

## سنتز مشتقات نیترودار فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید و استفاده از آن‌ها به عنوان بازدارنده‌ی خوردگی در پوشش‌های محافظ موقت

فریبرز اتابکی<sup>۱\*</sup>، شهرزاد جهانگیری<sup>۲</sup>، سیده زینب ساداتی<sup>۲</sup>

۱ دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر، دانشکده شیمی، شاهین شهر، اصفهان، ایران

۲ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی مالک اشتر، دانشکده شیمی، شاهین شهر، اصفهان، ایران



تاریخ دریافت:

۹۶/۱۰/۰۵

تاریخ پذیرش:

۹۶/۱۲/۲۴

چکیده

فولاد کم کربن و آلیاژهای آن، مواد عمده ساخت و ساز هستند به ویژه به طور گسترده در توزیع آب، نفت، تولید قدرت و همچنین در صنایع شیمیایی و الکتروشیمیایی استفاده می‌شوند. استفاده از مولکول‌های آلی به عنوان بازدارنده‌های خوردگی، مؤثرترین و رایج‌ترین روشی است که برای محافظت از فلزات در مقابل آسیب خوردگی بکار می‌رود. در این تحقیق ترکیب‌های N-فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید (NPHAA) و N-۲-۴-دی نیترو فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید (NDNPHAA) تهیه گردید. ترکیب (NPHAA) از واکنش فنیل هیدرازین با مالئیک انیدرید (MA) در حلال دی متیل فرم آمید (DMF) به دست آمد. ترکیب (NDNPHAA) از واکنش ۲-۴-دی نیترو فنیل هیدرازین با MA سنتز شد. برای شناسایی کیفی این محصولات از طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) استفاده شد. سپس از ترکیب‌های سنتز شده به عنوان بازدارنده‌ی خوردگی استفاده گردید. در ادامه بازدارنده‌های خوردگی سنتز شده با غلظت‌های ۱۰ تا ۱۵۰ ppm به روغن پایه اضافه شد و محلول‌های حاصل به عنوان پوشش‌های محافظ موقت روی سطوح نمونه‌های فولاد کم کربن پوشش داده شدند. جهت مطالعه‌ی خوردگی، قطعه‌های فولادی لایه نشانی شده طبق روش ASTM D-2247 در اتاقک رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد و در دمای ۳۸ °C قرار داده شدند. میزان خوردگی و میزان محافظت نمونه‌های فولاد کم کربن پوشش داده شده با بازدارنده در زمان‌های مختلف تعیین گردید. بازدارنده‌های سنتز شده در غلظت ppm ۷۵ بهترین مقاومت در برابر خوردگی را از خود نشان دادند و ترکیب (NDNPHAA) عملکرد بهتری نسبت

فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید، فولاد کم کربن، روغن پایه، بازدارنده‌ی خوردگی.

واژگان کلیدی

## ۱) مقدمه

فولاد و آلیاژهای آن باتوجه به خواص مکانیکی عالی و هزینه کم آن‌ها مواد مهم در صنعت بشمار می‌آیند و کاربردهای گسترده‌ای دارند. به‌طور گسترده در صنایع مختلف به عنوان مواد ساخت و ساز برای راکتورهای شیمیایی، مبدل‌های حرارتی، دیگ‌های بخار، مخازن ذخیره‌سازی، خطوط لوله، حمل و نقل نفت و گاز استفاده می‌شود [۵-۸]. به همین دلیل خوردگی یک مسئله بسیار مهم در صنایع فولاد است. خوردگی منجر به ضررهای اقتصادی و حتی مشکلات جدی عملیاتی می‌شود [۶-۸].

