



گزارش فاز مطالعاتی و آزمایشگاهی طرح فناورانه - گزارش نهایی

تدوین دانش فنی ماده ضد خوردگی محلول در نفت

پژوهشکده / واحد: پژوهشکده تکنولوژی تولید جهاد دانشگاهی خوزستان

گروه پژوهشی شیمی

مجری طرح: جمال داوریپناه

همکاران طرح: صدیقه ایگدر - محمد مهدی سراجی

تابستان ۱۴۰۲

۸	 فصل اول
۹	 ۱-۱- مقدمه
۱۱	 ۲-۱- ماده بازدارنده خوردگی محلول در نفت
۱۲	 ۳-۱- خواص و ویژگی‌ها
۱۲	 ۴-۱- واکنش‌ها و فرآیندهای خوردگی
۱۳	 ۵-۱- شرح مختصر فرآیند واحد نمک زدایی
۱۵	 ۶-۱- مواد اولیه برای تولید
۱۸	 ۷-۱- شرایط نگهداری و نکات ایمنی
۱۸	 ۸-۱- استاندارد و ارزیابی خواص
۱۹	 ۹-۱- نحوه آماده سازی نمونه‌ها برای انجام تست خوردگی
۱۹	 ۱۰-۱- انواع روش‌های الکتروشیمیایی
۱۸	 ۱-۱۰-۱- پتانسیل مدار باز (Open circuit potential)
۲۰	 ۲-۱۰-۱- پلاریزاسیون خطی (Linear polarization resistance)
۲۰	 ۳-۱۰-۱- پلاریزاسیون دینامیکی (Potentiodynamic polarization)
۲۰	 ۴-۱۰-۱- روش پتانسیوآستاتیک (Chronoamperometry)
۲۰	 Chronopotentiometry ۱-۱۰-۵- روش گالوانواستاتیک)
۲۰	 ۶-۱۰-۱- روش ترکیبی (Mixed mode)
۲۱	 ۷-۱۰-۱- روش اسپکتروسکوپی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS)
۲۲	 8-10-1 ولتامتری سیکلی
۲۲	 ۹-۱۰-۱- روش ترموگراویمتری در اندازه گیری میزان خوردگی
۲۲	 ۱-۹-۱۰-۱- خلاصه روش آزمون
۲۳	 ۱۰-۱۰-۱- روش چرخ دوار (ویل تست)
۲۴	 ۱۱-۱- سیالات و مواد شیمیایی
۲۵	 ۱۲-۱- ساین استاندارد برای تست (کوپن)

۲۵	۱-۱۲-۱- وسایل مورد نیاز آزمایش
۲۵	۲-۱۲-۱- روش انجام آزمایش
۲۷	۱-۱۳-۱- کوپن ویل تست
۲۷	۱-۱۳-۱- جنس کوپن
۲۸	فصل دوم: سنتز و بررسی مواد
۲۹	۱-۲- سنتز ایمیدازولین‌ها
۳۱	۲-۲- بخش تجربی
۳۱	۱-۲-۲- سنتز اولئیک ایمیدازولین (OI)
۳۳	۲-۲-۲- سنتز کاپریلیک ایمیدازولین (CI)
۳۴	۳-۲- بررسی ساختاری ترکیبات سنتز شده
۴۷	۴-۲- تهیه فرمولاسیون بازدارنده اولئیک ایمیدازولین به عنوان بازدارنده خوردگی محلول در نفت
۴۹	۵-۲- آزمون ویل تست
۵۰	۶-۲- طراحی فرآیند تولید در مقیاس بنج
۵۴	۷-۲- MSDS ماده شیمیایی بازدارنده خوردگی محلول در نفت
۵۷	منابع

فهرست جدول‌ها

۱۰	جدول ۱-۱- خواص و ویژگی‌های ضد خوردگی محلول در نفت
۱۱	جدول ۲-۱- برخی گروه‌های عاملی در مواد موثره بازدارنده‌ها
۲۳	جدول ۱-۲- شرایط سنتز برخی ترکیبات ایمیدازولینی
۲۴	جدول ۲-۲- محصولات جانبی و درصد آنها در سنتز مشتقات ایمیدازولینی
۲۵	جدول ۳-۲- شرایط مختلف سنتز اولئیک ایمیدازولین
۲۵	جدول ۴-۲- فرمولاسیون‌های مختلف بازدارنده محلول در نفت
۲۸	جدول ۵-۲- داده‌های طیف $^1\text{H-NMR}$ (300 MHz, CDCl_3) نمونه بازدارنده سنتز شده

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- تصویر نمونه‌های جاگذاری شده در دستگاه چرخش دوار..... 2.
- شکل ۲-۱- تصویر کوپن و دستگاه چرخش دوار..... 21
- شکل ۱-۲- سنتز ترکیبات ایمیدازولینی و مشتقات دیگر..... 23
- شکل ۲-۲- کاهش ایمیدازولین 24
- شکل ۳-۲- واکنش سنتز اولئیک ایمیدازولین 25
- شکل ۴-۲- طیف IR نمونه سنتز شده اولئیک ایمیدازولین با نسبت مولی ۲۵
- شکل ۵-۲- طیف $^1\text{H NMR}$ نمونه سنتز شده اولئیک ایمیدازولین با نسبت ۱ مول اولئیک اسید و ۱/۵ مول دی اتیلن تری آمین در دمای 240°C ۲۶
- شکل ۶-۲- طیف IR نمونه بازدارنده خوردگی محلول در آب (صنعتی) ۲۶
- شکل ۷-۲- طیف IR نمونه سنتز شده اولئیک ایمیدازولین در عدم حضور گاز نیترون ۲۷
- شکل ۸-۲- طیف IR نمک آمین ۲۸
- شکل ۹-۲- طیف IR مرحله اول واکنش سنتز اولئیک ایمیدازولین با نسبت ۱ مول اولئیک اسید و ۱/۵ مول دی اتیلن تری آمین در دمای 160°C به مدت ۵ ساعت ۲۹
- شکل ۱۰-۲- طیف IR مرحله دوم واکنش سنتز اولئیک ایمیدازولین با نسبت ۱ مول اولئیک اسید و ۱/۵ مول دی اتیلن تری آمین در دمای 240°C ۳۰
- شکل ۱۱-۲- طیف IR ایمیدازولین صنعتی ۳۱
- شکل ۱۲-۲- طیف IR نمونه سنتز شده بیس ایمیدازولین با نسبت ۲ مول از اولئیک اسید و ۱ مول از دی اتیلن تری آمین ۳۲
- شکل ۱۳-۲- طیف IR نمونه سنتز شده اولئیک ایمیدازولین با نسبت ۱ مول اولئیک اسید و ۱/۵ مول دی اتیلن تری آمین در دمای 160°C به مدت ۲۴ ساعت ۳۳
- شکل ۱۴-۲- نتایج تست پلاریزاسیون نمونه WS- ۳۴
-86
- شکل ۱۵-۲- نتایج تست پلاریزاسیون نمونه ۳۵
- شکل ۱۶-۲- نقشه های راکتور مد نظر برای سنتز مواد موثره مورد نظر ۳۸

۱ فصل اول

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 لوله‌ای انتقال نفت به کار می‌رود. دی اکسید کربن گاز طبیعی در آب نمک حل شده و اسید کربنیک ضعیف تشکیل می‌دهد که اغلب باعث خوردگی - های شدید در خطوط لوله‌ای 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 صحیح 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 هم‌افزایی 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 می‌شود [۲۲-۱۶].

برای خوردگی تعاریف فراوانی ذکر شده است. استاندارد ISO 8044 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 خورنده 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 اکسید کربن 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 خورنده 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 [۷-۲].

۳-۱- خواص و ویژگی‌ها

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

مشخصات فیزیکی و شیمیایی	
حالت: مایع	رنگ: زرد تا قهوه ای تیره
وزن مخصوص حدود: $0.8 - 1.0 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$	بو: بوی حلال‌های نفتی آروماتیک
درصد خلوص: حداقل ۳۰ درصد ماده فعال	وزن مولکولی: -
pH: ۶-۸	نقطه جوش: $(^{\circ}\text{C}) > 80$
قابلیت انحلال: محلول در گازوئیل و حلال‌های نفتی-قابل پخش در آب	نقطه انجماد: $(^{\circ}\text{C}) < -5$
	درجه اشتعال: $(^{\circ}\text{C}) > 60$
	گراثری در $(^{\circ}\text{C}) 25$: $(\text{c.p}) < -50$
	نقطه تجزیه: $(^{\circ}\text{C}) > 150$
	نقطه ریزش $(^{\circ}\text{C})$: $-5 <$

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 آندی 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 $+2$ 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 احیاکننده هستند. اکسیژن از سطح اکسیداسیون صفر به سطح اکسیداسیون -2 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 کارخانه‌ی نمک زدایی شده و مستقیماً به سمت مخزن ائتلاف کننده‌ی 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، استوانه ای شکل بوده و عمل جدایش در آن بر اساس اختلاف وزن مخصوص نفت و آب نمک انجام می شود.

نفت مخلوط شده با آب تازه توسط لوله به بالای مخزن هدایت شده سپس به صورت حلزونی از آن سرازیر می گردد. 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 لوله ی ارتباطی وارد مخزن کف گیر می شود. نفت ذخیره شده در مخزن نوسان گیر نیز توسط پمپ و از طریق خطوط لوله ی ارتباطی وارد مخزن ائتلاف کننده‌ی الکتریکی می گردد. در این مخزن ذرات پراکنده‌ی آب نمک تحت تاثیر میدان الکتریکی جریان متناوب با ولتاژ بالا قرار می گیرد 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 می شوند. 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 می شود. آب نمک ته نشین شده درون مخزن ائتلاف کننده الکتریکی توسط خطوط لوله ارتباطی به سمت مخزن کف گیر هدایت می شود. 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 می گردد تا دوبار استفاده شود. آب نمک از بالای مخزن کف گیر به صورت حلزونی به سمت پایین مخزن سرازیر می شود. از قسمت بالای این مخزن، نفت جدا شده از آب توسط لوله جمع آوری و به مخزن نوسان گیر وارد می شود. آب نمک جدا شده نیز از کف مخزن به سوی مخازن جداکننده‌ی ثقلی ارسال می گردد. در این مخازن باقیمانده‌ی ذرات نفت از آب نمک جدا شده و در نهایت این

آب نمک که در اصطلاح به آن آب زائد می گویند وارد فیلتر می گردد. این آب نمک پس از جدا کردن ذرات جامد، وارد مخزن ذخیره‌ی آب زائد شده و از آنجا توسط پمپ به چاه‌های زیرزمینی تزریق می گردد.

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. کارآیی 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 کارآیی 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	$-\text{SH}$	$-\text{yne}$	$-\text{C}=\text{}$
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 اشتعال پذیری درج گردد. علاوه بر اینها الکل‌های با وزن مولکولی پایین، گلیکول‌ها، دی متیل سولفوکساید، دی متیل استامید، ۱-متیل-۲-پیرولیدون، تترامتیلن سولفون، دی متیل فرماید، 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_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 [۲۷-۲۳].

