

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده علوم

بخش شیمی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد شیمی فیزیک

ساخت و مطالعه نانومخازن و پوشش های هوشمند جهت کاهش
خوردگی آلیاژ آلومینیوم

مؤلف:

احمد خواجهویی راوری

استاد راهنما:

دکتر سید محمد علی حسینی

استاد مشاور:

دکتر عفت جمالیزاده

بهمن ۱۳۹۰



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: آقای احمد خواجهویی

استاد راهنما: آقای دکتر سید محمد علی حسینی

استاد مشاور: خانم دکتر عفت جمالیزاده

داور ۱: خانم دکتر مریم دهستانی

داور ۲: آقای دکتر وحید صاحب

نماینده تحصیلات تکمیلی: آقای دکتر حسن شاهیان

حق چاپ محفوظ و متعلق به دانشگاه شهید باهنر کرمان است

تقدیم به:

به پدرم، بزرگ استادم که درس تلاش و زندگی را از او آموختم.
به مادرم، بلندتکیه گاهم، مظهر صبر و مهربانی که هرچه دارم از اوست، دو وجود مقدسی که توانشان رفت تا من به توانایی رسم و موهایشان سپیدی گرفت تا من سپیدروی شوم.

به خواهر و برادر مهربانم که صبر و مهرشان بی پایان است و الگوی جاودانه ام خواهند بود.

به همسرم به خاطر عشق پاکش که همیشه یاورم در مسیر زندگی می باشد.

تشکر و قدردانی:

خدای بزرگ را شاکرم که در طول مدت تحصیل همواره یاری دهنده من بوده و به من صبر و شکیبایی در برابر مشکلات و ناملايمات عنایت نمود.

در ابتدا صمیمانه ترین تقدیرها تقدیم به خانواده عزیز و مهربانم که همواره حامی و مشوقم بوده اند و پیمودن روزهای سخت و آسان زندگی ام بدون دعای خیر، و برکت وجودشان غیرممکن بود.

از استاد راهنمای ارجمند جناب آقای دکتر سید محمد علی حسینی که با سعه صدر و صبوری مرا راهنمایی نموده و با ارائه نظرات سازنده و رهنمودهای بی دریغشان در پیشبرد این پایان نامه سعی تمام مبذول داشتند، کمال تشکر را دارم.

از استاد مشاور ارجمند سرکار خانم دکتر جمالیزاده که در طول این تحقیق با رهنمودها و تشویق های خود مرا مورد لطف خویش قرار دادند، صمیمانه سپاسگزارم .

از اساتید محترم سرکار خانم دکتر دهستانی و جناب آقای دکتر صاحب که زحمت بازخوانی و داوری این مجموعه را به عهده داشتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

از کلیه اساتید گرانقدر گروه که در دوران تحصیل از محضرشان کسب فیض نمودم، تشکر می نمایم. و در نهایت از تمامی دوستان و هم کلاسیهای عزیزم که در طول این مدت افتخار آشنایی و مصاحبت با آنها را داشتم، به پاس محبت های بی دریغشان سپاسگزارم.

چکیده

در این تحقیق، تکنیک جدیدی برای بررسی محافظت آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴ در برابر خوردگی، با ساخت سه نوع کپسول که حاوی دو نوع نانومخزن متفاوت سیلیکا و هالوسایت می باشد و همچنین نانوکپسول های حاصل از روش امولسیون، که قادر هستند بازدارنده خوردگی را در یک شیوه کنترل شده آزاد کنند، استفاده شد. نانوتیوپ های هالوسایت با فضای خالی داخلی به وسیله ی بازدارنده های خوردگی پر شدند و سطوح خارجی آنها بصورت لایه لایه با سورفکتانت ها، یون های فلزی و پلی الکترولیت ها پوشیده شدند. سپس سرعت رهاسازی بازدارنده از انواع نانوکپسول ها، در مقادیر pH و دمای متفاوت با استفاده از اسپکتروفتومتری Uv-Visible مطالعه شد. علاوه بر آن، تاثیر پارامترهای متغیر محلول (pH و دما) بر روی غلظت آزاد شده بازدارنده و توانایی این ذرات وارده به پوشش، جهت بدست آوردن شرایط مناسب برای حفاظت خوردگی هوشمند به وسیله روش پلاریزاسیون پتانسیودینامیک مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، توانایی ضد خوردگی پوشش رنگ که شامل ۵٪ نانوکپسول حاوی سالیسیلال دوکسیم بوده بر روی آلیاژ آلومینیوم به وسیله روش های پلاریزاسیون پتانسیودینامیک، اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل، اثر مفید نانوکپسول های حاوی ممانعت کننده را بر ساختار پوشش رنگ در کاهش جریان خوردگی و سایر کمیت های الکتروشیمیایی نشان می دهد.