بسیاری از قطعات فلزی آماده‌شده و ماشین‌آلات تا قبل از استفاده نهایی، در طول حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی و یا حتی در برخی موارد با وجود آن‌که در حال استفاده هستند، ممکن است به برخی از اشکال حفاظت از خوردگی نیازمند باشند. با توجه به این مسائل و ارتباطات صنعتی و تجاری، اعمال روش‌های حفاظت موقت ضروری می‌باشد [۹ و ۱۰]. استفاده از بازدارنده‌های آلی یکی از عملی‌ترین روش و مقرون‌به‌صرفه برای انتخاب حفاظت از فلز در برابر خوردگی است [۱۱-۱۷]. بازدارنده خوردگی زمانی که با غلظت کم به محیط اضافه شود سبب کاهش و یا مانع خوردگی می‌شود. تحت این شرایط سرعت خوردگی فلزات و یا آلیاژ کاهش می‌یابد [۱۸-۲۱]. بازدارنده‌های آلی با تشکیل یک فیلم آب‌گریز روی سطح فلز از آن محافظت می‌کنند [۲۲].

برخی عواملی که بر بازدارنده‌های آلی تأثیر دارند: اندازه مولکولی، هندسه مولکولی، آروماتیسیته و یا پیوندهای مزدوج، غلظت بازدارنده، ماهیت و حالت فلز، استحکام پیوندی با بستر فلز، نوع و تعداد اتم‌های پیوندی یا گروه‌ها در مولکول (p یا s)، نوع محیط خورنده، توانایی یک لایه برای اتصال، توانایی تشکیل یک کمپلکس با اتم به‌عنوان یک جامد در شبکه فلزی، حلالیت مناسب در محیط برای تشکیل فیلم، مراکز جذب [۲۳-۲۶].

مهم‌ترین و مؤثرترین بازدارنده‌های ترکیبات آلی شامل نیتروژن، اکسیژن، فسفر و گوگرد در ساختارهای خود هستند. علاوه بر این، ترکیبات هتروسیکلیک حاوی گروه‌های قطبی و الکترون  $\pi$  نیز کارآمد هستند [۲۷-۳۶]. فعالیت بازدارندگی این ترکیبات آلی معمولاً به خاطر واکنش با سطح فلز به‌وسیله جذب نسبت داده می‌شود. این ترکیبات با جذب روی سطح فلز سایت‌های خوردگی فعال را مسدود می‌کنند. گروه عاملی قطبی به‌عنوان مرکز واکنش برای فرآیند جذب عمل می‌کند. استحکام پیوند جذب به‌وسیله دانسیته الکترون و قطبش‌پذیری گروه‌های عاملی مشخص می‌شود [۲۲].

قتبرزاده و همکارانش فرمولاسیون یک پوشش محافظ موقت پایه روغنی و ارزیابی اثرات بازدارندگی خوردگی آن در مقابل رطوبت را بررسی کردند که در این تحقیق از نمک‌های سولفون به عنوان بازدارنده خوردگی و از روغن‌های پایه معمول در کشور به عنوان لایه ممانعت‌کننده استفاده کرد [۳۷]. زونگ و همکارانش به مطالعه گریس‌ها و

سه نوع روغن محافظ پوششی حاوی سدیم سیلیکات، تری اتانول آمین، سدیم نیتريت و اثر بازدارندگی آن‌ها در برابر خوردگی پرداختند که از میان این سه نوع روغن روان‌کننده، نیتريت سدیم بهترین تاثیر در مقابل خوردگی را داشته است [۳۸]. زولکافلی و همکارانش، تاثیر کربوکسیلیک اسیدهای روغن هسته خرما را به عنوان بازدارنده خوردگی با استفاده از تکنیک کاهش وزن بررسی کردند [۳۹]. هگازی و همکارانش بر روی سه بازدارنده خوردگی دودسیل بنزن سولفونیک اسید، ۴-نونیل فنیل پلی اتیلن گلیکول و  $N_p, N_p, N_p$ -دی دوداسیل  $N_p, N_p, N_p, N_p$ -تترا متیل بوتان دی آمونیوم بروماید به عنوان بازدارنده خوردگی در نفت خام مطالعه کردند [۴۰]. راهما و همکارانش خوردگی در صنعت نفت و گاز را بررسی کردند و از بازدارنده‌های خوردگی برای جلوگیری از خوردگی استفاده کردند [۴۱]. برزاشتس و همکارانش از بازدارنده‌های خوردگی مانند آلکیل دی متیل بنزیل آمونیوم کلراید و ۲-تیوکسو-۴-تيازولیدینون و کمپلکس ۲-پروپیل ۳-اتیل ۸-اکسی چینولین با روی کلراید در صنعت روغن استفاده کردند و نتایج قابل قبولی در حضور بازدارنده‌های بررسی شده بدست آوردند [۴۲].