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 بشکه های پلاستیکی مقاوم و قابل حمل نگهداری می شود. از تماس با پوست و لباس ها 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 1D182 و یا روش پلاریزاسیون بر اساس استاندارد NACE 1D196 اندازه گیری می شود. چنانچه از روش چرخ دوار استفاده گردد، کوپن های 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 D97 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 می گردد.

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

تعیین ویسکوزیته مواد بازدارنده خوردگی طبق استاندارد ASTM D445 انجام می گیرد. به منظور اطلاع از کیفیت بازدارنده و فرمول بندی آن استفاده از اسپکتروسکوپی مادون قرمز (FT-IR) پیشنهاد می گردد [۲۸-۳۴].

۹-۱- نحوه آماده سازی نمونه ها 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 الکتروود 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.

۱-۱۰-۱- انواع روش‌های الکتروشیمیایی

۱-۱۰-۱-۱- 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 اندازه گیری است.

۱-۱۰-۱-۲- 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.

۱-۱۰-۱-۳- 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

^۲steady stat

محیط‌های مختلفی انجام می‌شود و منحنی پتانسیل بر حسب جریان رسم می‌شود. با رسم مماس بر منحنی در دوشاخه کاتدی و آندی 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.

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 گالوانواستاتیک (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 گالوانواستاتیک 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.

از آن جا که روش امپدانس جاروب پتانسیل وجود ندارد، اندازه‌گیری می‌تواند در محلول‌های با هدایت کم نیز انجام شود. در حالی که روش‌های DC در چنین محلول‌هایی به شدت در معرض خطاهای کنترل پتانسیل قرار دارند. مهمترین مزیت روش امپدانس به روش‌های AC این است که در آن یک مدل الکتریکی معادل برای پدیده الکترو شیمیایی ارایه می‌شود. فصل مشترک الکتروود با الکتروولیت مشابه یک مدار الکتریکی است که شامل ترکیب خاصی از مقاومت‌ها و خازن‌ها است. پارامترهای مربوط به این اجزا را می‌توان با استفاده از نتایج به دست آورد و مدار معادل را پیشنهاد کرد. بنابراین، از آن جا که داده‌های حاصل از آزمایش‌های امپدانس هم اطلاعاتی در مورد ظرفیت و هم در مورد سینتیک انتقال بار می‌دهند، می‌توان مطالعات مکانیزیمی سیستم را با آن‌ها انجام داد.

۱-۱۰-۸- ولتامتری سیکلی

ولتامتری سیکلی یکی از انواع روش‌های اندازه‌گیری الکتروشیمیایی پتانسیودینامیک است. در آزمایش ولتامتری سیکلی پتانسیل الکتروود کاری به صورت خطی با زمان تغییر می‌کند. برخلاف ولتامتری روبش خطی، بعد از رسیدن به یک پتانسیل تعیین شده، پتانسیل الکتروود کاری در جهت عکس تغییر می‌کند تا به پتانسیل اولیه باز گردد. این چرخه‌های تغییر پتانسیل می‌تواند به تعداد دلخواه تکرار شوند. جریان ایجاد شده در الکتروود کاری بر حسب پتانسیل رسم می‌شود تا نمودار ولتامتری سیکلی به دست آید.

۱-۱۰-۹- روش ترموگراویمتری در اندازه‌گیری میزان خوردگی

این روش تست خوردگی مبتنی بر میزان کاهش وزن نمونه می‌باشد.

۱-۱۰-۹-۱- خلاصه روش آزمون

^۴Nyquist

^۵Bode

نمونه‌ای از جرم شناخته شده در دمای ثابت وزن می‌شود و جرم آن به طور مداوم به عنوان تابعی از زمان اندازه‌گیری می‌شود. در پایان یک بازه زمانی از پیش تعیین شده یا هنگامی که کاهش وزن به میزان از پیش تعیین شده می‌رسد، کاهش جرم نمونه به عنوان درصد جرمی ثبت می‌شود. 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:

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

۱-۱۰-۱- 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 خوردنده 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 پایینی 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.

۱-۱۱- 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.

۱-۱۲- سایز استاندارد برای تست (کوپن)

۱. سایز برای آزمایش‌هایی با گاز ترش $۷۶ \times ۷۱۲ \times ۰/۱۳$ میلی‌متر می‌باشد.

۲. سایز برای نمونه شیرین $۱۵۰ \times ۱/۵$ میلی‌متر می‌باشد.

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

۱-۱۲-۱- وسایل مورد نیاز آزمایش

۱. بطری ۲۰۰ میلی لیتر با درب سیل شده

۲. سرنگ و پرجینگ منیفولد

۳. چرخاننده و Oven

۱-۱۲-۲- 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 چرخاننده 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

۱-۱۳- 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 1D182، 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 بطری‌های آزمایش، افزودن گاز خورنده که عموماً سولفید هیدروژن (H_2S) است و چرخاندن نمونه‌ها 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 ممانعت کننده‌ها در مراحل ابتدایی بررسی آنها به منظور تشخیص و خارج کردن ممانعت کننده‌های ضعیف می‌باشد و مطابق با استاندارد NACE 1D182 بر روی نمونه‌ها انجام می‌شود.

۱-۱۳-۱- جنس کوپن

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



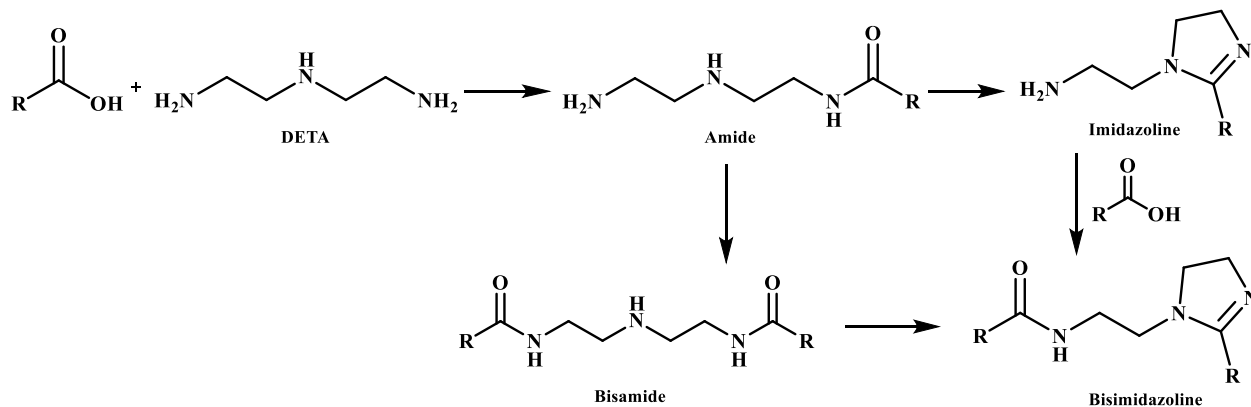
شکل ۱-۲- تصویر کوپن و دستگاه چرخش دوار

۲ فصل دوم

فاز آزمایشگاهی

۲-۱- سنتز ایمیدازولین‌ها

بهترین روش و معمولترین روش برای سنتز ایمیدازولین‌ها واکنش یک اسید چرب (از جمله اولئیک اسید، استئاریک اسید، پالمیتیک اسید، لوریک اسید و ...) با ترکیب‌های اتیلن دی آمین، تری آمینی و یا تترا آمینی می‌باشد (شکل ۲-۱). در اثر واکنش اولئیک اسید با دی اتیلن تری آمین در شرایط مختلف دمایی و همچنین در محیط خنثی و با نسبت‌های مختلف اسید به آمین ترکیبات، بیس آمید و بیس ایمیدازولین به عنوان محصول جانبی واکنش می‌تواند تشکیل گردد که براساس محیط و شرایط مختلف ترکیب درصد مواد سنتزی متغیر می‌باشد (جدول ۲-۱) [۳۵-۴۰].

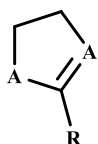


شکل ۲-۱- سنتز ترکیبات ایمیدازولینی و مشتقات دیگر

جدول ۱-۲- شرایط سنتز برخی ترکیبات ایمیدازولینی

نمونه	نسبت OA:DETA	شرایط واکنش
۱	1:1/5	۲۶۰ درجه سانتیگراد برای ۵ ساعت خالص سازی با نیتروژن برای ۴ ساعت
۲	1:1/2	160 درجه سانتیگراد برای 3 ساعت 240 درجه سانتیگراد برای 3 ساعت خالص سازی با نیتروژن برای ۴ ساعت
۳	1/2:1	175 درجه سانتیگراد برای 2 ساعت
۴	۱:۱	165 درجه سانتیگراد برای 2 ساعت خالص سازی با نیتروژن برای ۴ ساعت
۵	۲:۱	170 درجه سانتیگراد برای ۵ ساعت

با استفاده از تکنیک LC-MS مخلوط سنتزی و میزان محصولات جانبی که احتمال تشکیل دارند مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست آمده از آنالیز LC-MS می توان گفت بهترین نسبت اسید به آمین نسبت 1:1/5 می باشد، که بیشترین درصد ایمیدازولین و کمترین درصد محصولات جانبی را دارد، با افزایش نسبت اسید از ۱ به ۲ بیس ایمیدازولین تشکیل شده نیز بیشتر می شود جدول (۲-۲). یکی از محصولات جانبی که می تواند تشکیل گردد، تجزیه و جدا شدن گروه جانبی روی حلقه می باشد [۳۵].



Imidazoline Degradation Byproduct

شکل ۲-۲- کاهش ایمیدازولین

جدول ۲-۲- محصولات جانبی و درصد آنها در سنتز مشتقات ایمیدازولینی

HPLC Area (%)					
نمونه	ایمیدازولین (FW 367)	آمید (FW 367)	ایمیدازولین* (FW 306)	بیس ایمیدازولین (FW 612)	بیس ایمیدازولین (FW 631)
1	79	0	7	14	0
2	53	0	0	47	0
3	20	46	0	15	18
4	57	11	9	17	5
5	11	0	8	74	7

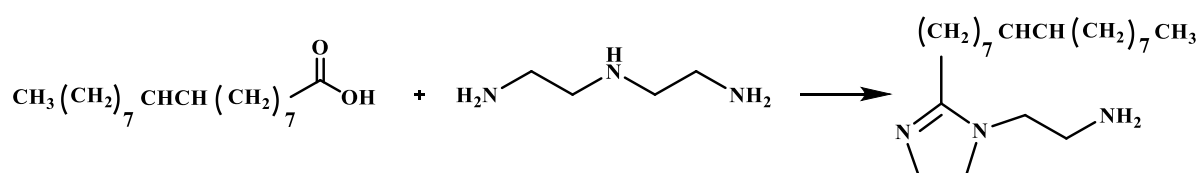
* ایمیدازولین بدست آمده از واکنش تخریب

۲-۲- بخش تجربی

۲-۲-۱- سنتز اولئیک ایمیدازولین (OI)

بازدارنده OI با استفاده از واکنش دی اتیلن تری آمین و اولئیک اسید آزمایشگاهی تهیه شد. ۱ مول اولئیک اسید در یک بالن 100 ml سه دهانه مجهز به ترموکوپل، همزن مغناطیسی، قیف قطره چکان و تله‌ی دین استارک افزوده شد. محلول تا دمای 60 °C گرم شد و سپس 1/2 مول از دی اتیلن تری آمین به آن افزوده شد. پس از آن مخلوط تا دمای 160 °C گرم شد و به مدت ۴ ساعت در این دما باقی ماند تا آب به وجود آمده از واکنش در دین استارک جمع شود. در این مرحله رنگ ترکیب از زرد روشن به قرمز تیره تغییر یافت. سپس دما به 240 °C افزایش یافته و به مدت 1 ساعت مخلوط در این دما قرار گرفت در طی این مدت

جریان نیتروژن بر روی محلول قرار گرفت و سرعت چرخش همزن مغناطیسی هم بیشتر شد تا به راحتی آب تولید شده در ادامه‌ی واکنش همراه گاز نیتروژن خارج شود. در مرحله بعد به مدت ۲ ساعت دیگر دمای محلول در 240°C ثابت نگه داشته شد و پس از آن تا دمای آزمایشگاه سرد شد و با آب و کلروفرم خالص‌سازی شد. بازده اولئیک ایمیدازولین سنتز شده حدود ۸۰ درصد می‌باشد. آب جمع شده در دین استارک حدود ۳/۵ میلی لیتر می‌باشد [۳۶].



