌کند [۲].

اگرچه خوردگی امری اجتناب‌ناپذیر است ولی مخارج و مضرات ناشی از آن را می‌توان به وسیله روش‌های کنترل خوردگی کاهش داد. استفاده از بازدارنده‌های خوردگی یکی از کم هزینه‌ترین روش‌های عملی کنترل خوردگی است. بازدارنده‌های خوردگی به طور وسیع در فعالیت‌های متعدد و کارخانه‌های عملیاتی بسیاری، به علت عملکرد موفقیت آمیزشان، کاربرد دارند. برخی از نمونه‌های آن عبارت‌اند از: پالایشگاه‌ها و کارخانه‌های پتروشیمی، حفاری ارسال نفت،

^۱ Corrosion

^۲ Spontaneous

خطوط لوله انتقال دهنده فرآورده‌های نفتی، آب آشامیدنی، آب خنک کننده‌ها، سیستم های املاح زدایی و اسیدی، خودروها و محیط‌شان، آب‌های دیگ‌های بخار، تسطیح و تورق کاغذ، تقویت فولاد در بتن کارخانه آسیاب سنگ معدن کارخانه‌های انرژی اتمی و ...

متون تخصصی منتشر شده توسط تولید کنندگان بازدارنده‌ها و مکانیسم فرایند باز دارندگی از خوردگی را بیان نمی‌کنند. بنابراین ایجاب می‌کند که مصرف کنندگان بازدارنده‌ها از دانش بالایی در خصوص شیمی و رفتار انحصاری باز دارنده‌ها که می‌تواند منجر به صرفه جویی‌هایی قابل توجه گردد برخوردار باشد [۳].

۲-۱ تعریف خوردگی

برای خوردگی تعاریف فراوانی ذکر شده است. استاندارد ISO ۸۰۴۴ خوردگی را به شکل زیر تعریف می‌کند:

واکنش فیزیکی شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطرافش که معمولاً دارای طبیعت الکترو شیمیایی بوده و نتیجه‌اش تغییر در خواص فلز می‌باشد. این تغییر خواص ممکن است منجر به از دست رفتن توانایی عملکرد فلز، محیط یا سیستمی شود که این دو قسمتی از آن را تشکیل می‌دهند [۴].

یکی از مهم ترین اشتباهات مشهود درباره‌ی خوردگی اختلاط معنی آن با زنگ‌زدگی است. زنگ زدن به نوعی خوردگی آلیاژهای آهن و فولاد اطلاق می‌شود در حالی که خوردگی شامل اکثریت فلزات می‌باشد [۵].

اساساً خوردگی الکتروشیمیایی نیازمند ۴ عامل اصلی و اولیه می‌باشد که عبارت است از: آند، کاتد، الکترولیت و مدار الکترونی.

لذا صاحب‌نظران خوردگی به ناچار ملاحظات لازم و دقیق در مورد فعالیت‌های پیچیده و بسیار ریز ملکول‌ها، یون‌ها و سطوح الکترونی را به عمل می‌آورند.

به همین دلیل و با در نظر گرفتن میزان دخالت یون‌ها، الکترون‌ها و اتم‌ها، سه جنبه‌ی اساسی در مورد پدیده‌ی خوردگی ملاحظه می‌گردد:

- شیمیایی
- الکتروشیمیایی
- فیزیکی

به طور مثال جهت نمایش خوردگی در سیستمی شامل آهن و اکسیژن از رابطه زیر استفاده می‌گردد:



این رابطه نشان می‌دهد که واکنش اولیه ی آهن با اکسیژن در آب خالص منجر به تشکیل هیدروکسید آهن می‌شود و اگر یکی از عوامل مزبور حضور نداشته باشد، خوردگی صورت نخواهد گرفت.

یادآور می‌شود که در صورت وجود ناخالصی‌ها یا آلودگی‌ها مثلاً در آب، محصولات خوردگی دیگری (غیر از هیدروکسید آهن) به وجود خواهد آمد [۱].