با توجه به این‌که بسیاری از قطعات، وسایل و تولیدات فلزی پس از تولید در زمان‌های طولانی در انبار ذخیره و نگهداری می‌شوند. در این صورت سطوح فلزات در نتیجه‌ی رطوبت و دیگر آلودگی‌های محیطی تحت تأثیر خوردگی قرار خواهند گرفت، به‌طوری‌که برخی قطعات ممکن است قابلیت استفاده خود را از دست بدهند. با توجه به این مسائل و ارتباطات صنعتی و تجاری، اعمال روش‌های حفاظت موقت ضروری می‌باشد. یکی از بهترین روش‌ها برای جلوگیری از خوردگی، استفاده از پوشش‌های محافظ موقت پایه روغنی حاوی بازدارنده می‌باشد که به راحتی قابل استفاده و به سادگی نیز از سطوح فلز تمیز می‌شوند.

لذا هدف از انجام این رساله در ابتدا سنتز ترکیبات فنیل آمینو مالئامیک اسید و مشتقات نیترودار آن می‌باشد و سپس استفاده از ترکیبات سنتز شده‌ی فوق در تهیه و فرمولاسیون یک پوشش محافظ موقت پایه روغنی و پوشش دادن آن روی سطوح فولاد ساده‌ی کربنی و در نهایت بررسی اثرات بازدارندگی ترکیبات فوق در محیط رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد می‌باشد.

## ۲) بخش تجربی

### ۲.۱) مواد و تجهیزات

فنیل هیدرازین ( $C_6H_8N_2$ )، مالئیک انیدرید ( $C_4H_2O_3$ )، دی متیل فرم آمید ( $C_3H_7NO$ )، ۲ و ۴-دی نیترو فنیل هیدرازین ( $C_6H_6N_4O_4$ )، استون ( $CH_3COCH_3$ )، کلریدریک اسید (HCl)، آنتیموان اکسید ( $Sb_2O_3$ )، اتانول ( $C_2H_5OH$ )، قلع (II) کلراید ( $SnCl_2$ ) از شرکت تجاری Merck خریداری شدند و احتیاج به خلص‌سازی نداشتند. روغن‌پایه‌ی صنعتی که از پالایشگاه نفت اصفهان تهیه شد. دستگاه‌های استفاده شده عبارتند از: دستگاه Jasco FT-IR 680

موردنظر رسوب کند. رسوب حاصل صاف و خشک گردید و در نهایت محصول با بازدهی ۸۹٪ و نقطه ذوب ۱۳۱-۱۳۳ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد [۴۴].

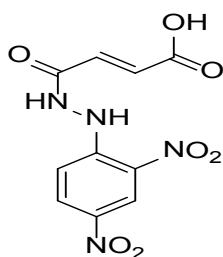
### ۲(۴) فرمولاسیون محلول‌های محافظ موقت

تهیه‌ی محلول‌های محافظ موقت فرموله شده دارای غلظت‌های معین ترکیبات سنتز شده و روغن پایه با مشخصات فیزیکی اشاره شده در جدول ۱ و پوشش دهی قطعات فولادی به روش زیر انجام گردید: مطابق فرمول‌های ذکر شده در جدول ۲، محلول‌ها به مدت ۱۵ دقیقه به‌وسیله همزن مغناطیسی هم زده شد تا فرمولاسیون یکنواخت و پایدار و یک محلول کامل به‌دست آید. در قطعات فولادی پس از آماده سازی سطح، محافظت از لبه‌ها، شستشو و وزن کردن، برای پوشش دهی آن‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در محلول فرموله شده غوطه‌ور شدند تا سطح قطعات مورد نظر به طور کامل به محلول‌های فرموله شده آغشته و لایه نشانی گردند. پس از پوشش دهی نمونه‌ها در اتاقک رطوبت ۱۰۰٪ قرار داده شدند. در نهایت مقاومت این پوشش‌ها در مقابل رطوبت، میزان محافظت و میزان خوردگی آن‌ها بررسی گردید.