شکل ۲-۳- واکنش سنتز اولئیک ایمیدازولین (OI)



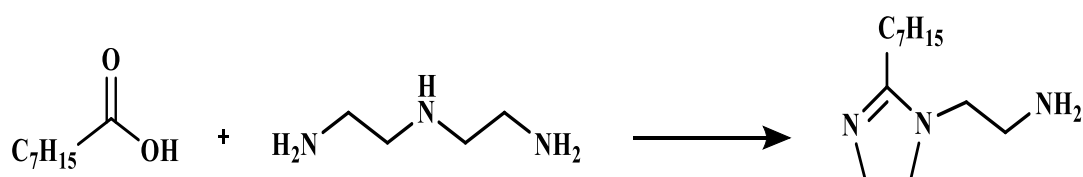
شکل ۲-۴- مراحل سنتز اولئیک ایمیدازولین

جدول ۲-۳- شرایط مختلف سنتز اولئیک ایمیدازولین

نمونه	نسبت OA:DETA	شرایط واکنش		
۱	1:2	160 °C 220 °C	3 h 2 h	بدون حضور گاز نیتروژن
۲	1:2	۱۶۰ °C ۲۲۰ °C	۲۴ h ۴ h	بدون حضور گاز نیتروژن
۳	1:2	۱۶۰ °C ۲۲۰ °C	۲۴ h ۵ h	در حضور گاز نیتروژن
۴	1:1/5	۱۶۰ °C ۲۲۰ °C	h۵ h۴	در حضور گاز نیتروژن
۵	2:1	۱۷۰ °C	2h	بدون حضور گاز نیتروژن

۲-۲-۲- سنتز کاپریلیک ایمیدازولین (CI)

بازدارنده CI با استفاده از واکنش دی اتیلن تری آمین و کاپریلیک اسید آزمایشگاهی تهیه شد. ۱ مول کاپریلیک اسید در یک بالن 100 ml سه دهانه مجهز به ترموکوپل، همزن مغناطیسی، قیف قطره چکان و تله‌ی دین استارک افزوده شد. محلول تا دمای 60 °C گرم شد و سپس ۱/۵ مول از دی اتیلن تری آمین به آن افزوده شد. پس از آن مخلوط تا دمای 160 °C گرم شد و به مدت ۴ ساعت در این دما باقی ماند تا آب به وجود آمده از واکنش در دین استارک جمع شود. سپس دما به 225 °C افزایش یافته و به مدت ۱ ساعت مخلوط در این دما قرار گرفت در طی این مدت جریان نیتروژن بر روی محلول قرار گرفت و سرعت چرخش همزن مغناطیسی هم بیشتر شد تا به راحتی آب تولید شده در ادامه‌ی واکنش همراه گاز نیتروژن خارج شود. در مرحله بعد به مدت ۲ ساعت دیگر دمای محلول در 225 °C ثابت نگه داشته شد و پس از آن تا دمای آزمایشگاه سرد شد و با آب و کلروفرم خالص سازی شد. بازده کاپریلیک ایمیدازولین سنتز شده باید حدود ۸۰ درصد باشد [37].



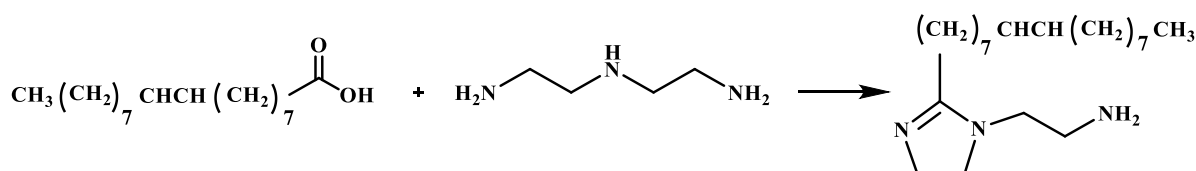
شکل ۲-۵- واکنش سنتز کاپریلیک ایمیدازولین (CI)

جدول ۲-۴- شرایط مختلف سنتز کاپریلیک ایمیدازولین

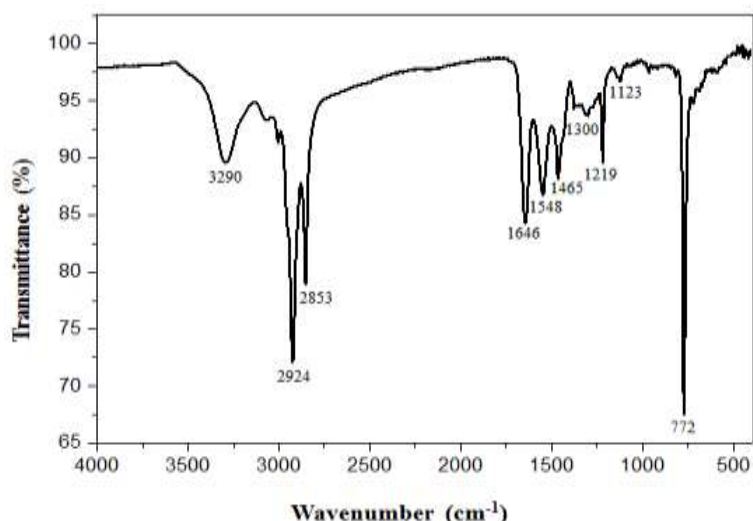
شرایط واکنش			نسبت مولی CA: DETA	نمونه
در حضور گاز نیتروژن	3 h	۱۶۰ °C	1:1/5	۱
	2 h	۲۲۰°C		
	۲h	۱۷۰°C	۲:۱	۲

۳-۲- بررسی ساختاری ترکیبات سنتز شده

اولئیک ایمیدازولین از واکنش اولئیک اسید با دی اتیلن تری آمین تهیه شد (شکل ۲). این واکنش در شرایط مختلف (دما، زمان، نسبت مواد) انجام شد. جدول ۱ شرایط مختلف سنتز اولئیک ایمیدازولین را نشان می دهد، نسبت ۱/۵ : ۱ برای اولئیک اسید و دی اتیلن تری آمین بیشترین بازده را دارد. به منظور تایید ساختار بازدارنده OI سنتز شده از طیف سنجی FTIR (مدل VERTEX70, BRUKER) و $^1\text{H-NMR}$ (مدل 300 MHz, BRUKER) استفاده شد. شکل (۲-۶) طیف FTIR، شکل (۲-۷) طیف $^1\text{H-NMR}$ بازدارنده سنتز شده را نشان می دهد. در طیف FTIR پیک ظاهر شده در 1646cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی $\text{C}=\text{N}$ است. پیک های دوگانه ظاهر شده در 2853cm^{-1} و 2924cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی هیدروژن های آلیفاتیک در پیوند با کربن sp^3 است. و پیک ظاهر شده در 3290cm^{-1} مربوط به ارتعاش کششی پیوند N-H است.

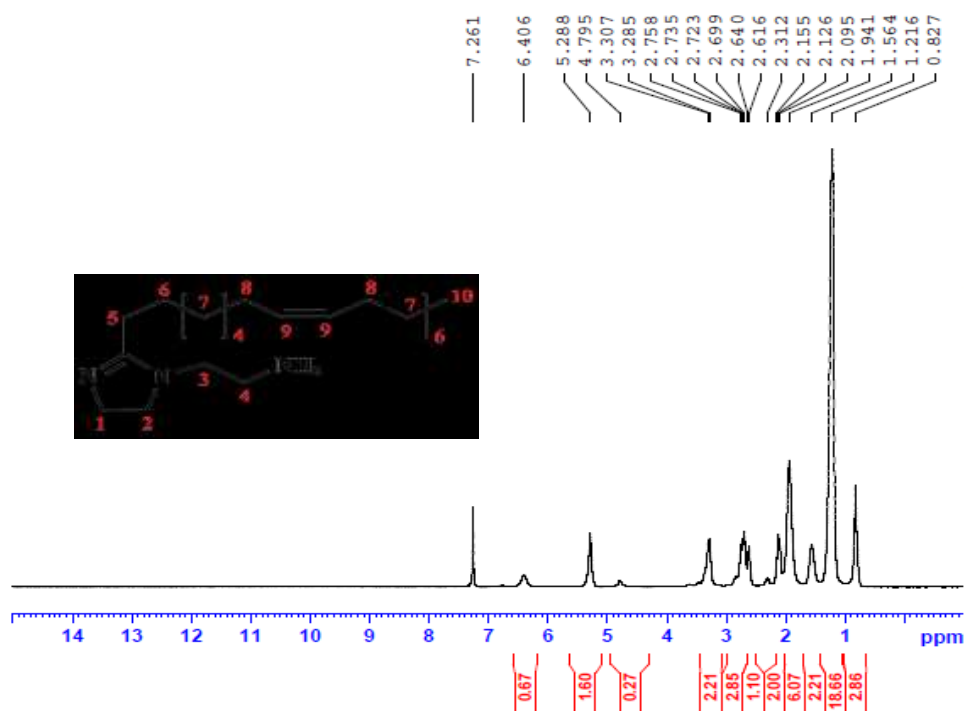


شکل ۲-۵- واکنش سنتز اولئیک ایمیدازولین (OI)



شکل ۲-۶- طیف IR نمونه بازدارنده سنتز شده

طیف $^1\text{H-NMR}$ بازدارنده در حلال کلروفرم دوتره ثبت شد (شکل ۴). به طور کلی پیک هیدروژن برای بازدارنده OI به سه گروه تقسیم می شود. گروه اول پیک هیدروژن برای زنجیره هیدروکربنی است که جا به جایی شیمیایی در حدود $0.86-2.2$ ppm می باشد. گروه دوم پیک هیدروژن برای کربن های شماره ۳ و ۴ در جا به جایی شیمیایی حدود $2.5-2.8$ ppm است. آخرین پیک هیدروژن مربوط به حلقه ایمیدازولین در حدود جابه جایی شیمیایی $3.25-3.5$ ppm می باشد. تقریباً پیک هیدروژن برای حلقه ایمیدازولین در حدود جابه جایی شیمیایی $3.34-3.64$ ppm می باشد [۴۱ و ۴۲]. پیک مشخص شده در جابه جایی شیمیایی ppm 5.4 مربوط به پیوند غیر اشباع در زنجیره هیدروکربنی است. طبق اطلاعات بدست آمده از طیف $^1\text{H-NMR}$ می توان نتیجه گرفت که ترکیب سنتز شده منطبق با شکل ۱ می باشد. اطلاعات بدست آمده از طیف $^1\text{H-NMR}$ در جدول شماره ۲ آورده شده است.