کلمات کلیدی:

حفاظت از خوردگی، نانوکپسول، پوشش، آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول : مقدمه
۲	مقدمه
۳	۱-۱ تعریف خوردگی
۴	۲-۱ زیان های مالی ناشی از خوردگی
۴	۳-۱ انواع خوردگی
۵	۴-۱ عوامل موثر بر خوردگی
۶	۵-۱ روشهای مبارزه با خوردگی
۶	۱-۵-۱ حفاظت الکتروشیمیایی
۶	۲-۵-۱ بازدارنده ها یا ممانعت کننده های خوردگی
۷	۱-۲-۵-۱ استفاده از مواد بازدارنده یا ممانعت کننده
۷	۳-۵-۱ پوشش ها
۸	۱-۳-۵-۱ تمیزکاری و آماده سازی سطح
۹	۲-۳-۵-۱ پوشش های کرومات
۹	۳-۳-۵-۱ پوشش های سل - ژل
۱۰	۴-۳-۵-۱ پوشش رنگ
۱۰	۱-۴-۳-۵-۱ اجزا تشکیل دهنده رنگ
۱۱	۲-۴-۳-۵-۱ رزین های اپوکسی
۱۲	۳-۴-۳-۵-۱ ویژگی رزین های اپوکسی
۱۲	۴-۴-۳-۵-۱ انواع رنگ های اپوکسی
۱۳	۶-۱ نانو رنگ ها
۱۳	۱-۶-۱ پوشش های خود ترمیم کننده
۱۴	۲-۶-۱ کپسوله کردن بازدارنده خوردگی داخل کامپوزیت ها
۱۴	۳-۶-۱ مزایای کپسوله کردن بازدارنده خوردگی داخل کامپوزیت ها
۱۵	۷-۱ کپسول ها
۱۵	۱-۷-۱ نانو کپسول ها
۱۶	۲-۷-۱ هدف از کپسوله کردن مواد

۱۶	۳-۷-۱ انواع روش های کپسوله کردن
۱۶	۱-۳-۷-۱ استفاده از نانوحامل ها
۱۶	۱-۱-۳-۷-۱ نانوذره
۱۷	۲-۱-۳-۷-۱ نانولوله کربنی
۱۸	۳-۱-۳-۷-۱ نانولوله های هالوسایت
۱۹	۲-۳-۷-۱ نانوامولسیون ها
۲۰	۱-۲-۳-۷-۱ کاربرد نانوامولسیون ها
۲۱	۲-۲-۳-۷-۱ انواع نانوامولسیون ها
۲۱	۱-۲-۲-۳-۷-۱ لیپوزوم ها
۲۲	۲-۲-۲-۳-۷-۱ مایسل ها
۲۲	۳-۲-۳-۷-۱ معرفی سورفکتانت
۲۴	۱-۳-۲-۳-۷-۱ کاربرد سورفکتانت ها
۲۴	۲-۳-۲-۳-۷-۱ انواع سورفکتانت ها
۲۵	۸-۱ پتانسیل زتا
۲۷	۹-۱ سرعت خوردگی
۲۷	۱-۹-۱ پلاریزاسیون
۲۸	۱-۱-۹-۱ انواع روش های آزمایش پلاریزاسیون
۲۹	۲-۱-۹-۱ پتانسیوستات
۲۹	۳-۱-۹-۱ نمودارهای تافل
۳۰	۲-۹-۱ اسپکتروسکوپی آمپدانس الکتروشیمیایی
۳۳	۱۰-۱ معرفی آلومینیوم
۳۳	۱-۱۰-۱ انواع آلیاژهای آلومینیوم
۳۴	۲-۱۰-۱ آلیاژ آلومینیوم ۲۰۲۴

فصل دوم: مواد و روش تحقیق

۳۶	۱-۲ مواد شیمیایی استفاده شده در آزمایشات
۳۸	۲-۲ دستگاها و وسایل مورد نیاز
۳۹	۱-۲-۲ ظرف آزمایش

