



پژوهشکده توسعه صنایع شیمیایی



جمهوری اسلامی ایران



معاونت پژوهش و فناوری



پژوهشکده توسعه صنایع شیمیایی ایران

فاز مطالعاتی

تولید ماده ضد خوردگی محلول در نفت

پژوهشکده / واحد تکنولوژی تولید جهاد دانشگاهی خوزستان

گروه پژوهشی شیمی

چکیده

فرایندهای موجود در صنعت نفت و گاز از مراحل اولیه حفاری چاه و استخراج نفت خام تا تصفیه نفت خام در پالایشگاه و همچنین تولید محصولات پتروشیمیایی بسیار پرهزینه و پیچیده می‌باشد. سالیانه حدود ۴ میلیارد دلار ماده شیمیایی در صنعت نفت ایران مصرف می‌گردد و سهم مواد شیمیایی وارداتی بیش از ۱ میلیارد دلار می‌باشد. همواره یکی از چالش برانگیزترین موضوعات در تامین کالای شرکت‌های نفت و گاز کشورمان، دسترسی به مواد شیمیایی بوده است. این موضوع در سال‌های اخیر به دلیل فراز و نشیب روابط کشورهای غربی با کشور عزیزمان و کارشکنی‌ها و عهد شکنی‌های آنها بخصوص آمریکا سبب شده است، تا نیاز به خودکفایی و عدم وابستگی به دیگران در نظر محققین کشورمان از اهمیت بسیار بالایی برخوردار شود. یکی از بزرگترین موانع در مسیر بومی سازی دانش فنی تولید مواد شیمیایی، هزینه‌های مربوط به افزایش مقیاس تولید و تست میدانی این مواد در صنعت می‌باشد. اهمیت این موضوع زمانی مشخص می‌گردد که تعداد بسیاری طرح تحقیقاتی در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی برای ایجاد دانش فنی تولید مواد شیمیایی مصرفی در صنعت نفت انجام شده و با موفقیت به پایان رسیده است ولی به علت عدم حمایت و در دسترس نبودن بودجه مناسب، امکان افزایش مقیاس و تولید نمونه برای تست میدانی فراهم نشده است.

در این طرح قصد داریم دانش فنی ماده ضد خوردگی محلول در نفت را در کشور بومی کرده و امکان تولید آن را در کشور فراهم نماییم.

این کار در چند فاز انجام می‌شود، ابتدا فرمولاسیون و شناسایی ترکیبات مواد ضد خوردگی مورد استفاده در صنایع مختلف به ویژه صنعت نفت می‌باشد. بسته به کاربرد و محل استفاده ماده ضد خوردگی، انواع آن متفاوت است که به طور کلی به سه دسته محلول در نفت، محلول در گاز و محلول در آب و یا بر اساس فازهای موادی محیط مورد استفاده، تقسیم بندی می‌شوند. مواد مختلفی به عنوان ضد خوردگی مورد استفاده قرار می‌گیرند، که مواد بر پایه ترکیبات حلقوی ایمیدازولی و پیریدینی از مهمترین آنها می‌باشند. پس از

شناسایی فرمولاسیون و مواد موثر آنها، با تهیه مواد اولیه و ساخت و مقایسه خواص آنها با استفاده از تست‌های رایج، بهترین ترکیب از مواد را با توجه به نوع مواد اولیه، قیمت و در دسترس بودن آنها انتخاب می‌کنیم. پس از بدست آوردن فرمولاسیون مناسب از مواد اولیه موثر (مواد هتروسیکل بر پایه ایمیدازول و پیریدین) و دیگر مواد مورد نیاز (مانند حلال، سورفکتانت، بیوساید و ...) آنها را جهت تست در آزمایشگاه معتمد صنایع ارائه کرده و پس از تاییدیه‌های مورد نیاز طراحی سیستم ساخت آنها در مقیاس بنچ و سپس در مقیاس پایلوت را انجام می‌دهیم.

در ادامه و پس از تعیین مواد اولیه موثر، مطالعات لازم جهت سنتز این مواد انجام خواهد شد. روش‌های سنتز مواد هتروسیکل غالباً از تراکم چند ترکیب بدست می‌آید که برای ایمیدازول‌ها از واکنش اتیل آمین‌های مختلف با اسیدهای چرب (مانند اولئیک اسید و سایر اسیدها) که یک فرایند چند مرحله‌ای است می‌توان آنها را بدست آورد. این واکنش‌ها اغلب نیاز به دمای بالا دارند و در آنها جزء فرعی واکنش آب می‌باشد که نیاز به یک به دام اندازنده آب در سیستم واکنش نیز هست. در طی انجام این واکنش‌ها پیگیری آنها با استفاده از تکنیک‌های شناسایی ساختاری ضروری به نظر می‌رسد و همچنین بازده و راندمان واکنش‌ها باید مناسب باشد. بعد از به نتیجه رسیدن سنتز این واکنش‌ها در مقیاس آزمایشگاهی، طراحی فرایند آنها در مقیاس بنچ و پایلوت انجام خواهد شد.

ضد خوردگی مورد نظر برای خطوط لوله انتقال نفت مورد استفاده قرار می‌گیرند، ماده مورد نظر باید در نفت محلول و در آب قابل دیسپرس باشد.

کلمات کلیدی: مواد ضد خوردگی، مواد ضد خوردگی محلول در نفت، مواد ضد خوردگی دیسپرس شونده

در آب، مواد ضد خوردگی بر پایه آروماتیکی و هتروسیکلی، حلقه‌های ایمیدازولینی، نمک‌های آمین نوع

چهارم

فهرست

صفحه	عنوان
۵	
۹	فصل اول - کلیات تحقیق.....
۹	۱-۱- مقدمه.....
۹	۱-۲- ماده بازدارنده خوردگی محلول در نفت.....
۱۰	۱-۳- خواص و ویژگی‌ها.....
۱۰	۱-۴- مواد اولیه برای تولید.....
۱۳	۱-۵- شرایط نگهداری و نکات ایمنی.....
۱۳	۱-۶- استاندارد ارزیابی خواص.....
۱۴	۱-۷- نحوه آماده سازی نمونه‌ها برای انجام تست خوردگی.....
۱۴	۱-۸- انواع روش‌های الکتروشیمیایی
۱۴	۱-۸-۱- پتانسیل مدار باز (Open circuit potential)
۱۴	۱-۸-۲- پلاریزاسیون خطی (Linear polarization resistance)
۱۵	۱-۸-۳- پلاریزاسیون دینامیکی (Potentiodynamic polarization)
۱۵	۱-۸-۴- روش پتانسیوآستاتیک (Chronoamperometry)
۱۵	۱-۸-۵- روش گالوانوآستاتیک (Chronopotentiometry)
۱۵	۱-۸-۶- روش ترکیبی (Mixed mode)
۱۵	۱-۸-۷- روش اسپکتروسکوپی امپدانس الکترو شیمیایی (EIS)
۱۶	۱-۸-۸- ولتامتری سیکلی

۱۶	۱-۸-۹- روش ترموگراویمتری در اندازه گیری میزان خوردگی
۱۶	۱-۹-۸-۱- خلاصه روش آزمون
۱۷	۱-۸-۱۰- روش چرخ دوار (ویل تست)
۱۸	۱-۹- سیالات و مواد شیمیایی
۱۸	۱-۱۰- سائز استاندارد برای تست (کوپن)
۱۸	۱-۱۰-۱- وسایل مورد نیاز آزمایش
۱۹	۱-۱۰-۲- روش انجام آزمایش
۲۰	۱-۱۱- کوپن ویل تست
۲۱	۱-۱۱-۱- جنس کوپن

فهرست جدول‌ها

صفحه	جدول
۱۰	جدول ۱-۱- خواص و ویژگی‌های ضد خوردگی محلول در نفت
۱۱	جدول ۱-۲- برخی گروه‌های عاملی در مواد موثره بازدارنده‌ها