نیروی محرکه اصلی خوردگی از نوع ترمودینامیکی است. به عبارت دیگر در تمامی مواد (به خصوص فلزات) تمایل ترمودینامیکی برای از دست دادن الکترون‌های اضافی و رسیدن به حالت ترمودینامیکی پایدار وجود دارد که این خود اساس فرآیند خوردگی است [۶].

خوردگی واکنشی است که به طور طبیعی انجام می‌شود در حالی که مایل هستیم از نظر زیان‌هایی که به صنایع وارد می‌کند این واکنش انجام نشود، برای آنکه یک واکنش به طور طبیعی صورت نگیرد نیاز به صرف انرژی است. که این به زیان اقتصاد و به معنای صرف هزینه، صرف زمان و بهبود روش‌های طراحی، ساخت و تولید می‌باشد [۷].

۱-۳ زیان‌های ناشی از خوردگی

خوردگی پدیده گریز ناپذیری است که با رشد صنعت همواره وجود داشته و خسارت‌های جبران ناپذیری را به جامعه بشری وارد کرده است. براساس آمار در هر ۹۰ ثانیه یک تن فولاد در اثر زنگ زدگی از بین می‌رود، انرژی مورد نیاز برای تولید هر تن فولاد نیز حدوداً معادل انرژی مصرفی یک خانواده متوسط در عرض سه ماه است، به عبارت دیگر در سطح بین‌المللی تقریباً در هر ۶ دقیقه انرژی مصرفی سالانه یک خانواده متوسط در اثر خوردگی به هدر می‌رود و این در حالی است که از هر تن فولاد تولیدی در سطح جهان حدوداً پنجاه درصد آن برای جایگزین شدن به جای فولادهای زنگ زده به کار می‌رود [۵].

زیان‌های اقتصادی ناشی از خوردگی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد [۳]:

الف) زیان‌های مستقیم

از جمله این زیان‌ها می‌توان تعویض قطعات و دستگاه‌ها، تاسیسات و واحدهای عملیاتی و ساختمان‌ها را نام برد.

ب) زیان‌های غیر مستقیم

برخی از این زیان ها شامل از کار افتادن دستگاه ها، اتلاف محصولات، کاهش راندمان و آلودگی محصولات می باشند. گزیده ای از زیان های اقتصادی ناشی از خوردگی در بخش های مختلف در جدول ۱-۱ نشان داده شده است [۳].

جدول ۱-۱ برخی از زیان های اقتصادی ناشی از خوردگی

کشتی ها، هواپیما، وسایل نقلیه موتوری و ...	حمل و نقل
توزیع گاز، خدمات الکتریکی، سیستم های آب آشامیدنی، فاضلاب و سیستم های مخابراتی	خدمات
ذخیره سازی ضایعات هسته ای، صنایع دفاعی	دولت
صنایع غذایی، الکترونیکی، کاغذسازی، استخراج نفت و گاز، تصفیه نفت، استخراج معدن، شیمی، پتروشیمی، داروسازی، زراعت و کشاورزی	تولیدات و صنایع
پل ها، بزرگ راه ها، ریل های راه آهن، کانال های آب و لوله های انتقال گاز و مایعات	زیرسازی

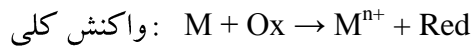
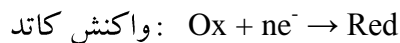
۴-۱ واکنش های خوردگی

بخش اعظم فرایندهای خوردگی از نوع خوردگی الکتروشیمیایی است. انجام این فرایندها طبق واکنش پیل های گالوانی صورت می گیرد که آن را پیل های خوردگی می نامند. دو نوع مهم از این نوع پیل ها وجود دارد:

الف- پیل های خوردگی با سطوح آند و کاتد جدا از هم

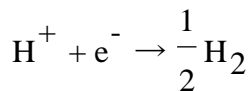
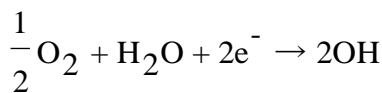
ب- پیل های خوردگی بدون سطوح آند و کاتد جدا از هم