۳۹	۲-۲-۲ الکتروود مرجع
۴۰	۳-۲-۲ الکتروود کمکی
۴۰	۴-۲-۲ الکتروود کار
۴۰	۳-۲ تهیه محلول ها
۴۰	۴-۲ تهیه نانو کپسول ها
۴۰	۱-۴-۲ تهیه نانو کپسول های هالوسایت
۴۳	۲-۴-۲ تهیه نانو کپسول های سیلیکا
۴۳	۱-۲-۴-۲ روش امولسیون
۴۴	۲-۲-۴-۲ استفاده از نانو ذرات سیلیکا
۴۵	۵-۲ تهیه نمونه های آلیاژ آلومینیوم
۴۵	۶-۲ تهیه پوشش رنگ
۴۵	۷-۲ اندازه گیری سایز و پتانسیل زتا نانو کپسول ها
۴۶	۸-۲ اندازه گیری سرعت رها سازی بازدارنده و جذب لایه ها
۴۶	۹-۲ روش انجام آزمایشات خوردگی
۴۶	۱-۹-۲ آزمایش های پلاریزاسیون
۴۶	۲-۹-۲ آزمایش های امیدانس
۴۷	۳-۹-۲ تصاویر میکروسکوپ نوری
۴۷	۱۰-۲ تعیین مورفولوژی نانو کپسول

فصل سوم : ارائه یافته ها و نتایج

۴۹	۱-۳ نتایج حاصل از zeta-sizer
۴۹	۱-۱-۳ نتایج آزمون پتانسیل زتا
۵۰	۲-۱-۳ نتایج پتانسیل زتا از نانو کپسول ها
۵۳	۳-۱-۳ نتایج اندازه گیری سایز نانو کپسول ها
۵۶	۲-۳ نتایج حاصل از طیف جذبی Uv-Visible
۵۶	۱-۲-۳ نتایج بررسی جذب لایه ها بر روی نانوذرات
۵۸	۲-۲-۳ نتایج بررسی سرعت رها سازی بازدارنده
۶۲	۱-۲-۳ مطالعه اثر عوامل محیطی بر آزاد سازی بازدارنده
۶۶	۳-۳ مورفولوژی نانو کپسول حاوی هالوسایت

۶۷	۴-۳ نتایج پلاریزاسیون پتانسیو دینامیک
۶۷	۱-۴-۳ نتایج پلاریزاسیون نانو کپسول بدون قرار گیری در پوشش
۶۷	۱-۴-۳-۱ اثر زمان
۶۹	۲-۴-۳-۱ اثر دما
۷۱	۳-۴-۳-۱ اثر pH
۷۲	۲-۴-۳ نتایج پلاریزاسیون پوشش اپوکسی با حضور و عدم حضور نانو کپسول
۷۵	۳-۴-۳ نتایج بررسی امپدانس الکتروشیمیایی پوشش اپوکسی با حضور و عدم حضور نانو کپسول
۷۸	۴-۴-۳ نتایج تصاویر میکروسکوپ نوری پوشش اپوکسی با حضور و عدم حضور نانو کپسول
۷۹	نتیجه گیری
۸۰	منابع

فصل اول :

مقدمه

مقدمه

از زمانهای قدیم که خطر خوردگی فلزات، تار و پود زندگی بشر را نشانه می‌رفت تا به امروز که خوردگی خسارات سنگینی را به جوامع صنعتی تحمیل می‌نماید، همواره تفکر صاحبان علم به یافتن راهکارهای مناسب علمی و فنی معطوف بوده تا با دست یابی به شیوه‌های مناسب، بر این پدیده زیانبار چیره شوند. با توجه به هزینه سنگینی که خوردگی فلزات به جوامع بشری تحمیل می‌کرد انسان‌ها به فکر راهکارهایی برای کاهش این پدیده زیانبار و گاه حتی خطرناک افتادند [۱]. آلیاژهای مقاوم به خوردگی (CRA) از قبیل آلیاژهای آلومینیومی، هر چند در مقابل خوردگی یکنواخت مقاومت بالایی دارند، و یک لایه اکسید آلومینیوم محافظ روی سطح خود ایجاد می‌کند، این پوشش در محیط‌های خورنده تحلیل رفته و باعث خوردگی آلومینیوم می‌شود، مخصوصاً محیط‌های حاوی NaCl منجر به تشکیل کلرید آلومینیوم شده و باعث کاهش اثربخشی لایه اکسید در جلوگیری از خوردگی می‌شود. وجود ۴-۵ درصد مس در آلیاژ ۲۰۲۴ باعث تسریع خوردگی می‌شود [۲]. آلیاژهای آلومینیوم ۲۰۲۴ به علت مقاومت بالای خوردگی کاربرد زیادی در صنعت هوافضا و صنایع دریایی دارند به طوریکه بسیاری از کشتی‌های سبک و قایقها از این ماده ساخته می‌شوند و در نتیجه اهمیت بسزایی دارد. وجود آنیون کلرید در آب دریا باعث تشدید خوردگی حفره‌ای می‌شود [۳].