پژوهشگاه توسعه منابع انسانی



جمهوری اسلامی ایران

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

در مخازن زیرزمینی نفت خروجی از چاه به صورت ترکیبی از نفت، آب نمک و گاز طبیعی منتقل می‌شود. آلیاژ فولاد کربنی به دلیل اقتصادی بودن اغلب در ساخت خطوط لوله‌ی انتقال نفت به کار می‌رود. دی اکسید کربن گاز طبیعی در آب نمک حل شده و اسید کربنیک ضعیف تشکیل می‌دهد که اغلب باعث خوردگی‌های شدید در خطوط لوله‌ی فولادی می‌گردد [۴-۱]. این مسئله نیاز به انتخاب روش‌های کنترل خوردگی در میادین نفتی را ضروری می‌سازد دلیل این امر افزایش تمایل برای تزریق کربن دی اکسید به چاه‌های نفت برای افزایش در تولید است [۷-۵]. ممانعت کننده‌های شیمیایی برای کنترل خوردگی بسیار با اهمیت هستند. انتخاب صحیح ممانعت کننده به شناخت شرایط عملیاتی از جمله دما، فشار عملیاتی، خواص سیال، pH محلول و شرایط جریان سیال بستگی دارد [۹ و ۸]. بسیاری از مشکلات خوردگی این خطوط لوله در اثر خورنده بودن مایع درون آن‌ها است. پیش‌گیری از خوردگی فولادهای کربنی در محلول‌های آبی توسط ترکیبات آلی و غیر آلی و همچنین اثر هم افزایی این ممانعت کننده‌ها به گستردگی مطالعه شده است [۱۵-۱۰]. بیشتر بازدارنده‌های اسید شناخته شده، ترکیب‌های شیمیایی دارای حلقه‌های آروماتیک و هتروسیکل با اتم‌های نیتروژن، گوگرد و اکسیژن در ساختار گروه‌های عامل خود هستند. این ترکیبات می‌توانند جذب سطح فلز شده و با بلوکه کردن مکان‌های فعال سرعت خوردگی را کاهش دهند جذب بازدارنده بر روی سطوح فلزی به ساختار شیمیایی بازدارنده خوردگی، ترکیب شیمیایی الکترولیت، بار سطحی فلز و الگوی جذب بستگی دارد. ترکیبات شیمیایی حاوی حلقه‌های آروماتیک اتم‌های نیتروژن گوگرد و اکسیژن به طور معمول قابلیت جذب به سطح فلز را داشته و به عنوان بازدارنده خوردگی استفاده می‌شوند و به دلیل جذب شدن به سطح فلز خاصیت بازدارندگی خوردگی از خود نشان می‌دهند. مواد فعال سطحی نیتروژن دار مانند ایمیدازولین و مشتقات آن تا به امروز با موفقیت به عنوان بازدارنده خوردگی کربن دی اکسید مورد استفاده قرار گرفته‌اند، این ترکیبات آلی با جذب شدن در سطح مشترک فلز/ محلول خورنده و تشکیل یک لایه حایل،

مانع از رسیدن یون‌های مهاجم به سطح فلز می شود [۱۶-۲۲].

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

تعریف می کند :

"واکنش فیزیکی-شیمیایی متقابل بین فلز و محیط اطرافش که معمولاً دارای طبیعت الکتروشیمیایی بوده و نتیجه‌اش تغییر در خواص فلز می‌باشد. این تغییرات خواص ممکن است منجر به از دست رفتن توانایی عملکردی فلز، محیط یا سیستمی شود که این دو ، قسمتی از آن را تشکیل می‌دهند."

در واقع، معادل انگلیسی خوردگی، یعنی Corrosion، خود از کلمه لاتینی اقتباس گردیده که معنای گاز زدن و "جویدن" می‌دهد که احتمالاً ظاهر قطعه خورده شده باعث چنین تداعی شده است. یکی از بزرگترین اغلاط مشهور درباره خوردگی، اختلاط معنی آن با زنگ‌زدگی است. زنگ زدن (Rust) به نوعی از خوردگی آلیاژهای آهن و فولاد اطلاق می‌شود در حالی که خوردگی (Corrosion) شامل اکثریت فلزات می‌باشد. به علاوه، ترجیحاً برای بیان ضایعات در غیر فلزات از الفاظ (Deterioration) و یا (Degradation) به معنای پوسیدگی استفاده می‌شود زیرا مکانیسم خوردگی فلزی با پوسیدگی در غیر فلزات (مثل پلیمرها) متفاوت است. نیروی اصلی محرکه خوردگی، ترمودینامیکی است. به عبارت دیگر، در تمامی مواد (بخصوص) تمایل ترمودینامیکی و طبیعی برای از دست دادن الکترون‌های اضافی و رسیدن به حالت پایداری ترمودینامیکی وجود دارد که این خود اساس فرآیند خوردگی را تشکیل می‌دهد. فلز هنگامی که به شکل ترکیبات کانی در سنگ معدن موجود است از نظر ترکیبی در وضعیت پایدار (Stable) قرار دارد. در طی فرآیندهای استخراج فلز از سنگ عمل احیاء (Reduction) یا الکترون‌گیری رخ می‌دهد و منجر به تشکیل فلز خالص می‌شود که از نظر ترمودینامیکی نیمه پایدار می‌باشد. حال اگر این فلز تحت شرایط ایده آلی قرار گیرد، از آن برای از دست دادن الکترون‌های اضافی خود سود خواهد جست که این عمل به اکسیداسیون یا خوردگی معروف است.

۱-۲- مواد بازدارنده خوردگی محلول در نفت

در صنایع نفت و گاز به علت وجود ترکیب‌های خوردنده زیاد از جمله اسیدها، آب شور و اکسیژن موجود در محیط انواع مختلفی از بازدارنده‌های خوردگی استفاده می‌گردد. از جمله بازدارنده خوردگی محلول در نفت (دیسپرس شونده در آب)، بازدارنده خوردگی محلول در آب (دیسپرس شونده در نفت) و بازدارنده خوردگی محلول در گاز از مهمترین دسته‌بندی بازدارنده‌ها هستند.

در مخازن زیر زمینی نفت خروجی از چاه به صورت ترکیبی از نفت، آب نمک و گاز طبیعی منتقل می‌شود. دی اکسیدکربن گاز طبیعی در آب نمک حل شده و اسید کربنیک ضعیف تشکیل می‌دهد که اغلب باعث خوردگی‌های شدید در خطوط لوله فولادی می‌گردد. این مسئله نیاز به انتخاب روش‌های کنترل خوردگی در میادین نفتی را ضروری می‌سازد. ممانعت کننده‌های شیمیایی برای کنترل خوردگی بسیار با اهمیت هستند. انتخاب صحیح ممانعت کننده به شناخت صحیح شرایط عملیاتی از جمله دما، فشار عملیاتی، خواص سیال، pH محلول و شرایط جریان سیال بستگی دارد. بسیاری از مشکلات خوردگی خطوط لوله در اثر خوردنده بودن مایع درون آن‌ها است. این مایع ممکن است شامل نفت حاوی آب و گوگرد باشد که آب سازند حاوی مقدار زیادی از یون‌های مختلف (سولفات، بیکربنات و ...) می‌باشد. پیش‌گیری از خوردگی فولادهای کربنی در محلول‌های آبی توسط ترکیبات آلی و غیر آلی محلول در آب و همچنین اثر هم افزایی این ممانعت کننده‌ها مطالعه شده است [۲-۷].

۳-۱- خواص و ویژگی ها

(جدول ۱-۱) - خواص و ویژگی‌های بازدارنده خوردگی محلول در نفت

حالت	مایع
رنگ	زرد کهربایی تا قهوه ای کمرنگ
درصد خلوص	حداقل ۵۰ ماده فعال
pH	۸-۶
نقطه ی جوش	$> 80^{\circ}\text{C}$
ویسکوزیته سینماتیک	$(42-9^{\circ}\text{C})$ ۶۰-۳۰ cST
نقطه ی انجماد	$< -5^{\circ}\text{C}$
نقطه ی ریزش	$< -5^{\circ}\text{C}$
نقطه ی تجزیه / پایداری حرارتی	$> 100^{\circ}\text{C}$

این مواد با ایجاد یک فیلم نازک محافظ بر روی سطح فلز از خوردگی فلزات در برابر محیط‌های خورنده به خصوص H_2S و CO_2 محافظت می نماید. این مواد باید با سایر مواد شیمیایی مورد استفاده سازگاری داشته باشند.

۴-۱- واکنش‌ها و فرآیندهای خوردگی

فرآیند خوردگی فولاد مانند خوردگی هر فلز دیگر در نتیجه‌ی ظهور نواحی آنودی و کاتدی است که سبب تشکیل جفت های الکتروشیمیایی روی سطح فلز می شود. فولاد در حالت اصلی به شکل فلزی با سطح اکسیداسیون صفر است که در تماس با آب به صورت یون های با سطح اکسیداسیون ۲+ از فاز مایع می گذرد. این انتقال سبب آزاد شدن الکترون در داخل فلز می شود.