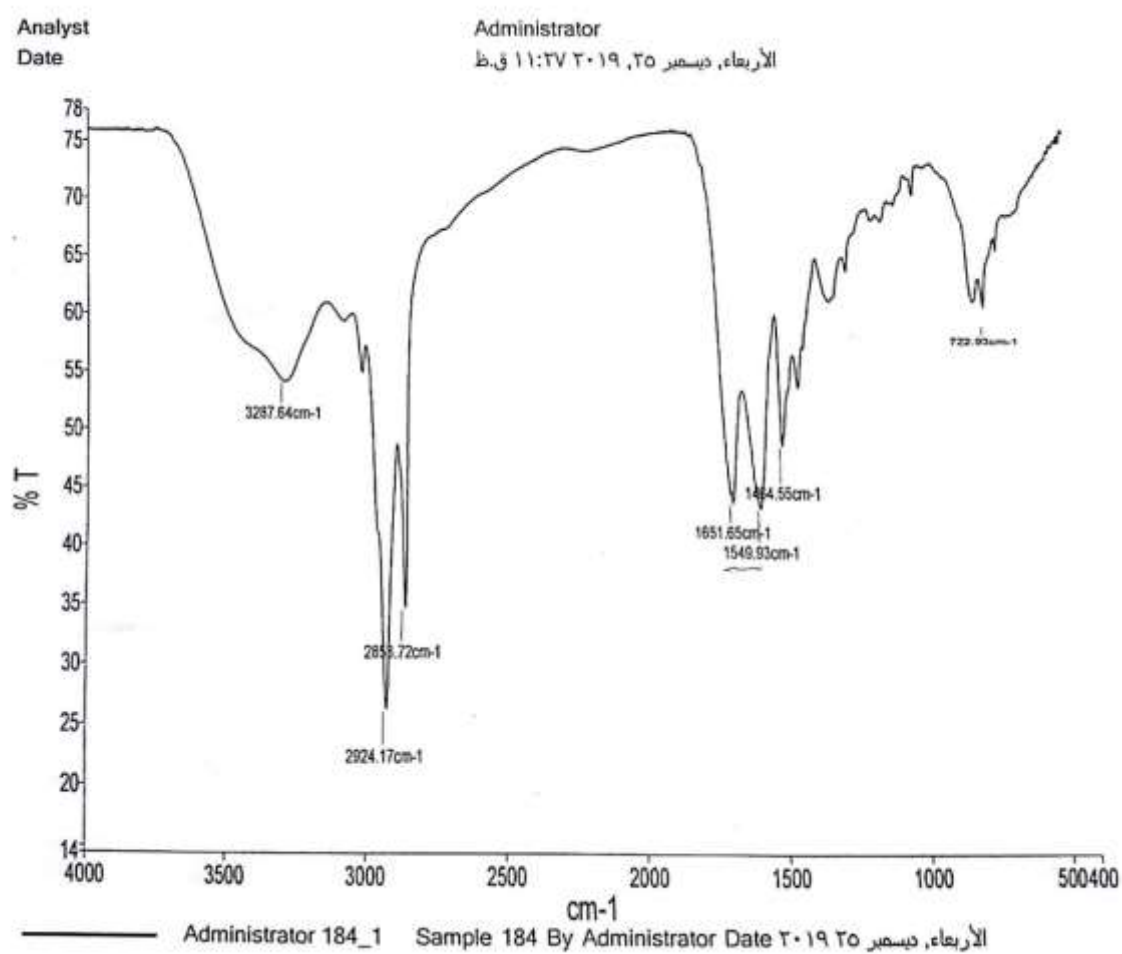


شکل ۲-۷- طیف ¹H-NMR نمونه بازدارنده سنتز شده

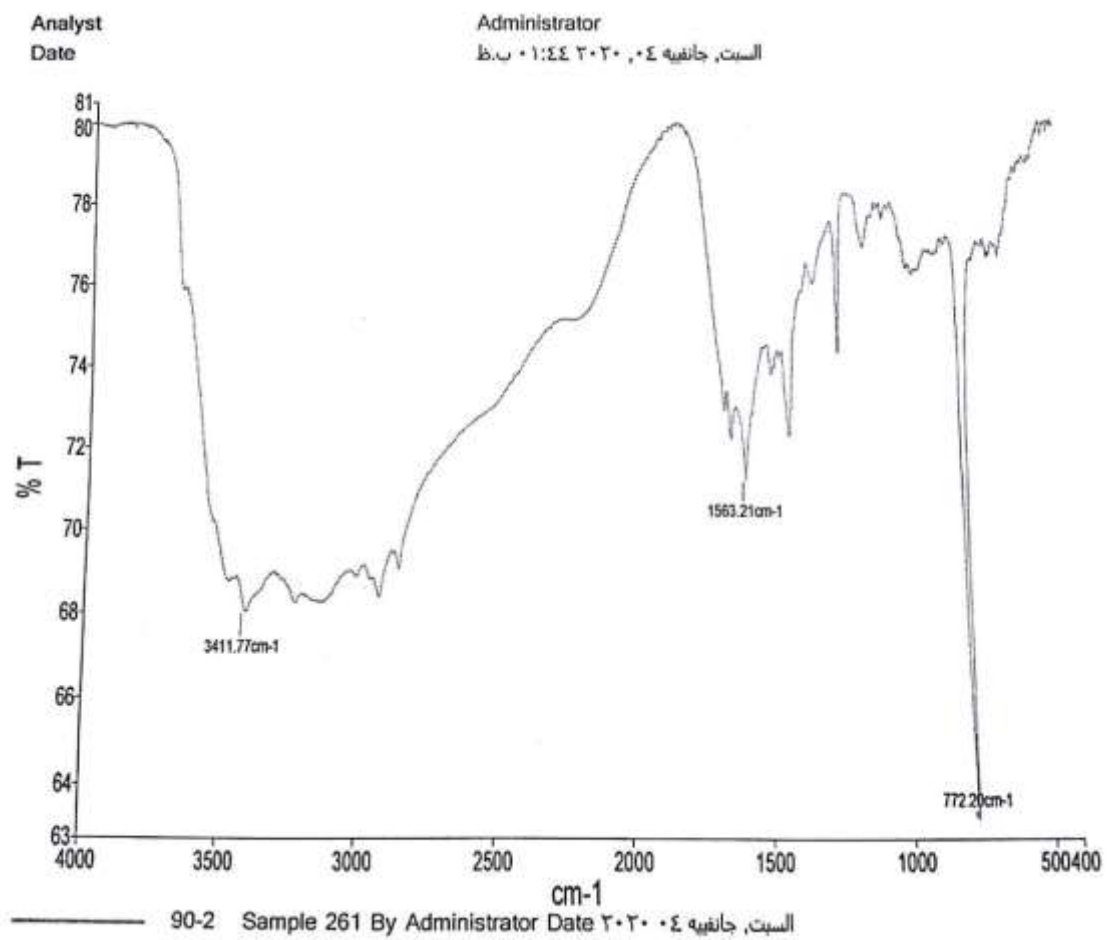
جدول ۲-۴- داده‌های طیف ¹H-NMR (300 MHz, CDCl₃) نمونه بازدارنده سنتز شده

اولئیک ایمیدازولین (ppm)	شماره کربن
--------------------------	------------

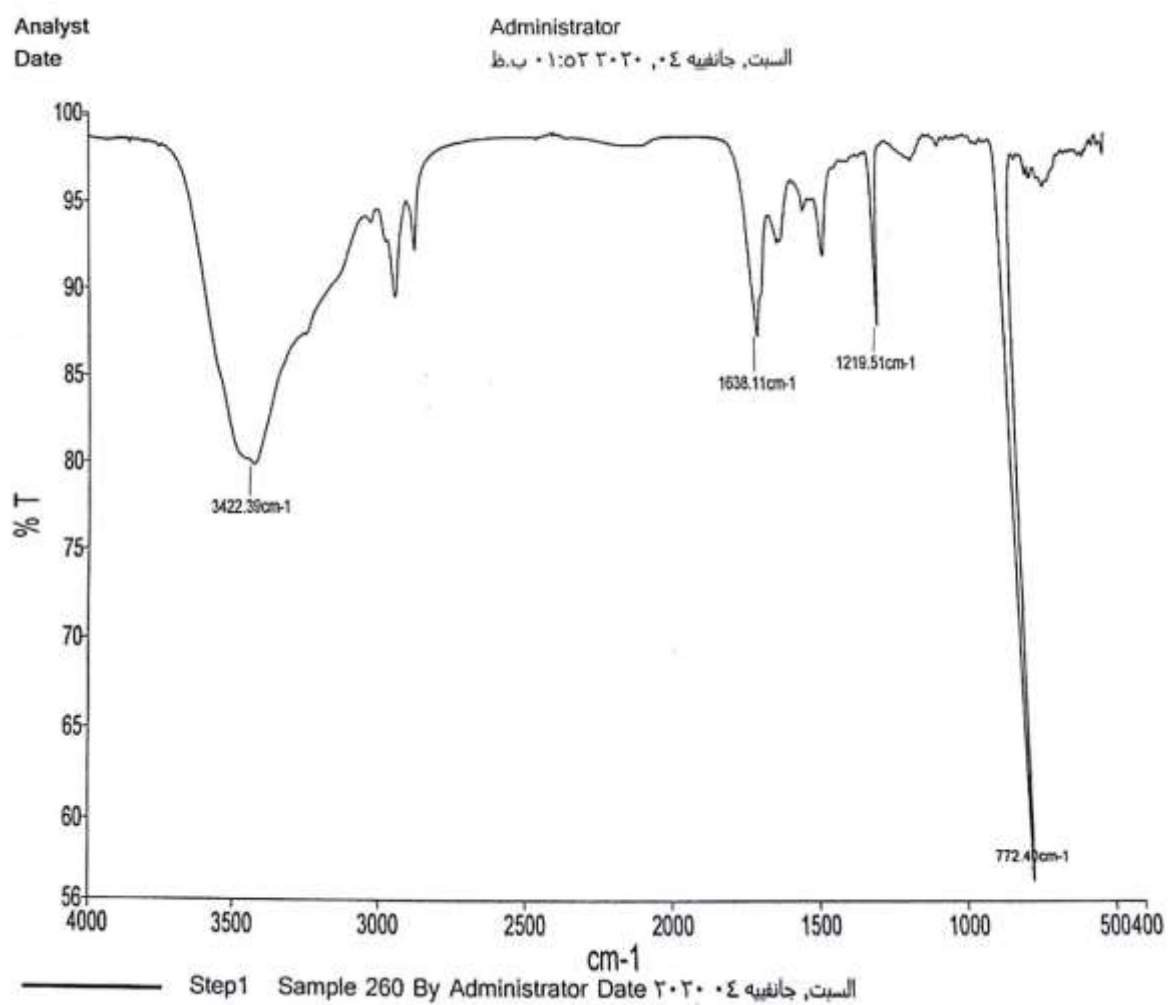
۱-۲	۳/۲۵-۳/۵
۳-۴	2/5-2/8
۵-۶-۷-۸	2/2-2-1/3-1/6
۹	5/4
۱۰	0/86