### ۲(۵) ارزیابی سرعت خوردگی

برای بررسی تأثیر پوشش‌های به‌کار برده شده در این تحقیق نیاز به ارزیابی و بررسی سرعت خوردگی است. به دو روش کلی می‌توان به ارزیابی سرعت پرداخت. روش‌های الکتروشیمیایی و روش‌های غیر الکتروشیمیایی.

باتوجه به نوع پوشش و محیط خورنده بکار برده شده نمی‌توان با روش‌های الکتروشیمیایی به بررسی پیشرفت خوردگی این پروژه پرداخت. روش‌های غیرالکتروشیمیایی که سنجش میزان گرمای آزاد شده حین واکنش خوردگی، بررسی میزان حجم گاز آزاد شده و روش وزنی جزء این روش می‌باشد. در این پژوهش از روش وزنی استفاده شد. برای به‌دست آوردن سرعت خوردگی نکته‌ای که باید به آن توجه شود این است که بعد از آزمایش، محصولات خوردگی چسبیده به سطح نمونه‌ها کاملاً برداشته شود تا مقدار واقعی نمونه‌ها توزین شود. کاهش وزن به ازای واحد سطح در یک زمان معین،



شکل ۲) ساختار شیمیایی ۲-N و ۴- دی نیترو فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید

FT-IR (KBr, cm<sup>-1</sup>): 3500-2500, 1704, 849, 1547, 1305, 685

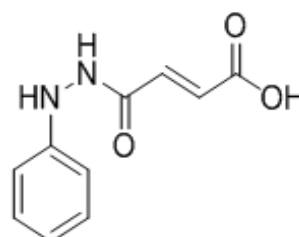
Digital melting Spectrophotometer، دستگاه نقطه ذوب Electrothermal با حداکثر دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد، میکروسکوپ نوری با مدل MLCO از شرکت MLCO و بزرگنمایی ۶۴، جهت اطلاع از عناصر تشکیل دهنده صفحه فولادی و درصد آن‌ها از آزمون کوانتومتر استفاده شد. آزمون کوانتومتر با دستگاه SPECTROMAXx ساخت شرکت SPECTRO از کشور آلمان و براساس استاندارد و در دمای ۳۲±۲ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

### ۲(۲) سنتز ترکیب N- فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید (NPHAA)

این ترکیب از واکنش ۲۰ میلی مول فنیل هیدرازین با ۲۰ میلی مول مالئیک انیدرید در حلال DMF و در دمای محیط سنتز شد. به این ترتیب که در یک بالن یک دهانه ۵۰ ml مقدار ۲۰ میلی مول فنیل هیدرازین را در ۲ ml<sup>2</sup> حلال DMF حل شد و سپس بالن روی همزن قرار داده شد و به آهستگی مقدار ۲۰ میلی مول مالئیک انیدرید حل شده در ۲ ml حلال DMF به آن اضافه شد و به مدت ۲۰ ساعت در دمای محیط بر روی همزن به هم خورد. در پایان مخلوط واکنش در بشر حاوی ۱۰۰ ml آب ریخته شد تا محصول رسوب کند. رسوب حاصل صاف و خشک گردید و در نهایت محصول با بازده ۷۳٪ و نقطه ذوب ۲۱۴-۲۱۶ درجه‌ی سانتی‌گراد به دست آمد. [۴۳]. ساختار شیمیایی N- فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید سنتز شده و مشخصات طیفی مادون قرمز آن در شکل (۴و۳) آورده شده است.