واکنش احیا همیشه در نواحی کاتدی اتفاق می افتد. یک ترکیب شیمیایی (یون یا مولکول) موجود در آب، یون های آزاد شده در فلز را می گیرد و به همین دلیل سطح اکسیداسیون این ترکیبات کاهش می یابد.

ترکیب اکسید کننده عموماً اکسیژن حل شده است که به طور معمول در آب وجود دارد. یون های OH^- نیز ترکیبات احیا کننده هستند. اکسیژن از سطح اکسیداسیون صفر به سطح اکسیداسیون ۲- می رسد. واکنش اصلی خوردگی از ترکیب واکنش آندی و کاتدی به دست می آید. اگر مقدار اکسیژن حل شده کافی نباشد نخستین واکنش کاتدی که احتمال وقوع آن بیشتر است احیا یون های NO_3^- به یون های NO_2^- است.

بنابراین یونیزه شدن فولاد سبب افزایش آزاد سازی الکترون شده که این الکترون ها قبل از اینکه در واکنش کاتدی شرکت کنند در سطح فلز انباشته می شوند. در نتیجه به فلز یک بار الکتریکی منفی داده می شود و pH آب در نزدیکی نواحی کاتدی افزایش می یابد. همچنین آبی که وارد یک سیستم می شود عمدتاً شامل آنیون های NO_3^- ، Cl^- ، SO_4^{2-} ، OH^- ، CO_3^{2-} ، HCO_3^- است. یون های Fe^{2+} موجود در نواحی آندی به سرعت با این آنیون ها واکنش داده و تشکیل کمپلکس های یونی یا مولکولی می دهند. عموماً پذیرفته شده که سینتیک اکسیداسیون آندی فولاد در محیط اسیدی بستگی به جذب FeOH_{ads} میانی دارد.

۱-۵- شرح مختصر فرآیند واحد نمک زدایی

نفت خام همراه با آب نمک از واحد بهره برداری وارد کارخانه ی نمک زدایی شده و مستقیماً به سمت مخزن ائتلاف کننده ی ثقلی هدایت می شود. قبل از ورود نفت به این مخزن، نخست آب تازه از طریق مخزن آب رقیق کننده و توسط شیر مخلوط کننده به نفت اضافه می شود تا بدین وسیله غلظت آب نمک در نفت

کاهش یافته و جدایش آن ساده‌تر انجام گیرد. مخزن ائتلاف کننده‌ی ثقلی، استوانه‌ای شکل بوده و عمل جدایش در آن بر اساس اختلاف وزن مخصوص نفت و آب نمک انجام می‌شود.

نفت مخلوط شده با آب تازه توسط لوله به بالای مخزن هدایت شده سپس به صورت حلزونی از آن سرازیر می‌گردد. نفت جدا شده از آب نمک از سطوح بالایی مخزن ائتلاف کننده به مخزن نوسان گیر وارد و آب نمک جدا شده از نفت در کف مخزن ته نشین شده و توسط لوله‌ی ارتباطی وارد مخزن کف گیر می‌شود. نفت ذخیره شده در مخزن نوسان گیر نیز توسط پمپ و از طریق خطوط لوله‌ی ارتباطی وارد مخزن ائتلاف کننده‌ی الکتریکی می‌گردد. در این مخزن ذرات پراکنده‌ی آب نمک تحت تاثیر میدان الکتریکی جریان متناوب با ولتاژ بالا قرار می‌گیرد تا فیلم نفت اطراف قطره شکسته شده و در نهایت با به هم پیوستن قطرات کوچک و تشکیل قطرات بزرگ تر، سرعت ته نشینی آنها افزایش یابد. قسمت‌های داخلی مخزن ائتلاف کننده الکتریکی متشکل از الکترودهای با جنس فولاد زنگ نزن است که توسط مبدل‌های برقی با ولتاژ بالا تغذیه می‌شوند. نفت خروجی از بالای مخزن ائتلاف کننده‌ی الکتریکی توسط پمپ به سمت واحد بهره برداری هدایت شده از آنجا جهت مصارف داخلی یا صادرات به سوی مراکز مربوطه فرستاده می‌شود. آب نمک ته نشین شده درون مخزن ائتلاف کننده الکتریکی توسط خطوط لوله ارتباطی به سمت مخزن کف گیر هدایت می‌شود. اما در صورتی که آب نمک خروجی از مخزن ائتلاف کننده‌ی الکتریکی هنوز به حد اشباع نرسیده و قابل استفاده باشد به سوی مخزن آب برگشتی هدایت می‌گردد تا دوبار استفاده شود. آب نمک از بالای مخزن کف‌گیر به صورت حلزونی به سمت پایین مخزن سرازیر می‌شود. از قسمت بالای این مخزن، نفت جدا شده از آب توسط لوله جمع‌آوری و به مخزن نوسان گیر وارد می‌شود. آب نمک جدا شده نیز از کف مخزن به سوی مخازن جداکننده‌ی ثقلی ارسال می‌گردد. در این مخازن باقیمانده‌ی ذرات نفت از آب نمک جدا شده و در نهایت این آب نمک که در اصطلاح به آن آب زائد می‌گویند وارد فیلتر می‌گردد. این آب نمک

پس از جدا کردن ذرات جامد، وارد مخزن ذخیره‌ی آب زائد شده و از آنجا توسط پمپ به چاه‌های زیرزمینی تزریق می‌گردد.

۱-۶- مواد اولیه برای تولید

بازدارنده‌های محلول در نفت باید گروه‌های عاملی غیر قطبی داشته باشند که باعث حلالیت در نفت باشد و همچنین گروه‌هایی که باعث چسبندگی مولکول‌ها به سطح شوند. ترکیبات دارای اتم‌های دارای زوج الکترون تنها مانند نیتروژن از جمله ترکیباتی هستند که در این زمینه کاربردهای فراوانی دارند. از جمله ترکیبات آمینی و آمینی هتروسیکل مانند ترکیبات ایمیدازولینی، پیریدینی، پای پیریدین، ایمین و ... که دارای هترو اتم نیتروژن در ساختار خود هستند.

هنگامی که این ترکیبات به عنوان بازدارنده محلول در نفت استفاده می‌شوند نیازی به گروه‌های قطبی ندارند.

در شرایط مناسب، مولکول‌های جذب شده به صورت شیمیایی با سطح فلز پیوند تشکیل می‌دهند. جذب شیمیایی به صورت ویژه بوده و برگشت پذیر نیست. پیوند با انتقال الکترون یا اشتراک بین فلز و بازدارنده اتفاق می‌افتد.

انتقال الکترون برای فلزات واسطه‌ای است که ظرفیت خالی و اوربیتال‌های الکترونی با سطح انرژی پایین دارند. کارایی بازدارنده‌ها بر اساس نوع هترو اتم آنها به ترتیب $P > S > N > O$ می‌باشد. به عبارت دیگر افزایش الکترونگاتیوی که باعث جذب الکترون‌ها می‌شود باعث کاهش کارایی آن می‌شود [۸-۱۰].

قدرت جذب می‌تواند بوسیله ایزوترم جذب که رابطه تعادل بین غلظت بازدارنده روی سطح و درون محلول است بدست آید. اصل اسید و بازهای سخت و نرم نیز برای توضیح جذب بازدارنده‌ها بکار گرفته شده است. این اصل بیان می‌کند که اسیدهای قوی با بازهای قوی و اسیدهای ضعیف با اسیدهای ضعیف ترجیح می‌دهند کوئوردینه شوند. اتم‌های فلز روی سطوح بدون اکسید مانند اسید ضعیف عمل می‌کنند، که در

محلول‌های اسیدی پیوندهای قوی با بازهای ضعیف مانند ترکیب‌های حاوی سولفور تشکیل می‌دهند. ترکیبات دارای نیتروژن و اکسیژن به عنوان باز قوی هستند که پیوندهای ضعیفی با سطح فلزات در محیط‌های اسیدی دارند. در مکانیسم جذب، دانسیته الکترونی گروه‌های عاملی، قطبیت‌پذیری و الکترون‌گاتیوی پارامترهای مهمی در کارایی بازدارنده هستند [۱۱-۱۳]. بازدارنده‌هایی که استفاده می‌شوند خیلی کم به صورت خالص هستند و معمولاً مخلوطی از محصولات جانبی هستند. برخی از گروه‌های عاملی که در مواد موثره بازدارنده‌ها هستند در جدول زیر آورده شده‌اند.