از روش‌های متداول و عمومی برای محافظت از خوردگی می‌توان به گالوانیزاسیون و پوشش‌های پلیمری اشاره کرد، البته راه ساده‌تری نیز وجود دارد و آن افزودن یک لایه ضد آب روی آهن، فولاد، آلیاژهای آلومینیوم و دیگر فلزات مستعد خوردگی است. پوشش‌های کرم یکی از روش‌های معمول و مؤثر در این راستا است اما خطرات کرم برای سلامتی در طی فرآیند ساخت، از جمله مشکلات پیش‌رو در این زمینه است به طوری که استفاده از پوشش‌های کرم از سال ۲۰۰۷ به بعد در اروپا ممنوع خواهد شد [۴].

یکی از روش‌های جلوگیری از خوردگی فلزات بهره‌گیری از پوشش‌ها است. به منظور بهبود ویژگی‌های خود ترمیمی پوشش‌ها، از ممانعت‌کننده‌ها استفاده شده است. با این وجود اثر منفی ممانعت‌کننده در ساختار پوشش بر پایداری فیلم محافظ برای تمام انواع ممانعت‌کننده مشاهده شده است. در این تحقیق از نانو مخازن هوشمند برای نگهداری ممانعت‌کننده‌ها استفاده شده است تا از تماس مستقیم ممانعت‌کننده و پوشش جلوگیری کند [۵-۸].

این پوشش همانند دیگر پوشش‌ها عمل می‌کند و تنها تفاوت آن هوشمند بودن در برابر آسیب دیدگی است. زمانی که پوشش دچار آسیب دیدگی شود، مواد ضد خوردگی از پلیمرها در

قسمت آسیب دیده آزاد شده و به درون لایه ژلی نفوذ می کنند و به سرعت باعث ترمیم شکاف ایجاد شده می شوند، تمام این مراحل قبل از رسیدن هر گونه عامل خوردنده به فلز پایه صورت می گیرد. این پوشش قادر است آلیاژ آلومینیم را در محلول نمکی برای مدت زمان طولانی محافظت کند. زمانی که پوشش آسیب می بیند، نقطه آسیب دیده که طولی کمتر از چند ده میکرومتر دارد در کمتر از ۲۴ ساعت ترمیم می شود [۹].

۱-۱ تعریف خوردگی

یکی از مهمترین اشتباهات مشهود درباره خوردگی اختلاط معنی آن با زنگ زدگی است. زنگ زدن به نوعی خوردگی آلیاژهای آهن و فولاد اطلاق می شود در حالی که خوردگی شامل اکثریت فلزات می باشد [۱۰].

خوردگی را می توان به طریق مختلف تعریف نمود، مثلاً تعریف اثر نبود کننده محیط اطراف بر روی فلز [۱۱] یکی از این تعریف ها است. اما باید توجه داشت که با قبول این تعریف، در واقع تفاوت اساسی بین خوردگی و فرسایش قائل نشده ایم. خوردگی، اثر شیمیایی تخریب کننده بر روی فلز است در حالی که فرسایش معمولاً تأثیر مخرب فیزیکی محیط بر ماده می باشد. برای یافتن تعریف بهتری از خوردگی باید دانست که اگر از خوردگی الکتروشیمیایی (که به خصوص مورد نظر ما در اینجا است) دم می زنیم، نمی توانیم طبیعت شیمیایی این روند را فراموش کنیم. یکی از تعاریفی که برای خوردگی قبول شده، عبارت است از: واکنش آندی که برای ما از نظر اقتصادی مضر باشد. البته این تعریف شاید چندان جامع و مانع نباشد، اما می تواند تصور ذهنی ما از خوردگی الکتروشیمیایی در درجه حرارت های نسبتاً پایین را بیان نماید. برای شناخت عامل اصلی و نیروی محرکه خوردگی، باید بتوان منطق و نوع واکنش شیمیایی (در اینجا آندی) را توضیح داد تا کاملاً ضررها مفهوم گردد.