شکل ۲-۸- طیف IR نمونه سنتز شده اولئیک ایمیدازولین در عدم حضور گاز نیتروژن

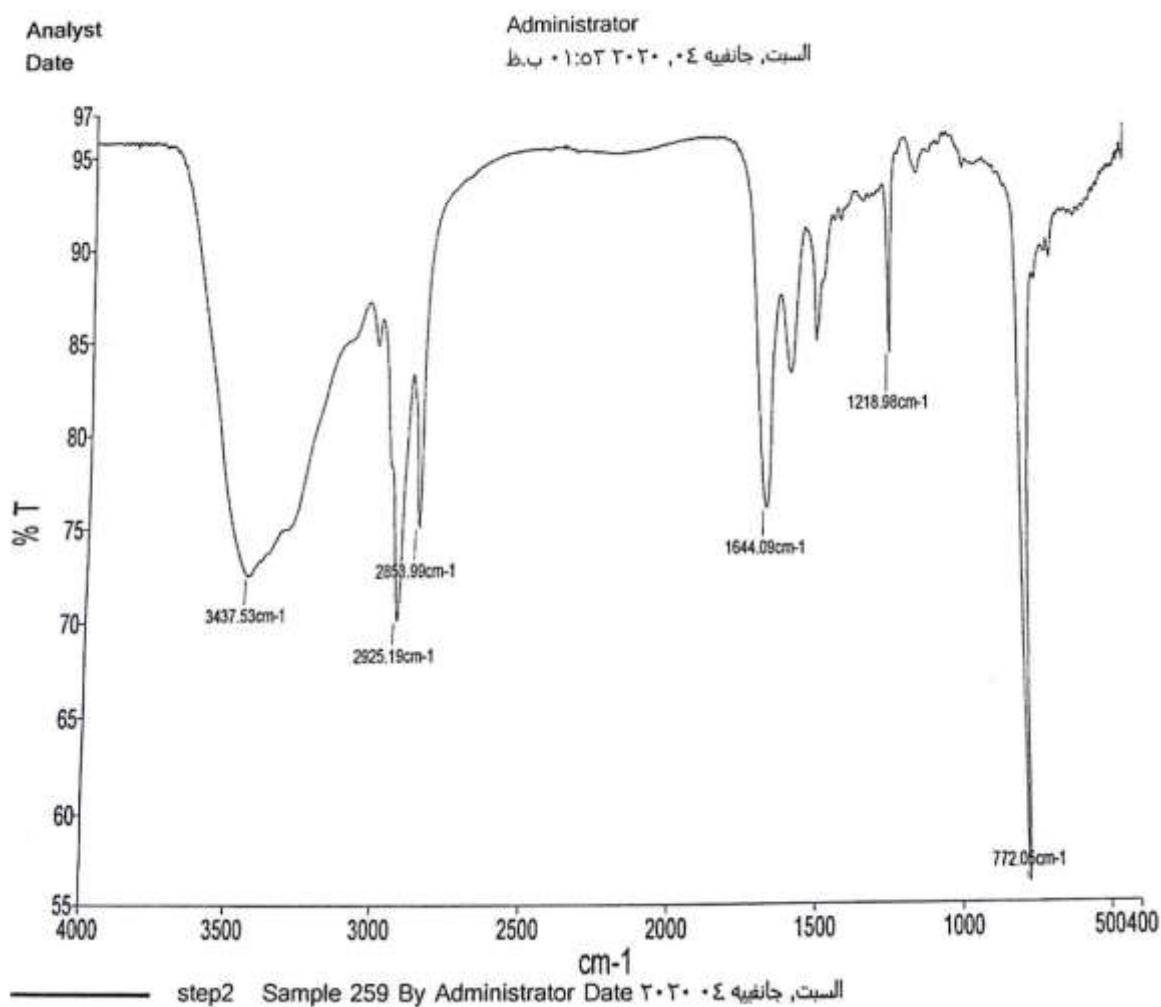


شکل ٢-٩- طیف IR نمک آمین



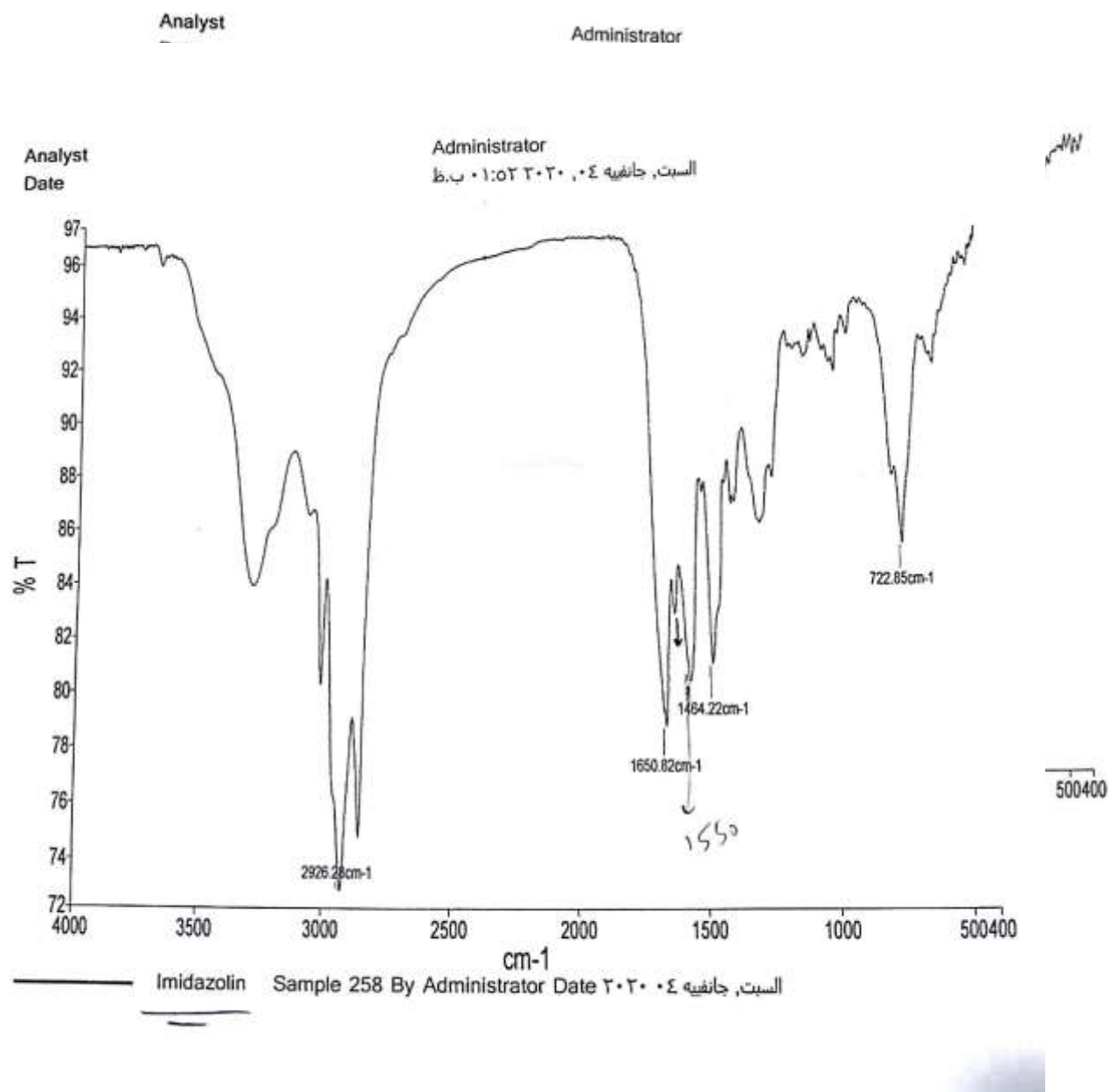
شکل ۲-۱۰- طیف IR مرحله اول واکنش سنتز اولئیک ایمیدازولین با نسبت ۱ مول اولئیک اسید و ۱/۵

مول دی اتیلن تری آمین در دمای 160°C به مدت ۵ ساعت



شکل ۲-۱۱- طیف IR مرحله دوم واکنش سنتز اولئیک ایمیدازولین با نسبت ۱ مول اولئیک اسید

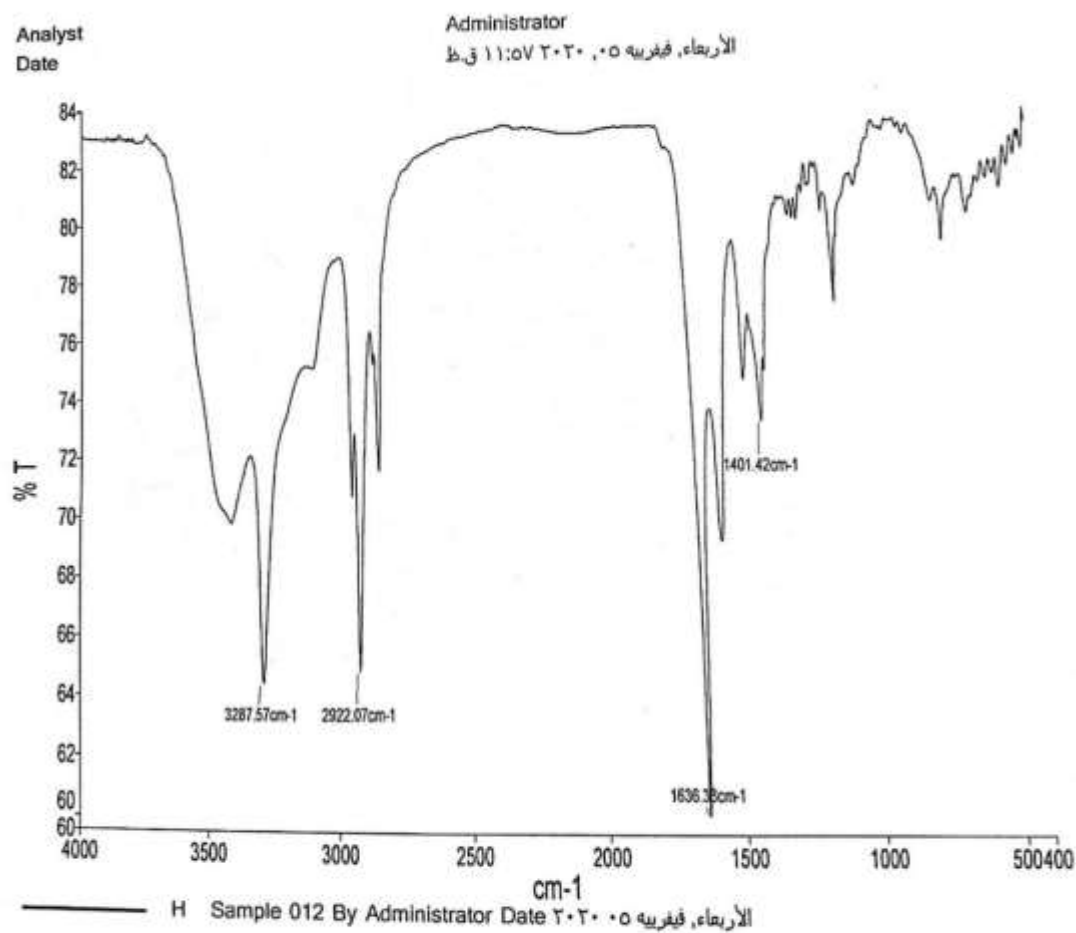
و ۱/۵ مول دی اتیلن تری آمین در دمای 240°C