(جدول ۱-۲) - برخی گروه‌های عاملی در مواد موثره بازدارنده‌ها

نام	ساختار	نام	ساختار
آمید	$-\text{CONH}_2$	هیدروکسیل	$-\text{OH}$
تیول	$-\text{SH}$	-yne	$-\text{C}=\text{}$
سولفید	$-\text{S}-$	اپوکسی	$-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$
سولفوکسید	$-\text{S}=\text{O}$	کربوکسی	$-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$
تیو	$-\text{C}=\text{S}-$	آمین	$-\text{COOH}$
فسفونیوم	$-\text{P}=\text{O}$	آمینو	$-\text{C}-\text{N}-\text{C}-$
فسفو	$-\text{P}-$	ایمینو	$-\text{NH}_2$
آرسانو	$-\text{As}-$	نیترو	$-\text{NO}_2$
سلنو	$-\text{Se}-$	تریازول	$-\text{N}=\text{N}-\text{N}-$

مواد بازدارنده خوردگی معمولاً به همراه مواد دیگر از جمله سورفکتانت، حلال و موادی دیگر به عنوان

تقویت کننده^۱ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

رایج‌ترین سورفکتانت‌هایی که معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند شامل ترکیبات آلکیل فنول‌های اتوکسیله (مانند نونیل فنول‌های اتوکسیله) و الکل‌های اتوکسیله زنجیری هستند که ترکیبات فنولی دارای سمیت بوده و در مواردی که ممکن است از آنها استفاده نمی‌شود. آمین‌ها و نمک‌های آنها نیز می‌توانند به عنوان سورفکتانت مورد استفاده قرار گیرند و در جایی که نیاز است به عنوان سورفکتانت کمکی در کنار سایر سورفکتانت‌ها استفاده می‌شوند. آمین‌ها در محیط‌های اسیدی نمی‌توانند مورد استفاده قرار گیرند به علت اینکه پروتونه می‌شوند و نیتروژن آنها غیر فعال می‌گردد.

N-دودسیل پیریدینیوم برومید (DDPB)، سولفات‌ها، سولفات‌های آنیونی، پلی اکسی اتیلن سوربیتان اولئات‌ها نیز از جمله سورفکتانت‌هایی می‌باشد که مورد استفاده قرار می‌گیرند. مخلوط استر اسید چرب پلی اتیلن گلیکول و الکیل فنول اتوکسیله نیز به عنوان سورفکتانت بکار برده می‌شوند [۱۴-۱۹].

حلال مورد استفاده به دو منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی برای کاهش ویسکوزیته جهت آسان کردن حمل و نقل و همچنین اطمینان از پایداری فرمولاسیون در محیط‌های مختلف. علاوه بر این حلال‌ها اثری شبیه سورفکتانت‌ها نیز دارند ولی با مکانیسمی متفاوت نسبت به آنها در انتخاب حلال قیمت آن و اشتعال پذیری آن از فاکتورهای مهم برای انتخاب حلال هستند.

حلال‌هایی مانند تولوئن، زایلن و مخلوط دیگر حلال‌های آروماتیک معمولاً مورد استفاده قرار می‌گیرند. متانول و ایزوپروپانول نیز از حلال‌هایی هستند که از آنها استفاده می‌گردد. متانول به لحاظ قیمتی حلال کاملاً مناسبی است ولی به دلیل سمیت محدودیت استفاده نیز دارد. ایزوپروپانول حلال بسیار مناسبی است ولی نقطه اشتعال پایینی دارد که باید هنگام استفاده روی ظرف آن علامت خطر اشتغال پذیری درج گردد. علاوه بر اینها الکل‌های با وزن مولکولی پایین، گلیکول‌ها، دی متیل سولفوکساید، دی متیل استامید، ۱-متیل-۲-پیرولیدون، تترامیلین سولفون، دی متیل فرمأمید، فرمیک اسید و مشتقات آن، نیز به عنوان حلال

مورد استفاده قرار می‌گیرند. در برخی موارد از حلال‌های کمکی مانند نفتا آروماتیک سنگین ۹-۱۰ کربنه بهره برده می‌شود [۱۶، ۲۰-۲۲].

تقویت کننده بازدارنده خوردگی (ماده کمکی) معمولاً به دلیل اینکه مواد بازدارنده محافظت کافی فلزات از جمله استیل در برابر خوردگی در دماهای بالا و زمان بالای در معرض بودن را نمی‌توانند فراهم کنند، مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولترین تقویت کننده‌ها شامل فرمیک اسید (۵/۰ تا ۱۰ درصد وزنی)، متیل فرمات، پتاسیم یدید (۱/۰ تا ۲ درصد وزنی)، یدید مس، کلرید مس، یون‌های فلزی (Sb_2O_3 , $SbCl_3$), Sb_2O_3 , Sb_2O_5 , $K_4Sb_2O_7$, $K_2H_2Sb_2O_7$, Sb_2S_3 , $SbCl_5$, $BiCl_3$, BiI_3 , $BiOCl$, Bi_2O_3 , $BiOI_3$, BiF_3 ، بیسموت تارتارات، نمک‌های کلسیم، منیزیم کلرید و

مخلوط ۵۰:۵۰ کلرید مس و یدید مس یکی از بهترین موارد گزارش شده است که به عنوان تقویت کننده مورد استفاده قرار گرفت [۲۳-۲۷].

۷-۱- شرایط نگهداری و نکات ایمنی

این مواد در بشکه های ۲۰۰ لیتری فلزی (فولاد کربنی با آستری پلی اتیلن یا پلی پروپیلن) و یا بشکه‌های پلاستیکی مقاوم و قابل حمل نگهداری می‌شود. از تماس با پوست و لباس‌ها جلوگیری شود و در صورت تماس با پوست فوراً با آب تمیز گردد و هنگام کار از عینک مخصوص و دستکش استفاده گردد.

۸-۱- استاندارد ارزیابی خواص

میزان محافظت در برابر خوردگی با روش چرخ دوار (Wheel Test) بر اساس استاندارد NACE ۱D۱۸۲ و یا روش پلاریزاسیون بر اساس استاندارد NACE ۱D۱۹۶ اندازه گیری می‌شود. چنانچه از روش چرخ دوار استفاده گردد، کوپن‌های مورد استفاده نباید دارای هیچگونه تاول و یا حفره باشند. درصد محافظت بازدارنده خوردگی باید بیشتر از ۹۰ و نرخ خوردگی پس از تزریق باید کمتر از ۲ mpy باشد. تعیین نقطه ریزش مواد بازدارنده باید طبق استاندارد ASTM D۹۷ صورت پذیرد.

میزان امولسیون مواد بازدارنده هنگام مخلوط شدن با آب و یا مواد نفتی و میزان کف تولید شده طی آن طبق استاندارد ASTM G170 تعیین می‌گردد.

درصد مواد فعال موجود در بازدارنده خوردگی طبق استاندارد ASTM E1868 و میزان حلالیت آن طبق استاندارد NACE-RP0273 بدست می‌آید.

تعیین ویسکوزیته مواد بازدارنده خوردگی طبق استاندارد ASTM D445 انجام می‌گیرد. به منظور اطلاع از کیفیت بازدارنده و فرمول بندی آن استفاده از اسپکتروسکوپی مادون قرمز (FT-IR) پیشنهاد می‌گردد [28-34].

۹-۱- نحوه آماده سازی نمونه‌ها برای انجام تست خوردگی

سطح نمونه باید توسط سنباده زنی و پولیش کاملاً تمیز شود. ابعاد سطح کاملاً مشخص و در نمونه‌های مقایسه‌ای کاملاً یکسان باشد. می‌توان نمونه را مانت سرد کرد و یا با استفاده از لاک سطح مورد بررسی را جدا نمود. برای ایجاد اتصال نمونه با دستگاه باید سیم مسی به نمونه متصل شود.

(نمونه به عنوان الکترود کاری) پس از آماده سازی سطح، می‌بایست ابعاد نمونه به دقت اندازه گیری شود؛ زیرا سطح در معرض محیط خورنده در رابطه محاسبه سرعت خوردگی نیاز است.

در صورتی که اندازه‌گیری وزن نمونه برای محاسبه تغییر وزن در اثر خوردگی مورد نیاز باشد، سطح نمونه را باید توسط حلال مناسبی مانند استون، پاک و خشک کرده و وزن کنند و پس از انجام خوردگی نیز مجدداً وزن کنند تا تغییرات وزن در اثر خوردگی مشخص شود.