فلزات در طبیعت معمولاً به حالت خالص وجود ندارند، بلکه بیشتر به شکل ترکیبات اکسیدی و سولفیدی یافت می شوند. به دلیل داشتن ترکیبات، درجه اکسیداسیون فلزات در این حالت نسبت به فلز خاص بیشتر است. برای استخراج فلز از سنگ معدن باید شکل اکسید شده و یا سولفید شده فلز را احیاء کرد تا به فلز آزاد برسد. با احیا کردن شکل اکسید شده فلز به فلز آزاد، انرژی آزاد درونی افزایش می یابد و در نتیجه فلز می کوشد با اکسید شدن مجدد (از دست دادن مجدد الکترون)، انرژی اضافی خود را دفع کند. این تمایل فلز به اکسید شدن را می توان نیروی محرکه لازم برای انجام عمل خوردگی دانست و تقریباً در تمام فلزات بجز فلزات بسیار نجیب، مثل پلاتین و طلا به چشم می خورد [۱۲].

۲-۱ زیان های مالی ناشی از خوردگی

الف) زیان های مستقیم

از جمله این زیان ها شامل تعویض قطعات و دستگاه ها، تاسیسات و واحدهای عملیاتی، ساختمان ها و هزینه های مربوط به نیروی انسانی را می توان نام برد [۱۳].

ب) زیان های غیر مستقیم

ارزیابی این زیان ها به مراتب پیچیده تر و دشوارتر است. برخی از این زیان ها شامل از کار افتادن دستگاه ها، اتلاف محصولات، کاهش راندمان و آلودگی محصولات می باشند. مسئله خوردگی سالیانه هزینه های هنگفتی به جای می گذارد به طوری که می توان گفت هزینه های خوردگی از هزینه مجموع بلایا مثل سیل، زلزله، آتش سوزی و تصادفات جاده ای خیلی بیشتر است [۱۳].

۳-۱ انواع خوردگی

معایب و خسارات حاصل از خوردگی را نباید تنها به صورت زنگ زدگی، انحلال، اکسید شدن و یا تیرگی فلزات در نظر گرفت، زیرا صدمات ناشی از خوردگی ممکن است به صورت دیگر نیز انجام شود که منجر به ترک خوردن، گسستن، کاهش یا از بین رفتن مقاومت مکانیکی و یا قابلیت انعطاف فلزات گردد. در برخی موارد محصولات ناشی از خوردگی قابل رؤیت نبوده و نیز ممکن است کاهش وزن فلز محسوس نباشد. طبقه بندی انواع خوردگی همواره با توجه به شکل ظاهری فلز خورده شده صورت می گیرد، به طوری که در اکثر حالات با مشاهدات معمولی (چشم غیر مسلح) می توان نوع آن را مشخص نمود [۱۳]. این طبقه بندی انواع خوردگی بر اساس شکل ظاهرشان در جدول ۱-۱ ارائه شده است [۱۴-۱۵].

جدول ۱-۱: انواع خوردگی

انواع خوردگی	عامل به وجود آورنده
خوردگی یکنواخت	انجام یک واکنش شیمیایی یا الکتروشیمیایی
خوردگی گالوانیک	ایجاد اختلاف پتانسیل بین آند و کاتد و خوردگی شدن سریعتر یکی از فلزات
خوردگی شیاری	قرار گرفتن نواحی سطح فلز که حالت ساکن دارند در معرض محیط خوردنده
خوردگی رشته ای	قرار گرفتن زیرلایه های پوشش دهنده سطح در معرض محیط خوردنده
خوردگی حفره ای	قرار گرفتن خراش یا نقص سطحی فلز در معرض محیط خوردنده
خوردگی مرز دانه ای	عدم تطابق شبکه بلوری فلز در فصل مشترک بین دو دانه
خوردگی جدایشی	از بین رفتن یکی از عناصر موجود در یک آلیاژ در اثر وقوع خوردگی
خوردگی سایشی	از بین رفتن یک فلز در اثر حرکت نسبی بین الکترولیت و سطح فلز
خوردگی فرسایشی	قرار گرفتن سطوح تماس بین دو فلز در معرض ارتعاش و لغزش
خوردگی تنشی	قرار گرفتن فلز تحت تنش در محیط خوردنده
خوردگی خستگی	شکست یک فلز در اثر تنش های متناوب
خوردگی هیدروژنی	خسارت مکانیکی وارده به فلز در اثر وجود هیدروژن در محیط
خوردگی بیولوژیکی	از بین رفتن فلز در اثر فعالیت میکروارگانیسم ها

۱-۴ عوامل موثر بر خوردگی

مهمترین عواملی که در واکنشهای خوردگی دخالت موثر دارند [۱۳] عبارتند از:

الف) درجه حرارت:

افزایش دما موجب افزایش میزان و سرعت خوردگی می شود، حتی زمانی که دمای قسمت های مختلفی از قطعه معینی متفاوت باشد، قسمتی که دمایش بالاتر است آند تر است یعنی زودتر خوردگی در آن ایجاد می شود.