در پیل های خوردگی واکنش های الکترودی زیر انجام می گیرد:



(۲-۱)

لذا برای اینکه خوردگی الکتروشیمیایی در یک فلز انجام گیرد وجود یک عامل اکسنده لازم است تا فلز اکسید شده و خود عامل کاهش یابد. در اغلب موارد خوردگی، نقش عامل اکسنده را اکسیژن حل شده در آب به عهده می گیرد و در بعضی موارد، مخصوصاً در محلول‌های اسیدی حاوی اکسیژن، یون‌های H^{+} این کار را انجام می‌دهند. در این صورت واکنش‌های کاتدی به ترتیب عبارتند از [۴]:



(۳-۱)

۵-۱ انواع مختلف خوردگی

خوردگی را می‌توان به روش‌های مختلف طبقه بندی نمود. اساس طبقه‌بندی، ظاهر و شکل فلز خورده شده می‌باشد. بدین طریق صرفاً با مشاهده فلز خورده شده می‌توان نوع خوردگی را مشخص کرد. برای تشخیص نوع خوردگی در اکثر موارد چشم غیر مسلح کافی است، لیکن گاهی اوقات بزرگ نمایی (مثلاً ذره بین یا میکروسکوپ‌هایی با بزرگنمایی‌های کم) مفید یا ضروری است. اطلاعات با ارزش برای حل یک مسئله‌ی خوردگی غالباً با مطالعه‌ی دقیق نمونه‌های آزمایشی خورده شده یا تجهیزات یا اجزائی که منهدم شده اند، بدست می‌آید. بررسی و مطالعه‌ی نمونه‌های خورده شده مخصوصاً قبل از تمیز کردن آن‌ها ضروری است.

از بین انواع خوردگی می‌توان ۸ نوع منحصر به فرد پیدا نمود، لیکن تمام آن‌ها کم و بیش وجه تشابه‌ی دارند. این ۸ نوع عبارتند از [۸]:

۱- خوردگی یکنواخت یا سرتا سری

۲- خوردگی گالوانیک یا دو فلزی

۳- خوردگی شیاری

۴- خوردگی حفره دار شدن

۵- خوردگی بین دانه ای

۶- خوردگی جدایش انتخابی

۷- خوردگی سایشی

۸- خوردگی توام با تنش

۱-۶ روش‌های مبارزه با خوردگی

چون خوردگی فلزات و آلیاژها نتیجه واکنش‌های شیمیایی و یا الکتروشیمیایی آنها و محیط خورنده مجاور می‌باشد، برای جلوگیری و مبارزه با خوردگی باید کیفیت و چگونگی فلز و محیط خورنده را کنترل نمود. از آنجا که ایجاد تغییرات در جنس و طبیعت محیط خورنده اغلب غیر ممکن است تنها اقدام عملی، افزودن مقادیر کمی از بعضی از مواد به نام کندکننده یا ضد زنگ است که خاصیت خوردگی محلول را کم کرده یا از بین ببرد. به طور آسان‌تر، برای جلوگیری از خوردگی فلز می‌توان طبیعت فلزات و آلیاژها را تغییر داد به طور مثال، به کار بردن فلزات نجیب یا آلیاژ بی‌اثر (از نظر شیمیایی) و غیر فعال در محیط خورنده یکی از این روش‌ها است. اولین روش حفاظت را که می‌توان به کار برد، ساختن و تهیه تأسیسات فلزی از آلیاژهای ارزان قیمت و پوشش آنها به وسیله لایه نازکی از مواد غیر فعال که باعث جدا شدن آلیاژ مذکور از محیط خورنده می‌شود [۹].

روش حفاظتی دیگری که به جای تغییر طبیعت فلزات و آلیاژها به کار برده می‌شود، استفاده از حفاظت الکتروشیمیایی است. در این روش روند پیشرفت الکتروشیمیایی خوردگی را با بردن فلز حفاظت شدنی به پتانسیلی که به ازای آن، شدت جریان آندی خیلی کم و یا صفر است تغییر می‌دهند.