۱۰-۱- انواع روش‌های الکتروشیمیایی

۱-۱۰-۱- پتانسیل مدار باز (Open circuit potential)

پتانسیل مدار باز یا پتانسیل تعادل، پتانسیل نمونه در عدم اعمال جریان یا پتانسیل است. قبل از انجام آزمایش‌های خوردگی باید زمان کافی به سل الکتروشیمیایی داده شود تا شرایط پایدار^۲ بدون تغییر زیاد در پتانسیل حاصل شود. این شرایط پایدار در بعضی سلول‌ها پس از چند دقیقه و در بعضی دیگر پس از چند ساعت حاصل می‌شود. جریان خوردگی در مدار باز نیز قابل اندازه‌گیری است.

۱-۱۰-۲- پلاریزاسیون خطی (Linear polarization resistance)

در آزمایش پلاریزاسیون خطی، به دلیل اعمال پتانسیل اندک به نمونه نرخ خوردگی به صورت غیر تخریبی اندازه‌گیری می‌شود. با اعمال پتانسیل تا بیشینه $\pm 20 \text{ mV}$ نسبت به پتانسیل مدار باز نرخ خوردگی اندازه‌گیری خواهد شد. برای چنین پتانسیل اندکی نسبت به پتانسیل مدار باز، رفتار جریان خطی خواهد بود.

۱-۱۰-۳- پلاریزاسیون دینامیکی (Potentiodynamic polarization)

پلاریزاسیون دینامیکی یکی از متداول‌ترین آزمون‌های ارزیابی مقاومت به خوردگی است. در این آزمون جریان خوردگی و پتانسیل خوردگی مشخص شده و سرعت خوردگی به دست می‌آید. آزمون پلاریزاسیون در محیط‌های مختلفی انجام می‌شود و منحنی پتانسیل بر حسب جریان رسم می‌شود. با رسم مماس بر منحنی در دوشاخه کاتدی و آنودی می‌توان مقدار جریان خوردگی را به روش تافل به دست آورد. روش دقیق‌تر با استفاده از نرم افزار تطبیق داده‌ها^۳ با معادله خاصی است که مقادیر دقیق‌تری از جریان خوردگی و مقاومت پلاریزاسیون به دست می‌دهد.

این آزمایش، به دلیل اعمال پتانسیل‌های زیاد نسبت به پتانسیل مدار باز کاملاً تخریبی است و با خوردگی نمونه‌ها در محیط آزمایش همراه است.

^۲steady stat

^۳Data fitting

۱-۱۰-۴- روش پتانسیوآستاتیک (Chronoamperometry)

در این روش، پتانسل در سطوح مختلف اعمال می‌شود و تغییرات جریان بر حسب زمان ثبت می‌شود.

۱-۱۰-۵- روش گالوانوآستاتیک (Chronopotentiometry)

در این روش، جریان در سطوح مختلف اعمال شده و تغییرات پتانسیل بر حسب زمان رسم می‌شود.

۱-۱۰-۶- روش ترکیبی (Mixed mode)

در این روش می‌توان از ترکیبی از روش‌های پتانسیوآستاتیک و گالوانوآستاتیک استفاده کرد؛ یعنی پله‌هایی با کنترل جریان یا با کنترل پتانسیل به صورت مخلوط داشته باشیم. هم چنین می‌توان زمان استراحت را هم همراه با این پله‌ها داشته باشیم که موجب خروج پروتون‌ها شده و سرعت واکنش‌ها را با کاهش کنترل نفوذ افزایش می‌دهد.

۱-۱۰-۷- روش اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS)

اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی یک روش الکتروشیمیایی است که در آن پتانسل اعمال و جریان عکس العمل آن اندازه‌گیری می‌شود و با استفاده از رابطه بین ولتاژ و جریان می‌توان سرعت خوردگی و یا دیگر عوامل الکتروشیمیایی را اندازه‌گیری کرد. اساس کار این روش اندازه‌گیری امپدانس جریان متناوب (AC) در دامنه‌ای از فرکانس است. در این روش پتانسل کوچکی نزدیک به پتانسیل مدار باز به صورت متغیر با زمان به نمونه اعمال می‌شود که این پتانسیل کوچک هیچ تخریبی در نمونه ایجاد نخواهد کرد. نتایج را می‌توان به شکل نمودارهای نایکوئیست^۴ (امپدانس حقیقی Z' بر حسب امپدانس موهمی Z'') و باد^۵ (مقدار مطلق امپدانس یا زاویه فاز بر حسب فرکانس) رسم کرد.

^۴Nyquist

^۵Bode

از آن جا که روش امپدانس جاروب پتانسیل وجود ندارد، اندازه گیری می تواند در محلول های با هدایت کم نیز انجام شود. در حالی که روش های DC در چنین محلول هایی به شدت در معرض خطاهای کنترل پتانسیل قرار دارند. مهمترین مزیت روش امپدانس به روش های AC این است که در آن یک مدل الکتریکی معادل برای پدیده الکتروشیمیایی ارائه می شود. فصل مشترک الکتروود با الکتروولیت مشابه یک مدار الکتریکی است که شامل ترکیب خاصی از مقاومت ها و خازن ها است. پارامترهای مربوط به این اجزا را می توان با استفاده از نتایج به دست آورد و مدار معادل را پیشنهاد کرد. بنابراین، از آن جا که داده های حاصل از آزمایش های امپدانس هم اطلاعاتی در مورد ظرفیت و هم در مورد سینتیک انتقال بار می دهند، می توان مطالعات مکانیزیمی سیستم را با آن ها انجام داد.

۱-۱۰-۸- ولتامتری سیکلی

ولتامتری سیکلی یکی از انواع روش های اندازه گیری الکتروشیمیایی پتانسیودینامیک است. در آزمایش ولتامتری سیکلی پتانسیل الکتروود کاری به صورت خطی با زمان تغییر می کند. برخلاف ولتامتری روبش خطی، بعد از رسیدن به یک پتانسیل تعیین شده، پتانسیل الکتروود کاری در جهت عکس تغییر می کند تا به پتانسیل اولیه باز گردد. این چرخه های تغییر پتانسیل می تواند به تعداد دل خواه تکرار شوند. جریان ایجاد شده در الکتروود کاری بر حسب پتانسیل رسم می شود تا نمودار ولتامتری سیکلی به دست آید.

۱-۱۰-۹- روش ترموگراویمتری در اندازه گیری میزان خوردگی

این روش تست خوردگی مبتنی بر میزان کاهش وزن نمونه می باشد.

۱-۱۰-۹-۱- خلاصه روش آزمون

نمونه ای از جرم شناخته شده در دمای ثابت وزن می شود و جرم آن به طور مداوم به عنوان تابعی از زمان اندازه گیری می شود. در پایان یک بازه زمانی از پیش تعیین شده یا هنگامی که کاهش وزن به میزان از پیش تعیین شده می رسد، کاهش جرم نمونه به عنوان درصد جرمی ثبت می شود. این مقدار به عنوان مقدار

کاهش وزن نمونه خشک (LOD) شناخته می‌شود. مقدار LOD تابعی از دما و زمان است. بنابراین این مقادیر باید شناسایی و گزارش شوند. مقدار LOD معمولاً به صورت درصد وزنی در بازه زمانی ۶۰ دقیقه با دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد گزارش می‌شود.

نمونه را تا دمای محیط خنک کنید. به منظور انجام این آزمایش، دمای محیط ۳۵ درجه سانتیگراد یا پایین‌تر است.

روی صفر جرم دستگاه را کالیبره کنید.

دستگاه را باز کنید تا نمونه را در معرض دید خود قرار دهید.

دستگاه را ببندید و جرم اولیه را به عنوان m_i ضبط کنید.

نمونه را با سرعت ۵ درجه سانتیگراد در دقیقه گرم کنید.

پس از رسیدن به دمای آزمایش دما ثابت نگه داشته شود.

پس از ۵ دقیقه در دمای آزمایش ایزوترمال، دمای نمونه ثبت می‌شود. جرم نمونه ثبت شود m_f

درصد از دست دادن جرم را مطابق با معادله زیر محاسبه کنید:

$$m = \frac{m_i - m_f \times 100\%}{m_i}$$

۱۰-۱-۱- روش چرخ دوار (ویل تست)

ویل تست (wheel test) قابلیت ارزیابی عملکرد انواع مواد بازدارنده خوردگی بر نمونه‌های مختلف

از مواد را دارا است. از جمله ویژگی‌های منحصر به فرد در این روش می‌توان به اعمال دما، ارزیابی عمر فیلم

بازدارنده خوردگی، شرایط سطحی، غلظت مواد خورنده و نسبت نفت به آب نام برد. در قیاس با روش‌های

دیگر در محاسبه بازدارنده خوردگی این روش، شانس تولید و تکرار داده‌ها از درصد پائینی برخوردار است.