ب) اختلاف پتانسیل:

وقتی دو تا فلز متفاوت و متصل به هم در الکترولیت مشترکی قرار می گیرند به علت اختلاف پتانسیل موجود بین الکترودها، فلزی که در جدول سری گالوانیکی بالاتر است، آند می باشد و زودتر خورده می شود.

ج) زمان:

اثرات و صدمات خوردگی معمولاً نسبت به زمان افزایش می یابد.

د) شرایط سطحی:

سرعت خوردگی در مورد سطوح صیقلی و تمیز نسبت به سطوح صاف و زبر بیشتر است. عوامل دیگری مانند؛ فشار، ناخالصی محیطی و خواص فلزی در واکنشهای خوردگی مؤثرند.

۱-۵ روشهای مبارزه با خوردگی

۱-۵-۱ حفاظت الکتروشیمیایی

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 [۱۶].

۱-۵-۲ بازدارنده ها یا ممانعت کننده های خوردگی

یک ممانعت کننده، ماده شیمیایی است که هرگاه در غلظتهای کم به یک محیط خورنده اضافه گردد می تواند به طور مؤثری واکنش فلز با محیط را کنترل کند، کاهش دهد و یا از آن جلوگیری کند [۱۷]. بازدارنده ها را می توان در محیط های مختلف نظیر آب، روغن، نفت، رنگها، سیمان و غیره به کار برد.

اثر یک بازدارنده بستگی به محیط اطراف و نوع فلز دارد. ماده ای که بعنوان بازدارنده برای یک فلز معین در یک محیط خورنده می تواند مؤثر باشد، ممکن است با تغییر هر یک از این پارامترها اثرش تقلیل یابد یا حتی باعث تشدید خوردگی شود [۱۷].

چگونگی عملکرد یک ممانعت کننده را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

۱- به صورت یک فیلم نازک بر روی سطح یک ماده در حال خورده شدن جذب می شود.

۲- موجب تشکیل یک محصول خوردگی ضخیم می شود.

۳- با تغییر خصوصیات محیط، تولید رسوبات محافظ و حذف یا غیر فعال کردن گونه مهاجم از خوردگی جلوگیری می کند [۱۸].

۱-۲-۵-۱ استفاده از مواد بازدارنده یا ممانعت کننده

افزودن برخی مواد به عنوان ممانعت کننده به محیط های خورنده، مخصوصا محیطهای اسیدی باعث کاهش یا حتی توقف حمله اسیدی بر فلز می شود. بررسی های اولیه این پدیده که به عنوان جلوگیری یا ممانعت از خوردگی تعریف می شود، بسیار غیر علمی و متکی به تجربه بود. اما اکنون روند کوششها و بررسیهای صورت گرفته روی پدیده بازدارندگی و دستیابی به ممانعت کننده های مؤثرتر به راحتی بیشتری صورت می گیرد.

به طور کلی هر فرآیند تأخیر در خوردگی را می توان بازدارندگی نامید. به تعبیر الکتروشیمیایی بازدارندگی خوردگی به معنای کاهش نرخ اکسایش فلز با افزودن یک ترکیب شیمیایی است که در تماس با فلز در سیستم فلز-الکترولیت خواهد بود [۱۹]. ممانعت کننده خوردگی ممکن است در فاز مایع، بخار و یا به هر دو صورت باشد. ولی همواره دو فرآیند در واکنش ممانعت کننده روی سطح فلزی رخ می دهد. مرحله نخست، انتقال ممانعت کننده به سطح فلزی و مرحله دوم، برهمکنش میان ممانعت کننده و سطح فلز می باشد. این عملکرد ممانعت کننده خوردگی، تا حدودی مشابه عملکرد مولکولهای دارو در بدن انسان است. بطوری که در هر دو مورد مکانیزم عمل شامل انتقال ذرات شیمیایی به محللهایی است که بایستی فعالیت در آنجا رخ دهد، و به دنبال آن واکنشی میان اجزای فعال با محللهای مورد نظر انجام می شود.