۱-۶-۱ حفاظت از خوردگی بوسیله پوشش‌های مصنوعی

اساسی‌ترین وظیفه یک پوشش حفاظتی دور نگه داشتن عناصر از محیط‌های خورنده است. یک پوشش حفاظتی باید سد پایداری را بر روی ماده مورد نظر ایجاد کند. پوشش‌های حفاظتی بر اساس مقاومتی که در برابر خوردگی در محیط‌های خاص ایجاد می‌کنند، مورد ارزیابی و انتخاب قرار می‌گیرند. در برخی شرایط می‌توان فلز مورد نظر را با فلز دیگری که در محیط مورد نظر خوردگی کمتری دارد پوشش داد. مثلاً آهن را با کروم یا قلع می‌پوشانند. پوششی که برای حفاظت از یک فلز به کار می‌رود ممکن است رنگ یا مواد پلاستیکی باشد. به هر حال پوشش از هر جنسی که باشد بایستی با دقتی مخصوص برای تهیه سطح مناسب به کار رود [۱۰].

۱-۶-۲ حفاظت الکتروشیمیایی^۱

خوردگی الکتروشیمیایی یک فلز نتیجه عبور یک جریان آندی در میکروپیل های موضعی است. برای از بین بردن پدیده خوردگی بایستی فلز را به پتانسیلی برد که شدت جریان آندی اولیه صفر و یا خیلی ضعیف شود. حفاظت الکتروشیمیایی به دو روش زیر انجام می‌شود [۱۰]:

۱- حفاظت کاتدی^۲

۲- حفاظت آندی^۳

۱-۶-۲-۱ حفاظت کاتدی

عبارت است از کاهش یا متوقف کردن خوردگی با اعمال یک جریان خارجی مستقیم و یا اتصال فلز مورد نظر به آند فداشونده^۴ به طوری که در آن فلز مورد نظر به صورت کاتد در آمده و محافظت می‌شود [۶].

۱-۶-۲-۱-۲ حفاظت آندی

حفاظت آندی در مقایسه با حفاظت کاتدی دارای استفاده و کاربرد نسبتاً جدید می‌باشد. در این روش، توسط جریان مستقیمی که به فلز اعمال می‌شود، پتانسیل فلز مورد نظر الکتروپوزیتیو شده و به ناحیه روئین منتقل می‌شود [۱۰].

۱-۶-۳ استفاده از مواد بازدارنده^۵

امروزه یکی از روش‌های بسیار مهم کاهش خوردگی استفاده از بازدارنده‌های خوردگی است. افزودن برخی مواد به عنوان بازدارنده به محیط‌های خورنده مخصوصاً محیط‌های اسیدی باعث کاهش یا حتی توقف حمله اسیدی بر فلز می‌شود. بررسی‌های اولیه این پدیده که به عنوان جلوگیری یا ممانعت از خوردگی تعریف می‌شود، بسیار غیر علمی و متکی به تجربه بود. اما اکنون روند کوشش‌ها و بررسی‌های صورت گرفته روی پدیده بازدارندگی و دستیابی به بازدارنده‌های موثرتر به راحتی بیشتری صورت می‌گیرد [۱۱]. تغییر الکتروشیمیایی بازدارندگی خوردگی به معنای کاهش سرعت اکسایش فلز، با افزودن یک ترکیب شیمیایی است که در تماس با فلز در

^۱ Electrochemical protection

^۲ Cathodic protection

^۳ Anodic protection

^۴ Sacrificial anode

^۵ Inhibitor

سیستم فلز-الکترولیت خواهد بود [۱۲]. همواره دو فرآیند در واکنش بازدارنده روی سطح فلزی رخ می‌دهد. مرحله نخست، انتقال بازدارنده به سطح فلزی و مرحله دوم، برهم کنش میان بازدارنده و سطح فلز می‌باشد. این عملکرد بازدارنده خوردگی، تا حدودی مشابه عملکرد مولکول‌های دارو در بدن انسان است. به طوری که در هر دو مورد مکانیزم عمل شامل انتقال ذرات شیمیایی به محل‌هایی است که بایستی فعالیت در آنجا رخ دهد، و به دنبال آن واکنشی میان اجزای فعال یا محل‌های مورد نظر انجام می‌شود.