این روش به شدت تابع عملکرد اپراتور است. در واقع پیشنهاد شده است که تست‌ها توسط یک اپراتور انجام

شوند. ویل تست یک روش دینامیکی جهت ارزیابی عملکرد مواد خورنده به شمار می‌رود که با در تماس قرار دادن سیالاتی از جمله آب، نفت و مواد ممانعت کننده خوردگی در یک بطری شیشه‌ای با حجم ۲۰۰ میلی‌لیتر و یک نمونه جامد و بستن بطری می‌توان سرعت خوردگی و عملکرد ممانعت کننده را محاسبه کرد. همچنین سیالات بالا به همراه نمونه مذکور برای مدت زمان معینی در تماس با یکدیگر قرار داده می‌شوند و عمل پیرسازی صورت می‌گیرد (بازه زمانی ۲۴ الی ۷۲ ساعت). پس از مدت تعیین شده و تمیز کردن نمونه، با اندازه‌گیری وزن خشک نمونه میزان خوردگی و عملکرد بازدارنده محاسبه می‌شود.

۹-۱- سیالات و مواد شیمیایی

نفت استفاده شده در این روش نفت خام است، که توسط گازهایی از جمله نیتروژن، کربن دی اکسید و هیدروژن سولفید پرچ می‌شود. اگر نفت پالایش شده استفاده شود، آنگاه به دلیل وجود اکسیژن نیاز به اکسیژن زدایی بر روی سیال نمونه است. چرا که وجود اکسیژن باعث افزایش خطا در اندازه‌گیری می‌شود. مواد قطبی موجود در نفت به وسیله بنتونایت و خاک رس زدوده شود و برای اکسیژن زدایی، نمونه نفت را در تماس با نیتروژن قرار داده و از محلول آب و سدیم سولفیت استفاده شود. به ازای ۳ لیتر نفت از ۱۵۰ میلی لیتر سدیم سولفیت یک درصد کاتالیز شده استفاده شود. برای اکسیژن زدایی آب نیز از گاز نیتروژن استفاده شد.

در تست‌های شیرین (بدون هیدروژن سولفید): ۴ لیتر آب نمک به وسیله کربن دی اکسید برای ۳۰ دقیقه در تماس قرار داده شوند.

در تست‌های ترش: با اضافه کردن سدیم سولفید و استیک اسید به محلول آب نمک باعث تولید ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر هیدروژن سولفید می‌شود.

مواد بازدارنده خوردگی به صورت خالص و به میزان ۱ تا ۵ درصد استفاده می‌شود. در غلظت‌های بسیار پایین (۵۰ تا ۱۰۰ پی پی ام) ابتدا به وسیله کروژن به میزان یک درصد رقیق شود و اگر به طور کامل رقیق نشد از زایلین برای انحلال استفاده شود.

۱۱-۱- ساینز استاندارد برای تست (کوپن)

۱. ساینز برای آزمایش‌هایی با گاز ترش $76 \times 712 \times 0.13$ میلی‌متر می‌باشد.

۲. ساینز برای نمونه شیرین $150 \times 1/5$ میلی‌متر می‌باشد.

نمونه‌ها بعد از آزمایش به وسیله بنزن تمیز و با پارچه تمیز و خشک می‌شوند و سپس در دسیکاتور نگه داشته می‌شود.

۱-۱۱-۱- وسایل مورد نیاز آزمایش

۱. بطری ۲۰۰ میلی لیتر با درب سیل شده

۲. سرنگ و پرچینگ منیفولد

۳. چرخاننده و Oven

۱-۱۱-۲- روش انجام آزمایش

به طور کلی برای انجام آزمایش ابتدا بسته به نیاز از ۱ تا ۵ درصد وزنی بازدارنده به بطری اضافه شود. سپس از هوا برای تزریق و اکسیژن زدایی استفاده شود. در مرحله بعدی ابتدا آب و سپس نفت در محیط تزریق شوند. نسبت ترکیب نفت به آب ۵۰ به ۵۰ درصد و یا ۱۰ به ۹۰ درصد باشد. در هر تست، آزمایش سه بار تکرار شود. در این مرحله، تست به مدت ۲ ساعت انجام می‌شود و سپس نمونه را بدون اینکه فیلم بازدارنده آن آسیب ببیند و یا آلوده شود به بطری دیگر جابجا کرده و در تماس با گاز قرار داده شود تا نمونه، آماده‌ی انجام آزمایش خوردگی شود و برای مرحله آخر نمونه را خشک کرده و اثرات بازدارنده را به طور کلی از نمونه

جدا کرده و سپس در بطری قرارداده شود و به مدت ۲۴ تا ۷۲ ساعت در دستگاه چرخانده و پیرسازی شود. نمونه پس از اتمام آزمایش با ایزوپروپیل الکل و استون تمیز شده تا اثر هرگونه روغن یا بازدارنده در نمونه از بین برود.

رابطه محاسبه درصد میزان حفاظت بازدارنده:

اگر عدد محاسبه شده ۴ برابر بیشتر از میانگین انحراف باشد، آن عدد را از نتایج جدا کرده در غیر اینصورت نتیجه قابل قبول می‌باشد.

$$\% \text{ Protection} = \frac{(\text{mg blank mass loss} - \text{mg test specimen mass loss})}{\text{mg blank mass loss}} \times 100$$



شکل ۱-۱- تصویر نمونه های جاگذاری شده در دستگاه چرخش دوار

۱۲-۱- کوپن ویل تست

کوپن ویل تست به شکل ورق تخت (flat plate) طراحی شده و ابعاد آنها تابعی از اندازه ظرف و ابعاد درب ظرف می باشد. عموماً اندازه این نمونه ها مطابق با استاندارد NACE ۱D۱۸۲، عبارت است از ۷۶ در ۱۲/۵ میلی متر در نظر گرفته می شود.

آزمون ویل تست با ریختن مقداری از سیال و ممانعت کننده (inhibitor) درون بطری های آزمایش، افزودن گاز خورنده که عموماً سولفید هیدروژن (H_2S) است و چرخاندن نمونه ها برای دوده مشخصی انجام

می‌شود. چرخش بطری‌ها توسط چرخ دوار wheel انجام شده و به همین دلیل به این آزمون ویل تست گفته می‌شود.

این آزمون از بهترین روش‌های روش دسته‌بندی ممانعت‌کننده‌ها در مراحل ابتدایی بررسی آنها به منظور تشخیص و خارج کردن ممانعت‌کننده‌های ضعیف می‌باشد و مطابق با استاندارد ۱D۱۸۲ NACE بر روی نمونه‌ها انجام می‌شود.

۱-۱۲-۱- جنس کوپن

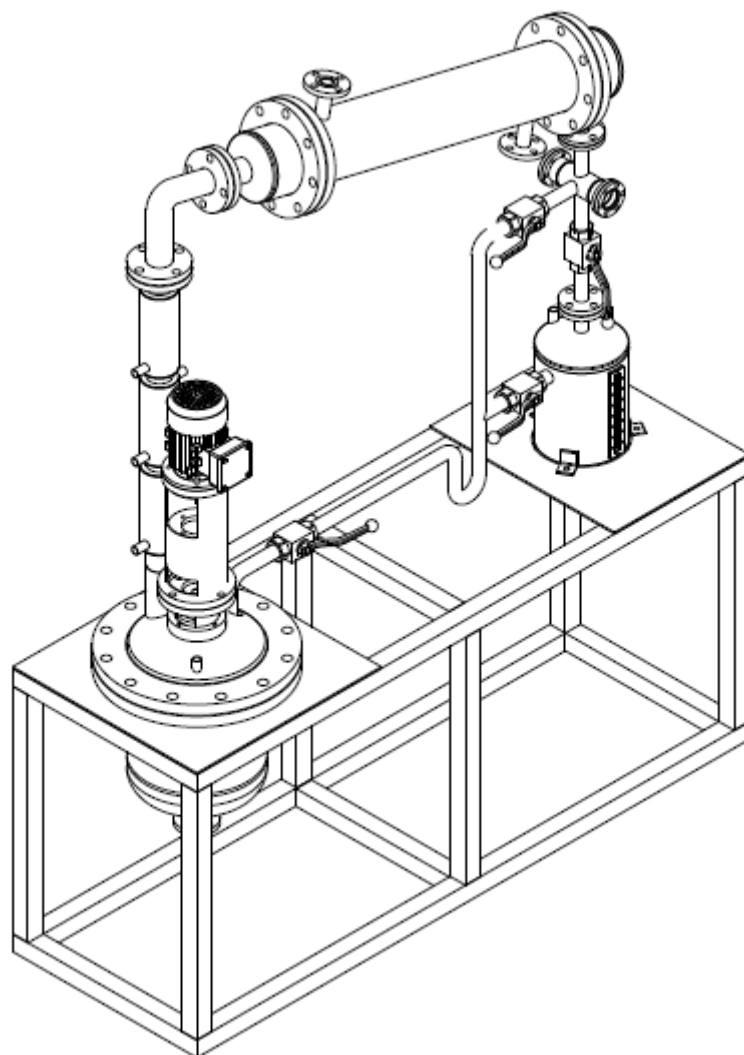
معمولاً کوپن از جنس‌های فولاد کم کربن، فولاد ضد زنگ، مس، برنز، برنج و اینکونل طراحی و ساخته می‌شود.