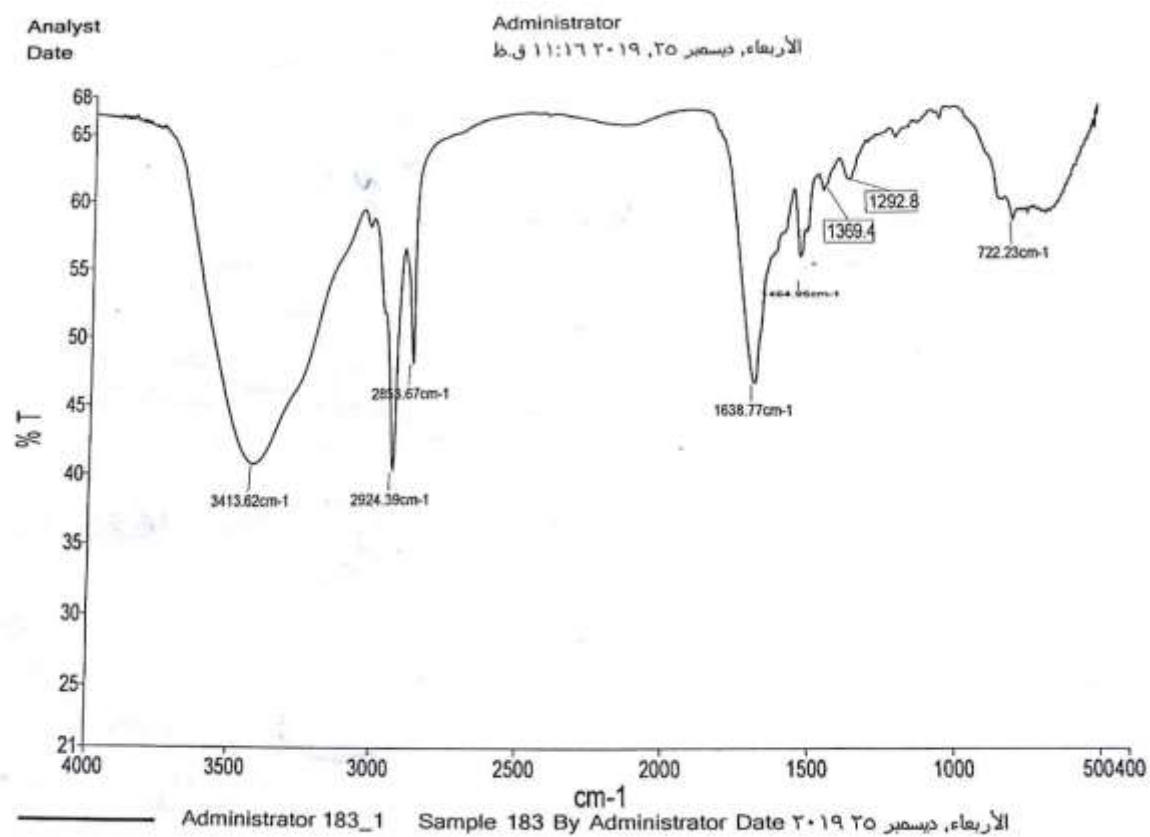
شكل ٢-١٢- طيف IR نمونه سنتز شده اولئيك ايميدازولين با نسبت ١ مول اولئيك اسيد و 2

مول دي اتيلن تري آمين در دماي 240°C

شكل ٢-١٣- طيف IR ايميدازولين صنعتي

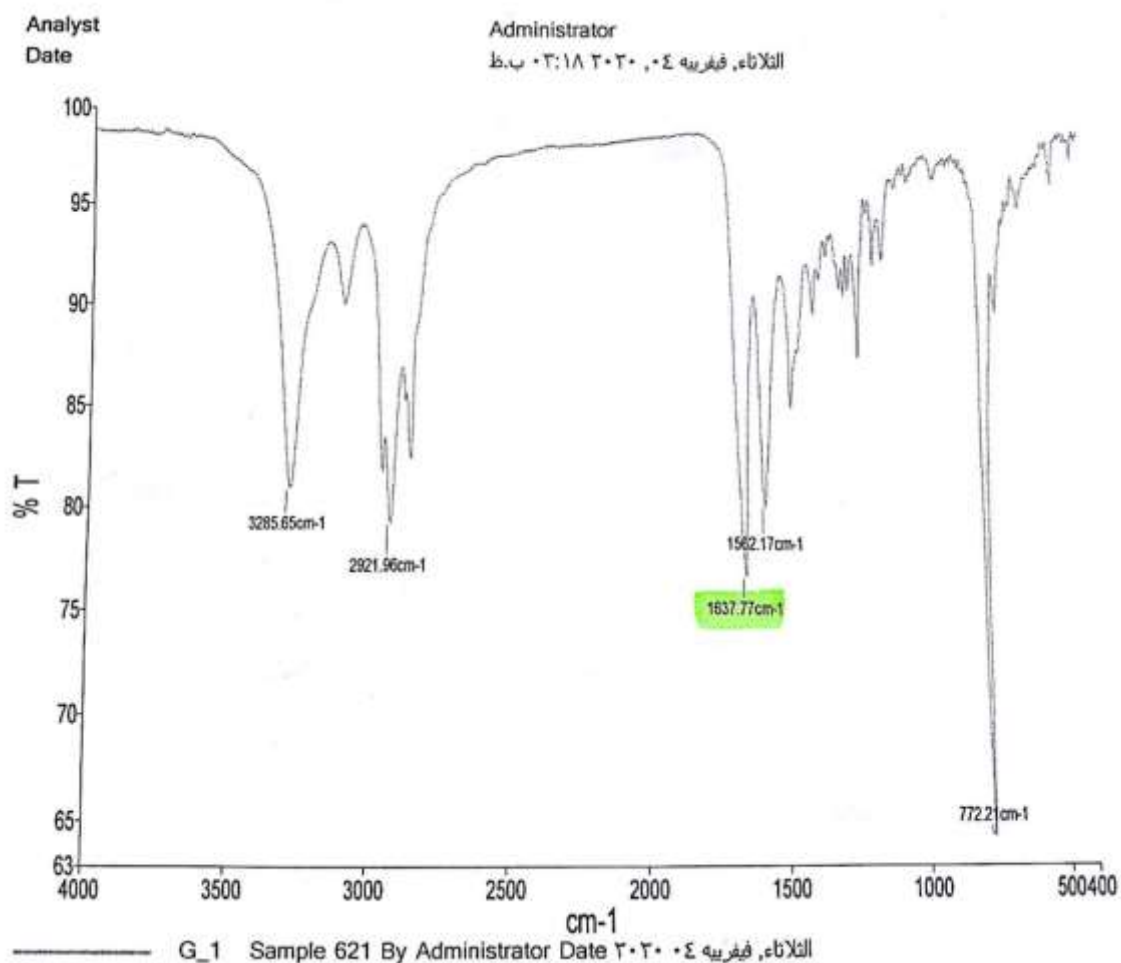


شکل ٢-١٤- طیف IR نمونه سنتز شده بیس ایمیدازولین با نسبت 2 مول از اولئیک اسید و 1 مول از دی اتیلن تری آمین



شکل ٢-١٥- طیف IR نمونه سنتز شده اولئیک ایمیدازولین با نسبت ١ مول اولئیک اسید و ١/٥ مول دی

اتیلن تری آمین در دمای 160°C به مدت ٢٤ ساعت



شکل ۲-۱۶- طیف IR نمونه سنتز شده کاپریلیک ایمیدازولین

۲-۴- تهیه فرمولاسیون بازدارنده اولئیک ایمیدازولین به عنوان بازدارنده خوردگی محلول در

نفت

در فرمولاسیون بازدارنده اولئیک ایمیدازولین درصدهای متفاوتی از اولئیک ایمیدازولین سنتز شده، بنزالکونیوم کلراید، نونیل فنول، زایلن، ایزوپروپانول، آب و اسید استیک استفاده شد. در جدول ۲ فرمولاسیون‌های مختلف

با ترکیب درصد متفاوت از مواد آورده شده است.

جدول ۲-۵- فرمولاسیون‌های مختلف بازدارنده محلول در نفت

شماره نمونه	%OI	بنز آلکونیوم کلراید.%	زایلن.%	ایزوپروپانول %	نونیل فنول.%	استیک اسید.%	تست حلالیت در گازوئیل	pH
۱	۳۰	-	۵۰	۱۰	۱۰	-	محلول	۱۰
۲	۵۰	-	۳۰	۱۰	۱۰	-	نامحلول	۱۲/۳
۳	۵۰	۱۰	۱۰	۵	۱۰	۱۵	محلول	۷/۸
۴	۵۰	۱۰	۱۰	۵	۵	30	نامحلول	۶/۲
۵	۶۰	۵	۱۰	۵	۱۰	۱۰	نامحلول	۱۰/۳
۶	۶۰	۵	۱۰	-	۱۰	1۵	محلول	۹/۴
۷	۵۰	۵	۱۵	-	۱۵	۱۵	محلول	۸/۵
۸	۳۰	-	۵۰	۱۰	۱۰	-	محلول	۱۰/۲
۹	۵۰	-	۳۰	۱۰	۱۰	-	نامحلول	۱۰

شماره نمونه	%OI	بنز آلکونیوم کلراید.%	زایلن.%	نونیل فنول.%	گازوئیل	تست حلالیت در گازوئیل	pH
۱۰	۳۰	۵	۵	۵	۵۵	محلول	۱۲
۱۱	۵۰	۵	۵	۵	۳۵	محلول	۱۲

۱۲	محلول	۷۰	-	-	۵	۲۵	۱۲
۱۲	نامحلول	70	-	۵	-	۲۵	۱۳
۱۲	نامحلول	۷۰	۵	-	-	۲۵	۱۴

جدول ۷-۲- مقایسه میزان اسیدیت نمونه بازدارنده خوردگی سنتز شده با نمونه های صنعتی

نمونه بازدارنده خوردگی	pH
تهران	۴/۴۸
آزادگان	۵/۷
۱۶۳-۹۸	۳/۹۹
WS-86	۴/۹
بازدارنده خوردگی تهیه شده با اسید کلریدریک	۴/۷
بازدارنده خوردگی تهیه شده با اسید استیک	۵/۶