۱-۳-۵ پوشش ها

پوشش کامل از تماس الکتریکی آند و کاتد با الکترولیت اطراف جلوگیری نموده و به این ترتیب از جاری شدن جریان خوردگی ممانعت به عمل می آورد. البته ایجاد پوششی که از لحاظ الکتریکی عایق کامل باشد، غیر عملی و غیر ممکن بوده و کلیه پوششها در طول زمان در نواحی که از نقطه نظر پوشش ضعیف هستند از بین رفته و فلز زیر آن نمایان می شود [۱۷]. از دیدگاه دیگر، عمل حفاظتی پوششها از یک یا چند مکانیسم که در زیر به آنها اشاره می شود ناشی می گردد، که عبارتند از:

الف: جلوگیری از تماس بین محیط و جسم مورد نظر

ب: محدود ساختن تماس بین محیط و جسم مورد نظر

ج: انتشار موادی که سبب کندکنندگی حملات محیط بر روی جسم مورد نظر می شوند.

د: تولید جریانهای الکتریکی جهت محافظت جسم مورد نظر پوششهای محافظ از نقطه نظر جنس، معمولاً به سه دسته تقسیم میشوند:

الف: پوششهای محافظ از نقطه نظر پوششهای نیکل، روی، سرب، آلومینیوم، کرم، قلع، مس، نقره، کادمیم و... [۱۸].

ب: پوششهای آلی نظیر رنگها، لاکها، لعابها یا رویه های روغنی، لعابهای سخت، رنگهای پخته یا کوره ای، لاستیکها، پوششهای قیری، پلاستیکها و... [۱۷].

ج: پوششهای معدنی نظیر لعابهای شیشه ای، پوششهای سیمانی و پوششهای تبدیل شیمیایی [۱۸].

اقدام بسیار مهمی که در ایجاد و اجرای سیستمهای پوششی در عمل باید انجام شود، تمیزکاری و آماده سازی سطحی قطعات و وسایل مورد حفاظت می باشد، زیرا در غیر این صورت، تأثیر و نتیجه بهترین نوع پوشش، کمتر از یک پوشش نامرغوب خواهد بود.

۱-۳-۵-۱ تمیزکاری و آماده سازی سطح

در اغلب عملیات پوشش دادن، $\frac{2}{3}$ هزینه کل کار جهت آمادگی سطح در نظر گرفته می شود. روشهای مختلفی به منظور آماده سازی وجود دارند که عبارتند از:

۱- استفاده از حلالها و شوینده های شیمیایی

۲- تمیزکاری به وسیله بخار

۳- تمیزکاری با ابزارهای دستی

۴- تمیزکاری با ابزارآلات

۵- تمیز کردن با پاشش آب

۶- تمیز کردن با پاشش مواد ساینده

به طور کلی در عمل، آماده سازی سطح شامل دو مرحله اصلی ذیل می باشد:

الف: تمیزکاری سطح از گریس، روغنها، چربی ها و کثافات

برای این منظور معمولاً از یکسری محلولهای قلیایی و یا حلالهای خاص استفاده می شود.

به کارگیری محلولهای آبی قلیایی، معمولاً ارزان تر، کم خطرتر و مؤثرتر از حلالها می باشد، ولی برای تمیز کردن روغنهای سنگین و یا روغنهای سوخته، تأثیر کمتری دارد. از محلولهای مناسب این گروه عبارتند از فسفات سدیم Na_3PO_4 ، سود سوزآور NaOH ، کربنات سدیم Na_2CO_3 و ترکیبات دیگری نظیر برآکس، پیرو فسفات سدیم و متا فسفات سدیم که اغلب این محلولها را همراه مواد نفوذی و مرطوب کننده به کار می برند.

ب: زنگ زدایی و رسوب زدایی کامل قطعات و دستگاهها
برای این منظور معمولاً قطعات را در اسیدهای مشخصی غوطه ور می سازند. انواع اسیدهای معمول به منظور رسوب زدایی عبارتند از: اسید کلریدریک HCl ، اسید نیتریک HNO_3 ، اسید سولفوریک H_2SO_4 ، اسید فلوئوریدریک H_2F_2 ، اسید سولفامیک NH_2SO_2OH ، اتیلن دی آمین تتر استات EDTA و ...
علاوه بر زنگ زدایی توسط اسیدها، می توان از روشهای دیگری نظیر پاشش مواد ساینده به سطح قطعات، پاشیدن آب یا بخار آب با فشار بالا، به کارگیری تیغه های ساینده، تمیزکاری با شعله و ... نیز استفاده نمود. انواع پوششها به سه دسته تقسیم می شوند:

۱-۳-۲ پوشش های کرومات

کرومات ها موثرترین سیستم حفاظت خوردگی برای فلزات می باشند. ترکیبات شامل کروم شش ظرفیتی نوع سنتی بازدارنده های خوردگی هستند که محافظت از خوردگی بهتری نسبت به سایر بازدارنده ها به علت خواص اکسیداسیون قوی Cr^{+6} نشان میدهند. اما با کاربرد پوشش های کرومات بر روی فلز ترکیبات کروم شش ظرفیتی با قرار گرفتن در معرض محیط آبی، خراش ها و نقص ها به آهستگی شسته می شوند. یون های کرومات در برهمکنش با سطح فلز، پوشش هیدراته جامد $Cr_2O_3.nH_2O$ را تشکیل می دهند. هرچند مکانیسم کرومات ها برای حفاظت از خوردگی فلزات هنوز هم کاملاً شفاف نیست. به رغم حفاظت از خوردگی خوب، قابلیت شستشو و خواص اکسیداسیون بالای کرومات ها این ترکیبات را از نظر زیست محیطی نامناسب ساخته است. تماس با پوست، تنفس و بلع زایعات کروم سبب ورود این ترکیبات به بدن انسان می شود. گونه های کروم شش ظرفیتی باعث آسیب DNA و ایجاد سرطان می شوند. هرچند اثرات سمی کرومات ها تنها به سرطان محدود نمی شود. بنابراین مقررات زیست محیطی استفاده از ترکیبات شامل Cr^{+6} در سیستم های حفاظت خوردگی ممنوع کرده و در نتیجه نیاز فراوانی به ساخت و پیشرفت پوشش های غیر کرومات و سازگار با محیط زیست وجود دارد. یکی از بهترین جایگزین ها برای پوشش های کرومات، پوشش های سل-ژل هستند [۲۰].

۱-۳-۳ پوشش های سل - ژل

اصطلاح sol-gel مخفف عبارت solution-gelling است که نشان دهنده فرایندی است که به وسیله آن مواد غیر آلی تا حد زیادی سنتز می شوند. سل از پراکندگی ذرات کلوئیدی که از پیش

ماده های حل شده در یک مایع شروع شده و از طریق زنجیره ای از واکنش های شیمیایی که شامل پلیمریزاسیون در دمای اتاق است به حالت جامد تبدیل می شوند، حاصل می شود. ژل یک شبکه پلیمری به هم پیوسته است که از تجمع سل تشکیل شده است. فرایند سل ژل یک روش سنتز شیمیایی است که در ابتدا برای تهیه مواد غیر آلی مانند شیشه ها و سرامیک ها استفاده شد [۲۱]. با کمک فرایند سل-ژل می توان پودرهای فوق ریز یا کروی، روکش های فیلم نازک، الیاف سرامیکی، غشاهای معدنی میکرو حفره ای، سرامیک ها و شیشه های یکپارچه و مواد آئروژل به شدت متخلخل را تولید نمود. کاربرد دیگر این تکنیک در تولید نانو ذرات کلوئیدی از فاز مایع است که برای تولید نانو ذرات و پوشش ها مورد استفاده قرار می گیرد [۲۲].

۱-۵-۳-۴ پوشش رنگ

۱-۵-۳-۴-۱ اجزا تشکیل دهنده رنگ

الف- قسمت مایع پوشش

شامل رزین، حلال و پلاستیک کننده ها می باشد.

۱- رزین

پایه اصلی رنگ را تشکیل می دهد و انتخاب نوع سیستم پوشش از روی تعیین نوع رزین انجام می گیرد. رزین مواد پلیمری با جرم مولکولی پایین می باشند که به صورت مایع روی سطح پخش شده و با انجام واکنش پلیمریزاسیون جرم مولکولی آن بالا رفته و به صورت جامد در می آید. در خواص اولیه پوشش، نظیر مقاومت در مقابل آب، مقاومت شیمیایی، زمان گیرش، نرمی و چسبندگی به سطح زیرین رزین ها نقش مؤثری دارند. پوششها معمولاً بر حسب سیستم رزین به کار رفته در آن نام گذاری می شوند. به عنوان مثال سیستم پوشش الکید شامل رزین الکید، پوشش اپوکسی دارای رزین اپوکسی و پوشش الکید سیلیکان دارای رزین الکید به عنوان رزین مینا و مقداری رزین سیلیکان است [۲۳].

۲- پلاستیک کننده ها

به منظور اصلاح خواص رزین به سیستم پوشش اضافه می شوند.

۳- حلالها

برای حل کردن رزین و بهبود و کنترل خواص پوشش مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال در شرایط آب و هوای سرد، حلال باید به اندازه کافی فرار باشد تا بتواند در دمای پایین