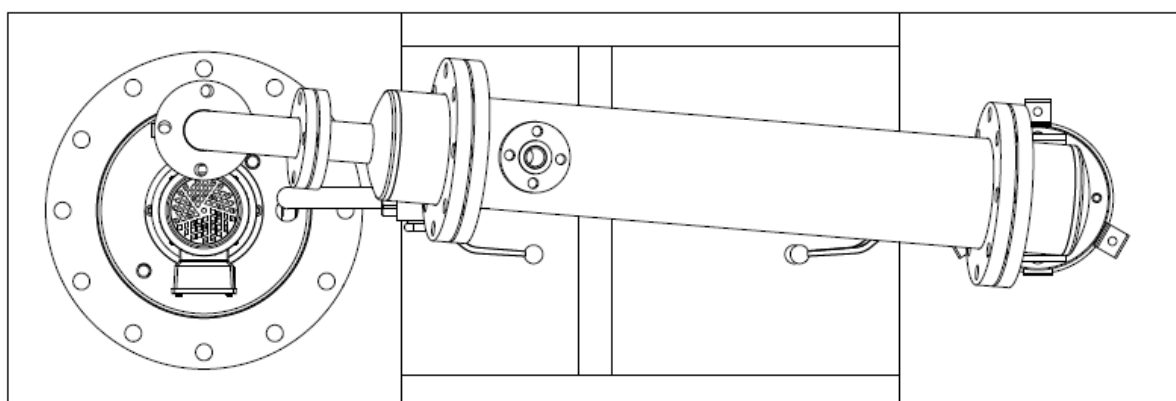
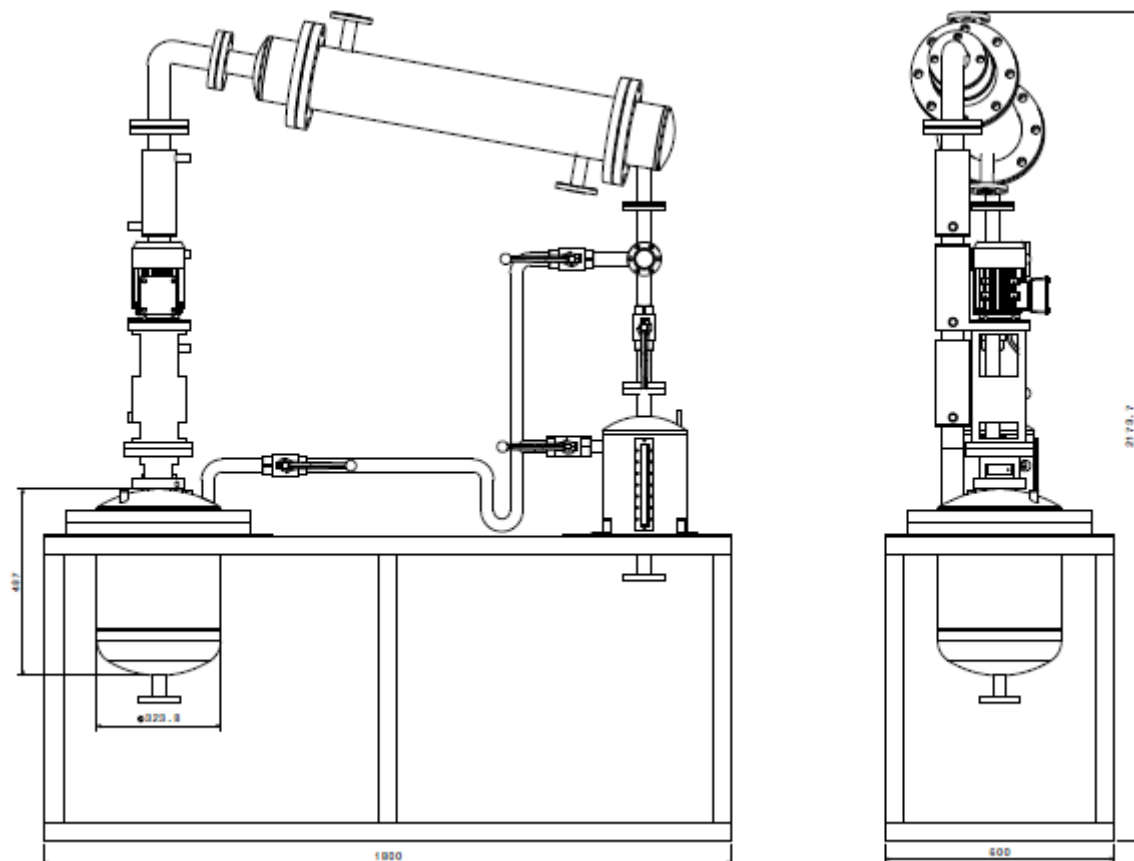


شکل ۱-۲- تصویر کوپن و دستگاه چرخش دوار

۲-۶- طراحی فرایند تولید در مقیاس بنچ

با توجه به شرایط بدست آمده برای سنتز مواد موثره فرمولاسیون محلول مورد نظر، اقدام به طراحی راکتور مناسب گردید. سنتز مواد موثره در چند مرحله انجام می شود که در برخی از آنها نیاز به اعمال فشار و دما می باشد. به همین علت راکتور مورد نظر باید توانایی ایجاد فشار و دمای بالا را داشته باشد و همچنین به دلیل اینکه در یکی از مراحل انجام واکنش محصول جانبی آب است، برای افزایش بازده واکنش باید در حین انجام واکنش آب خارج گردد. در انتهای سیستم یک جمع کننده حلال قرار گرفته که در انتهای آن یک شیر برای جداسازی آب و همچنین یک مسیر برگشت برای برگرداندن حلال ها و مواد اضافی به درون سیستم اصلی واکنش قرار دارد. در برخی از لحظات انجام واکنش نیز استفاده از گاز نیتروژن برای ایجاد اتمسفر خنثی و جلوگیری از اکسیداسیون مواد واکنش ضروری است، که در سیستم مورد نظر پرژر نیتروژن تعبیه شده است.





شکل ۲-۱۶- نقشه های راکتور مد نظر برای سنتز مواد موثره مورد نظر

جدول ۲-۸- مشخصات فنی راکتور مورد نظر

ردیف	عنوان	توضیحات
۱	حجم	۲۰ لیتری
۲	فشار کاری	۵ بار
۳	فشار طراحی	۸ بار
۴	دمای کاربری	۲۷۰ درجه سانتی گراد
۵	نوع پره میکسر	پره Anchor
۶	دور همزن	۲۰۰ الی ۴۰۰ دور بر دقیقه
۷	نوع گرمایش	المنت حرارتی
۸	نوع سازه موردنیاز	سه پایه نگه دارنده
۹	نوع تابلو برق	دیجیتالی، اینورتر دار با رمپ دمایی
۱۰	جنس بدنه	استنلس استیل ۳۱۶
۱۱	سایت گلس	۲ عدد
۱۲	ورودی و خروجی	جهت استفاده برای کوئل سرمایشی
۱۳	لوله بالا برنده	۲" دارد

دارد	کندانسور	۱۴
دارد	رسیور	۱۵۱
1" دارد	خروجی از کف	۱۶

۲-۶-MSDS ماده شیمیایی بازدارنده خوردگی محلول در نفت

موارد کاربرد:

این ماده بر پایه ترکیبات ایمیدازولینی می باشد. که قابلیت پراکندگی در آب را دارد. بازدارنده خوردگی یک فیلم نازک محافظ بر روی سطح فلز ایجاد نموده تا از تماس آن با محیط‌های خورنده شامل CO_2 ، H_2S جلوگیری نماید.