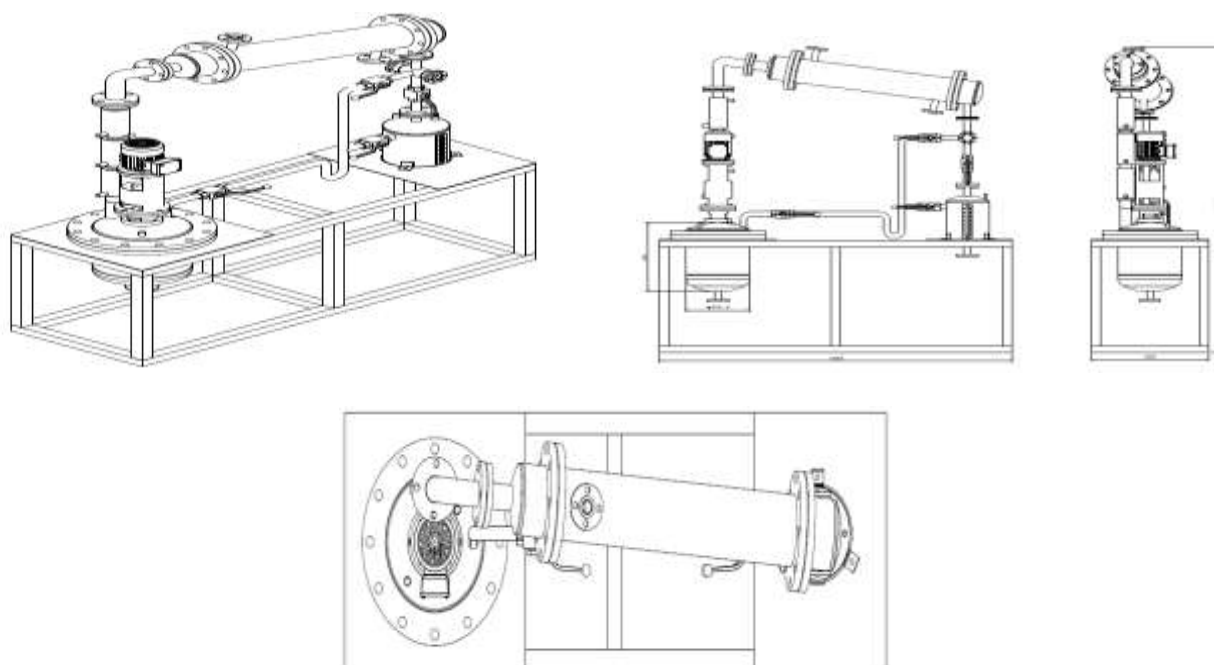
۲-۵-آزمون ویل تست

به منظور ارزیابی کارایی بازدارنده خوردگی، آزمون ویل تست برای پنج نمونه آمده در جدول ۲-۵ در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد، تحت فشار جو با غلظت 500ppm از گاز هیدروژن سولفید به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. میزان حفاظت برای نمونه شماره ۱ در جدول ۲-۵، ۵۸ درصد و میزان حفاظت برای نمونه شماره ۳ در جدول ۲-۵، ۹۲ درصد ثبت شد. نتایج آزمون به ترتیب در شکل ۲-۱۶ و ۲-۱۷ آورده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده برای نمونه شماره ۱ درصد ماده موثر (اولئیک ایمیدازولین) در فرمولاسیون افزایش داده شد و نتیجه در نمونه ۳ مطلوب بدست آمد.

۳ فاز نیمه صنعتی

۳-۱- طراحی خط تولید

با توجه به شرایط بدست آمده برای سنتز مواد موثره و فرمولاسیون ماده 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 از سیستم 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 ۲-۱۷- نقشه های راکتور مد نظر برای سنتز مواد موثره

جدول ۸-۲- 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
۱۴	کندانسور	دارد
۱۵	رسیور	دارد
۱۶	خروجی از کف	۱" دارد

۳-۱- استعلام قیمت تجهیزات مورد استفاده

استعلام خرید راکتور از شرکت راکتور آرا رزین:

تاریخ: ۱۳۹۰/۱۰/۰۹
شماره: ۲۰۱-۵۰۲۰۲
پوسته: ۳ برگ

راکتور آرا رزین
Reactor Ara Resin

طراحی: مفاقت و راه اندازی خدا ناکه (این)

به نام خدا

جواب مهندس سراجی

با سلام

بدینوسیله به استعلام می‌رساند: پیرو نامه ارسالی لیست تجهیزات لازم، نوع متراژ مناسب و پیشنهادی جهت پایلوت آزمایشگاهی به همراه قیمت به شرح ذیل خدمتتان ارائه می‌گردد:

ضمناً متذکر می‌باشم با آماده ارائه هرگونه مشاوره در جهت ارائه خدماتی می‌توانیم در خصوص این پروژه، نصب و راه اندازی، ساخت پایلوت و راه اندازی آزمایشگاه مورد نیاز و همچنین ارائه فرمولاسیون، آموزش تولید انواع رزین های آلکیدی، اشریت اول، منیوم اول، لانگ اول، پلی استرهای اشباع و غیر اشباع و پیل استر، اپوکسی استر، فلوکس رزین (از ویل و بولاک) قبل فرمالتید و ... می باشد.

آقای راکتور با ظرفیت تقریبی ۱ متر مکعب (۱۰۰۰ لیتر)

- جداره اصلی از جنس استیل ۳۱۶L
- برس و لوله همی های مخزن R و ۲ و نوع مناسب جهت بیشترین سرعت در واکنش رزین از جنس استیل 316L
- جداره روغن حرارتی به صورت همی-کویل از جنس استیل 304L
- کویل خنک کننده از جنس فولد مایسمال رده ۱۰ استیل 316L
- گندارها با سیستم توری و شافت تور جهت بیشترین سرعت در واکنش رزین از جنس استیل 304L
- کابین شافت همزن شامل قطع جعب، جویفک PTF، فیلتریک PTF، فیلتر برزخا، ولتریگ، کاندلر، کویلگ و PTF و دما قابل باز و بست
- کنسول (کدانی) جهت نصب موتور گیربکس قابل باز و بست از جنس آهن

آدرس: تهران-شهریار-مجمعه-شعبه آید تلفن: ۰۲۶۶۳۶۷۵۴-۰۷۱/۱۱/۲۷۹۶۸۲۷۹
WWW.REACTORARA.COM
Email: reactorara@gmail.com

راکتور آرا رزین
Reactor Ara Resin

طراحی: مفاقت و راه اندازی خدا ناکه (این)

۳) سیرا توری:

- جداره اصلی از جنس استیل 304L
- لاین کانس های عمودی جهت دید و کنترل ریس با حاصل از واکنش رزین استیل 304L و شیشه های سیکریت
- ساید کانس های مسطحه و دوطرفه و روی کنسول بالا جهت برآورد رزین استیل 30 و شیشه های سیکریت
- جامعی سیستم و توریوم از جنس استیل 304L
- دارای سیستم و نت جهت ایمنی و خروجی گازها از جنس استیل 304L
- فلج ها و اتصالات به کنسور و راکتور از جنس استیل 304L

• قیمت تجهیزات عنوان شده در بالا جمعاً مبلغ ۸/۹۰۰۰۰۰۰۰ ریال معادل هشتصد و نود میلیون تومان می باشد.

۴) بویلر (دیگ تولید کننده روغن داغ) با ظرفیت ۳۰۰ هزار کیلو گرمی در ساعت:

- جداره اصلی از جنس آهن آنتیگور
- کویل حرارتی داخلی با لوله های مایسمال آنتیگور
- فلج های ورود و خروج روغن حرارتی
- فلج لوله گاز و خروجی گاز دی اکسید کربن
- عایق جداره اصلی از جنس پشم سنگ و تکران کتانیه رنگی
- کنترلر موتور پمپ مخصوص روغن داغ
- سطح ذخیره و شارژ روغن حرارتی
- سطح ایستاد روغن حرارتی
- مشعل مناسب با ظرفیت بویلر
- تکیه براد اندازی بویلر شامل نماینده دما، رفت و برگشت، ایمنی و ایستار پمپ و کنسولر ها و ...

آدرس: تهران-شهریار-مجمعه-شعبه آید تلفن: ۰۲۶۶۳۶۷۵۴-۰۷۱/۱۱/۲۷۹۶۸۲۷۹
WWW.REACTORARA.COM
Email: reactorara@gmail.com

راکتور آرا رزین
Reactor Ara Resin

طراحی: مفاقت و راه اندازی خدا ناکه (این)

- فلجهای روی راکتور جهت شارژ سیرکولاسیون، تور و دید از جنس استیل 316L و 304L
- لوله تریق گاز CO2 از جنس استیل 316L
- جامعی کبج فشار، سوپاپ ایمن کننده و دما
- ساید کانس و لاین کانس های روی راکتور از جنس استیل 316L و 304L و شیشه های سیکریت
- شیر نقد بند خروجی زیر راکتور و شیر تخلیه گیری از جنس استیل 316L و 304L
- درب سهول فشار قوی از جنس استیل 304L
- چهار عدد سنسور روی بدنه جهت نصب روی پلنفرم از جنس آهن

۱) ستون عمودی دوجداره:

- جداره اول با ارتفاع لازم برای واکنش سریع و انتقال بخارات حاصل از واکنش به کنسور از جنس استیل 316L
- جداره دوم جهت سیستم سرمایشی از جنس استیل 304L
- سیستم شارژ و فشار یکپارک به همراه ساید کانس بر روی جهت کنسول بهتر از جنس استیل 316L و 304L
- فلج ها و اتصالات به راکتور و کنسور با قابلیت گرمشی و تغییر جهت از جنس استیل 304L
- سنسور دما

۲) کنسولر:

- تیوب های داخلی مایسمال به تعداد و اندازه مناسب با راکتور از جنس استیل 316L
- جداره خنک کننده کنسور از جنس استیل 304L
- دارای بافل های متدنه جهت بیشترین راندمان در تبادل حرارتی از جنس استیل 304L
- درب های ابتدای کنسور به شکل همی-کویل با قابلیت باز و بست آسان از جنس استیل 316L و 304L
- دارای سیستم و نت جهت ایمنی و خروجی گازها از جنس استیل 304L
- سه راهی ابتدای جهت اتصال به مخزن انتقال بخار از جنس استیل 316L
- فلج های ابتدا و انتهای کنسور از جنس استیل 304L

آدرس: تهران-شهریار-مجمعه-شعبه آید تلفن: ۰۲۶۶۳۶۷۵۴-۰۷۱/۱۱/۲۷۹۶۸۲۷۹
WWW.REACTORARA.COM
Email: reactorara@gmail.com

راکتور آرا رزین
Reactor Ara Resin

طراحی: مفاقت و راه اندازی خدا ناکه (این)

• قیمت تجهیزات عنوان شده در بالا جمعاً مبلغ ۳/۴۰۰۰۰۰۰۰ ریال معادل سیصد و چهل میلیون تومان می باشد.