۱-۷ تعریف بازدارنده‌های خوردگی

یک بازدارنده، ماده شیمیایی است که هر گاه در غلظت‌های کم به یک محیط خورنده اضافه گردد می‌تواند به طور مؤثری واکنش فلز با محیط را کنترل کند، کاهش دهد و یا از آن جلوگیری کند [۱۲]. بازدارنده‌ها را می‌توان در محیط‌های مختلف نظیر آب، روغن، نفت، رنگ‌ها، سیمان و غیره به کار برد.

اثر یک بازدارنده بستگی به محیط اطراف و نوع فلز دارد. ماده‌ای که به عنوان بازدارنده برای یک فلز معین در یک محیط خورنده می‌تواند موثر باشد، ممکن است با تغییر هر یک از این پارامترها اثر آن تقلیل یابد یا حتی باعث تشدید خوردگی شود [۱۱].

چگونگی عملکرد یک بازدارنده را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- به صورت یک فیلم نازک بر روی سطح یک ماده در حال خورده شدن جذب می‌شود.
- موجب تشکیل یک محصول خوردگی ضخیم می‌شود.
- با تغییر خصوصیات محیط، تولید رسوبات محافظ و حذف یا غیرفعال کردن گونه مهاجم از خوردگی جلوگیری می‌کند [۱۳].

۱-۸ طبقه بندی بازدارنده‌های خوردگی

برای طبقه بندی بازدارنده‌ها روش‌های مختلفی وجود دارد، که هر کدام ویژگی خاصی را در نظر می‌گیرد. بعضی از طبقه بندی‌های ارائه شده به صورت زیر می‌باشد:

۱-۸-۱ بازدارنده‌های اکسیدان^۱ و غیر اکسیدان^۲

این تقسیم‌بندی بر مبنای امکان و توانایی بازدارنده در روئین سازی فلز می‌باشد. به طور کلی بازدارنده‌های غیر اکسیداسیون به حضور اکسیژن محلول در سیستم جهت عمل بازدارندگی و نگهداری فیلم روئین احتیاج دارند، ولی بازدارنده‌های اکسیدان نیازی به اکسیژن محلول ندارند [۱۴].

۲-۸-۱ بازدارنده‌های خطرناک و بی خطر

بازدارنده‌های بی خطر آن‌هایی هستند که چنانچه غلظت آن‌ها کمتر از غلظت بحرانی (حداقل) باشد، فقط خوردگی یکنواخت ایجاد خواهد نمود، که میزان آن کمتر از حالتی است که بازدارنده اضافه نشده باشد. بازدارنده‌های خطرناک آن‌هایی هستند که در غلظت‌های کمتر از غلظت بحرانی منجر به حملات شدید و خوردگی‌های حفره‌ای می‌شوند که میزان آن خیلی بیشتر از حالتی است که بازدارنده اضافه نشده باشد [۱۵].

۳-۸-۱ بازدارنده‌های آلی و معدنی

این تقسیم‌بندی بر این اساس استوار می‌باشد که بازدارنده ممکن است از مواد آلی یا معدنی تشکیل شده باشد.

۱-۳-۸-۱ بازدارنده‌های آلی

اثر بازدارندگی از خوردگی توسط ترکیبات آلی معمولاً از طریق جذب سطحی مولکول بازدارنده صورت می‌گیرد. چگونگی جذب ماده آلی به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- ساختار شیمیایی مولکول

۲- پتانسیل الکتروشیمیایی در سطح فلز- محلول

۳- ترکیب شیمیایی محلول

۴- ماهیت سطح

در جذب سطحی بازدارنده‌های آلی سه نوع جذب، جذب اوربیتال پیوند π ، جذب الکتروستاتیک و جذب شیمیایی شناخته شده‌اند. در جذب بازدارنده‌های آلی حداقل دو نوع جذب به طور

^۱ Oxidant inhibitor

^۲ Antioxidant inhibitor