مقدار مصرف مناسب این ماده با توجه به موارد گوناگون ما بین ۱۰ تا ۲۰ قسمت در میلیون (ppm)

می باشد.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی:

مشخصات فیزیکی و شیمیایی	
رنگ: قهوه ای کمرنگ	حالت: مایع شفاف
بو: شیرین	وزن مخصوص حدود: (gr/cm^3) ۰,۹-۱,۱
وزن مولکولی: -	درصد خلوص: حداقل ۳۰ درصد ماده فعال
نقطه جوش: $(^\circ\text{C}) > 80$	pH: ۶-۸
نقطه انجماد: $(^\circ\text{C}) < -5$	انحلال پذیری در آب: نامحلول

درجه اشتعال: $(^{\circ}\text{C}) > 60$	گرانروی در $(^{\circ}\text{C}) - 25$
نقطه تجزیه: $(^{\circ}\text{C}) > 80$	نقطه ریزش $(^{\circ}\text{C}) : - 5 <$

مشخصات اجزاء:

مواد شیمیایی خطرناک				
۳> %۰	 R ۲۰	 R ^{۳۴}	 R ^{۶۱}	ایمیدازولین
۲> %۰	 R ^۲	 R ^{۱۱}		زایلین

طبقه بندی شده براساس Directives ۶۷/۵۴۸/EEC or ۱۹۹۹/۴۵/EC

خواص کاربردی و شیمیایی:

این ماده در سیستم‌های آب و کارخانجات نمک زدایی مصرف می شود، ارزیابی ماده بر اساس روش استاندارد ۱۹۶ D ۱ NACE انجام می شود.

شرایط نگهداری و ایمنی:

در بشکه های ۲۰۰ لیتری فلزی (فولاد کربنی با آستری پلی اتیلن یا پلی پروپیلن) و یا بشکه های پلاستیکی مقاوم و قابل حمل و نقل نگهداری شوند.

از تماس با پوست و لباس ها جلوگیری شود و در صورت تماس با پوست، فوراً با آب تمیز شسته شود. از دستکش و عینک مخصوص استفاده گردد.

منابع

- [۱] ISO ۸۰۴۴:۲۰۱۵.
- [۲] S. Ghareba, S. Omanovic, Corros. Sci. ۵۲ (۲۰۱۰) ۲۱۰۴-۲۱۱۳.
- [۳] E. Barmatov, J. Geddes, T. Hughes, M. Nagl, NACE, ۲۰۱۲, pp. C۲۰۱۲-۰۰۰۱۵۷۳.
- [۴] P.C. Okafor, X. Liu, Y.G. Zheng, Corros. Sci. ۵۱ (۲۰۰۹) ۷۶۱-۷۶۸.
- [۵] G. Zhang, C. Chen, M. Lu, C. Chai, Y. Wu, Mater. Chem. Phys. ۱۰۵ (۲۰۰۷) ۳۳۱-۳۴۰.
- [۶] M.A. Quraishi, R. Sardar, Corrosion ۵۸ (۲۰۰۲) ۱۰۳-۱۰۷.
- [۷] M. Finšgar, J. Jackson Corrosion Science ۸۶ (۲۰۱۴) ۱۷-۴۱.
- [۸] Z. S. Smialowska, G. Wiecek, Corros. Sci., ۱۱, ۸۴۳ (۱۹۷۱).
- [۹] S. Trasatti, J. Electroanal. Chem., ۵۳, ۳۳۵ (۱۹۷۴).
- [۱۰] J. O. M. Bockris and D. A. J. Swinkels, J. Electrochem. Soc., Ill, ۷۳۶ (۱۹۶۴).
- [۱۱] I. Langmuir, J. Am. Chem. Soc., ۳۹, ۱۸۴۸ (۱۹۱۷).
- [۱۲] R. G. Pearson, J. Am. Chem. Soc., ۸۵, ۳۵۳۳ (۱۹۶۳); Science, ۱۵۱, ۱۷۲ (۱۹۶۶).
- [۱۳] LL. Rosenfeld, V. P. Persiantseva, and P. B. Terentief, Corrosion, ۲۰, ۲۲۲ (۱۹۶۴).

- [۱۴] D.A. Williams, et al, US Patent ۵۲۰۰۰۹۶.
- [۱۵] S. Ali, et al, US Patent ۲۰۱۰/۰۰۵۶۴۰۵ A۱.
- [۱۶] D.G. Hill, H. Romijn, Corrosion (۲۰۰۰). Paper No. ۰۰۳۴۲.
- [۱۷] H. A. Nasr-El-Din, A. M. Al-Othman, K. C. Taylor, A.H. Al-Ghamdi, J. Petrol. Sci. Eng. ۴۳ (۲۰۰۴) ۵۷-۷۳.
- [۱۸] M. A. Malik, M. A. Hashim, F. Nabi, S. A. AL-Thabaiti, Int. J. Electrochem. Sci. ۶ (۲۰۱۱) ۱۹۲۷-۱۹۴۸.
- [۱۹] M. D. Coffey, et al, US Patent ۴۴۹۳۷۷۵.
- [۲۰] N. Fourth North Sea Minister's Conference', Esbjerg, June ۸-۹, ۱۹۹۵.
- [۲۱] D.A. Williams, et al, US Patent ۵۱۳۰۰۳۴.
- [۲۲] T. Cox, et al, US Patent ۲۰۰۳۰۰۵۱۳۹۵.
- [۲۳] D.G. Hill, A. Jones, Corrosion (۲۰۰۳). Paper No. ۰۳۱۲۱.
- [۲۴] R.J. Jasinski, et al, US Patent ۵۱۲۰۴۷۱
- [۲۵] M.M. Brezinski, SPE ۵۲۷۰۷. Presented at the SPE/EPA Exploration and Production Environmental Conference, Austin, TX, February ۲۸-March ۳, ۱۹۹۹.
- [۲۶] M.A. Deyab, Corros. Sci. ۴۹ (۲۰۰۷) ۲۳۱۵-۲۳۲۸.
- [۲۷] S. Ali, et al, US patent ۲۰۱۰۰۰۵۶۴۰۵.
- [۲۸] NACE ۱D۱۸۲.
- [۲۹] NACE ۱D۱۹۶.
- [۳۰] ASTM D۹۷.
- [۳۱] ASTM G۱۷۰.
- [۳۲] ASTM E۱۸۶۸.
- [۳۳] NACE-RP۰۲۷۳.
- [۳۴] ASTM D۴۴۵.

- [۳۵] Sung Baek, Kerry Moore, Chao Yang, Philip Philipose, Randi Schilter, Philip Watson, Stephen W. Almond, Frank Kero, Victor Vandell, Elena Gairloch MeadWestvaco; Biotage, ۱۱۰ (۲۰۱۴).
- [۳۶] Vaqif Maherram Abbasov, Tarana Aslan Mammadova, Khayam Rahim Veliyev, Khayala Hamlet Kasamanli, *Synthesis Theory and Applications*, ۴ (۲۰۱۵) ۳۳-۳۹.
- [۳۷] Divya Bajpai, v.k.Tyagi, *Journal of oleo science*, ۵۵ (۲۰۰۶) ۳۱۹-۳۲۶.
- [۳۸] Jasbir S, Gill, Peter E. Reed, Santanu Banerjee, Harbindu, Shahjahanpur, US ۹,۵۳۴,۳۰۰ B۲ (۲۰۱۷).
- [۳۹] A. Edwards, C. Osborne, S. Webster, D. Klenerman, M. Joseph, P. Ostovar, M. Doyle, *Corrosion Science*, ۳۶, (۱۹۹۴) ۳۱۵-۳۲۵.
- [۴۰] S. Papavinasam, *Corrosion Inhibitors*, John Wiley & Sons, Inc. Ottawa, Canada, ۲۰۰۰.
- [۴۱] Vaqif Maherram Abbasov, Tarana Aslan Mammadova, Khayam Rahim Veliyev, Khayala Hamlet Kasamanli, *Synthesis Theory and Applications*, ۴ (۲۰۱۵) ۳۳-۳۹.
- [۴۲] NACE ۱D۱۸۲.