در مواردی که جنس استیل 304L کار کنار استیل 316L آورده شده به این معنی است که تمام قطعاتی که در راکتور با مواد در تماس بوده از جنس استیل 316L و متعلق دیگر مانند فلج ها و ... از جنس 304L می باشد.

✓ کلیه جوش ها به صورت جوش آرگون با فلز های 316L و 304L استاندارد می باشد.

در صورت تأیید و آماده ساختن از جهت ایمنی ساختن و نحوه پرداخت مشافیه خدمتتان اعلام می گردد.

به دلیل نوسانات قیمت در بازار اختیار این پیشنهاد قیمت به مدت ۲ روز کاری می باشد.

به امید موفقیت روز افزون

آدرس: تهران-شهریار-مجمعه-شعبه آید تلفن: ۰۲۶۶۳۶۷۵۴-۰۷۱/۱۱/۲۷۹۶۸۲۷۹
WWW.REACTORARA.COM
Email: reactorara@gmail.com

५५

تلفن: ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸
 شماره: ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸
 پست: ۱۹۹۹۹۹

ایران صدا

تولید کننده محصولات برای ایران
 و خارج از کشور

جناب آقای دکتر و خانم خانم محترم (مستتر در متن اصلی)

شماره: ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸ / ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸ / ۰۲۱-۸۸۸۸۸۸۸۸

این قرارداد بر مبنای توافق طرفین و در راستای اهداف مشترک، به شرح زیر منعقد گردید:

موضوع قرارداد: ... (مستتر در متن اصلی)

این قرارداد از تاریخ ... (مستتر در متن اصلی) به مدت ... (مستتر در متن اصلی) معتبر است.

این قرارداد در ... (مستتر در متن اصلی) به دو نسخه تنظیم گردید که هر یک دارای اعتبار است.

این قرارداد در ... (مستتر در متن اصلی) به امضاء و مهر طرفین رسیده است.

مهر و امضاء: ... (مستتر در متن اصلی)

نام و نام خانوادگی: ... (مستتر در متن اصلی)

تاریخ: ... (مستتر در متن اصلی)

مهر و امضاء: ... (مستتر در متن اصلی)

نام و نام خانوادگی: ... (مستتر در متن اصلی)

تاریخ: ... (مستتر در متن اصلی)

مهر و امضاء: ... (مستتر در متن اصلی)

نام و نام خانوادگی: ... (مستتر در متن اصلی)

تاریخ: ... (مستتر در متن اصلی)

مهر و امضاء: ... (مستتر در متن اصلی)

نام و نام خانوادگی: ... (مستتر در متن اصلی)

تاریخ: ... (مستتر در متن اصلی)

مهر و امضاء: ... (مستتر در متن اصلی)

نام و نام خانوادگی: ... (مستتر در متن اصلی)

تاریخ: ... (مستتر در متن اصلی)

مهر و امضاء: ... (مستتر در متن اصلی)

نام و نام خانوادگی: ... (مستتر در متن اصلی)

تاریخ: ... (مستتر در متن اصلی)

[illegible]

۳-۱- استعلام قیمت مواد مصرفی جهت تولید نیمه صنعتی

[illegible]

مواد شیمیایی خریداری شده به منظور تولید نیمه صنعتی:

[illegible]



۳-۲-MSDS ماده شیمیایی بازدارنده خوردگی محلول در نفت

نوع و نام علمی ماده:

کندکننده خوردگی محلول در هیدروکربن و پخش شونده در آب با پایه‌ی آمینی جهت استفاده مستمر عمقی.

Corrosion Inhibitor, Hydrocarbon Soluble/ Water Dispersible Film Forming Cationic Amine, for Continuous Down – Hole Injection.

موارد و مقدار کاربرد:

این ماده برای محافظت لوله‌های درونی چاه‌های نفت و گاز در برابر اسیدهای آلی و ترکیبات معدنی محلول در آب به طور مستمر در عمق چاه تزریق می گردد و همچنین با تایید مشترک ادارات شیمیایی و خوردگی فلزات می تواند در تاسیسات سطحی مورد استفاده قرار گیرد.. 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 ۱ لیتر به ازای هر میلیون فوت مکعب استاندارد گاز (MMSCF) می باشد.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی:

مشخصات فیزیکی و شیمیایی	
حالت: مایع	رنگ: زرد تا قهوه ای تیره

وزن مخصوص حدود: ۱/۰۰-۰/۸ (gr/cm ³)	بو: بوی حلال‌های نفتی آروماتیک
درصد خلوص: حداقل ۳۰ درصد ماده فعال	وزن مولکولی: -
pH: ۶-۸	نقطه جوش: >80 (°C)
قابلیت انحلال: محلول در گازوئیل و حلال‌های نفتی-قابل پخش در آب	نقطه انجماد: <-5 (°C)
	درجه اشتعال: >60 (°C)
	گرانروی در ۲۵ (°C): ۲۵ (c.p) <
	نقطه تجزیه: >150 (°C)
	نقطه ریزش (°C): < -۵

خواص کاربردی و شیمیایی:

این ماده مانند سایر مواد کننده خوردگی تشکیل دهنده فیلم با ایجاد یک لایه نازک بر روی سطح داخلی لوله‌ها باعث محافظت آن‌ها در مقابل عوامل خورنده در حضور آب می‌گردد. این ماده می‌بایست تحت فشار ۴۰۰۰ و حرارت ۱۰۰ به مدت حداقل شش ماه بدون ایجاد مواد چسبنده و هر گونه تغییر شکل پایدار باشد. کیفیت آن مطابق با روش چرخ دوار (استاندارد) و سایر آزمایش‌های اختصاصی در آزمایشگاه تعیین می‌شود. بهترین ماده به روش مقایسه ای با ایجاد محافظت بیش از ۹۰ انتخاب می‌گردد. این ماده می‌بایست در حلال‌های نفتی به خوبی حل گردد و ایجاد هیچگونه رسوب مواد چسبنده و امولسیون ننماید. تایید نهایی این ماده منوط به تایید آن در ارزیابی میدانی می‌باشد. ارزیابی ماده براساس روش NACE 1D182(Wheel Test Method) انجام می‌شود.

مشخصات اجزاء :

مواد شیمیایی خطرناک				
ایمیدازولین	 R61	 R34	 R20	>۳۰٪
زایلین		 R11	 R20	>۲۰٪

طبقه بندی شده براساس Directives 67/548/EEC or 1999/45/EC

شرایط نگهداری ونکات ایمنی:

این ماده باید در بشکه‌های ۲۰۰ لیتری فلزی (فولاد کربنی با آستری پلی اتیلن یا پلی پروپیلن) و یا بشکه‌های پلاستیکی مقاوم و قابل حمل نگهداری شوند. از تماس با پوست و لباس جلوگیری شود و در صورت تماس فوراً با آب و صابون شسته شود. از دستکش و عینک مخصوص استفاده گردد.

منابع

- [1] ISO 8044:2015.
- [2] S. Ghareba, S. Omanovic, Corros. Sci. 52 (2010) 2104-2113.
- [3] E. Barmatov, J. Geddes, T. Hughes, M. Nagl, NACE, 2012, pp. C2012-0001573.
- [4] P.C. Okafor, X. Liu, Y.G. Zheng, Corros. Sci. 51 (2009) 761-768.
- [5] G. Zhang, C. Chen, M. Lu, C. Chai, Y. Wu, Mater. Chem. Phys. 105 (2007) 331-340.
- [6] M.A. Quraishi, R. Sardar, Corrosion 58 (2002) 103-107.
- [7] M. Finšgar, J. Jackson Corrosion Science 86 (2014) 17-41.
- [8] Z. S. Smialowska, G. Wieczorek, Corros. Sci., 11, 843 (1971).
- [9] S. Trasatti, J. Electroanal. Chem., 53, 335 (1974).
- [10] J. O. M. Bockris and D. A. J. Swinkels, J. Electrochem. Soc., Ill, 736 (1964).
- [11] I. Langmuir, J. Am. Chem. Soc., 39, 1848 (1947).
- [12] R. G. Pearson, J. Am. Chem. Soc., 85, 3533 (1963); Science, 151, 172 (1966).
- [13] LL. Rosenfeld, V. P. Persiantseva, and P. B. Terentief, Corrosion, 20, 222 (1964).
- [14] D.A. Williams, et al, US Patent 5200096.
- [15] S. Ali, et al, US Patent 2010/0056405 A1.
- [16] D.G. Hill, H. Romijn, Corrosion (2000). Paper No. 00342.

- [17] H. A. Nasr-El-Din, A. M. Al-Othman, K. C. Taylor, A.H. Al-Ghamdi, J. Petrol. Sci. Eng. 43 (2004) 57-73.
- [18] M. A. Malik, M. A. Hashim, F. Nabi, S. A. AL-Thabaiti, Int. J. Electrochem. Sci. 6 (2011) 1927-1948.
- [19] M. D. Coffey, et al, US Patent 4493775.
- [20] N. Fourth North Sea Minister's Conference', Esbjerg, June 8-9, 1995.
- [21] D.A. Williams, et al, US Patent 5130034.
- [22] T. Cox, et al, US Patent 20030051395.
- [23] D.G. Hill, A. Jones, Corrosion (2003). Paper No. 03121.
- [24] R.J. Jasinski, et al, US Patent 5120471
- [25] M.M. Brezinski, SPE 52707. Presented at the SPE/EPA Exploration and Production Environmental Conference, Austin, TX, February 28-March 3, 1999.
- [26] M.A. Deyab, Corros. Sci. 49 (2007) 2315-2328.
- [27] S. Ali, et al, US patent 20100056405.
- [28] NACE 1D182.
- [29] NACE 1D196.
- [30] ASTM D97.
- [31] ASTM G170.
- [32] ASTM E1868.
- [33] NACE-RP0273.
- [34] ASTM D445.
- [35] Sung Baek, Kerry Moore, Chao Yang, Philip Philiphose, Randi Schilter, Philip Watson, Stephen W. Almond, Frank Kero, Victor Vandell, Elena Gairloch MeadWestvaco; Biotage,110(2014).
- [36] Vaqif Maherram Abbasov, Tarana Aslan Mammadova, Khayam Rahim Veliyev, Khayala Hamlet Kasamanli, Synthesis Theory and Applications,4 (2015)33-39.

- [37] Divya Bajpai, v.k.Tyagi, Journal of oleo science, 55(2006)319-326.
- [38] Jasbir S, Gill, Peter E. Reed, Santanu Banerjee, Harbindu, Shahjahanpur, US 9,534,300 B2(2017).
- [39] A. Edwards, C. Osborne, S. Webster, D. Klenerman, M. Joseph, P. Ostovar, M. Doyle, Corrosion Science, 36, (1994) 315-325.
- [40] S. Papavinasam, Corrosion Inhibitors, John Wiley & Sons, Inc. Ottawa, Canada, 2000.
- [41] Vaqif Maherram Abbasov, Tarana Aslan Mammadova, Khayam Rahim Veliyev, Khayala Hamlet Kasamanli, *Synthesis Theory and Applications*, 4 (2015) 33-39.
- [42] NACE 1D182.