### ۲(۳) تهیه N-۲- دی نیترو فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید (NDNPHAA)

سنتز این ترکیب از واکنش ۲۵ میلی مول دی نیترو فنیل هیدرازین با ۲۵ میلی مول مالئیک انیدرید در حلال استون و در دمای محیط انجام شد. به این ترتیب که در یک بالن یک دهانه ۵۰ ml مقدار ۲۵ میلی مول ۴و۲- دی نیترو فنیل هیدرازین را در ۳ ml استون حل شد و سپس بالن روی همزن قرار داده شد و به آهستگی مقدار ۲۵ میلی مول مالئیک انیدرید حل شده در حلال استون به آن اضافه شد و مخلوط به مدت ۱۰ ساعت در دمای محیط و روی همزن به هم خورد. در پایان مخلوط واکنش به بشر حاوی ۱۰۰ ml آب ریخته شد تا محصول



شکل ۱) ساختار شیمیایی N- فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید

FT-IR (KBr, cm<sup>-1</sup>): 3527, 1708, 1708, 911, 1560, 1278, 1618



جدول ۲) اطلاعات فرمولاسیون های نمونه های مختلف

کد نمونه	اجزا محلول		
	مقدار روغن (گرم)	بازدارنده N (ppm)	بازدارنده Z (ppm)
S	-	-	-
C	۱۰	-	-
A1	۱۰	۱۰	-
A2	۱۰	۲۵	-
A3	۱۰	۵۰	-
A4	۱۰	۷۵	-
A5	۱۰	۱۰۰	-
A6	۱۰	۱۲۵	-
A7	۱۰	۱۵۰	-
B1	۱۰	-	۱۰
B2	۱۰	-	۲۵
B3	۱۰	-	۵۰
B4	۱۰	-	۷۵
B5	۱۰	-	۱۰۰
B6	۱۰	-	۱۲۵
B7	۱۰	-	۱۵۰

B: NDNPHAA

A: NPHAA

C: قطعه بدون پوشش

C: قطعه باپوشش روغن بدون بازدارنده

جدول ۱) مشخصات فیزیکی روغن پایه صنعتی (SN500SAE40) [۴۵].

مرجع آزمون	نتایج	خصوصیت روغن صنعتی (SN500SAE40)
Visual	شفاف	ظاهر
ASTM D92	۲۱۸	فلش پوینت (°C)
ASTM D97	-۶/۸۶	نقطه جاری شدن (°C)
ASTM D445	۱۰۸/۴	ویسکوزیته در ۴۰ (mpa/s)
ASTM D2273	۰/۰۲	viscosity (vol%) درصد آب و رسوب
ASTM D2270	۸۹/۲	شاخص ویسکوزیته (mpa/s)

معیاری از سرعت خوردگی می‌باشد. باتوجه به این که مبنای میزان خوردگی mpy می‌باشد می‌توان مقدار آن را براساس فرمول (۱) محاسبه کرد:

mpy: کمیتی است که سرعت خوردگی را به‌طور متوسط در مدت زمان آزمایش مشخص می‌کند و براساس واحد میل در سال (یک میل برابر یک هزارم اینچ) می‌باشد که برای به‌دست آوردن آن از رابطه‌ی زیر استفاده می‌شود:

$$\text{mils/year (mpy)} = 534W/AT.K \quad (1)$$

W: اختلاف وزن نمونه برحسب (میلی گرم)، A: سطح نمونه برحسب (اینچ مربع)، T: زمانی که نمونه در معرض محیط خورنده قرار می‌گیرد برحسب (ساعت)، K: ضریب مربوط به دانسیته است که برحسب (گرم/سانتی متر مکعب). میزان درصد محافظت (۲): کمیتی است که میزان مؤثر بودن پوشش بازدارنده را جهت جلوگیری از پیشرفت خوردگی نشان می‌دهد.

$$\text{درصد محافظت} = \frac{A - B}{A} \quad (1)$$

A: اختلاف وزن قطعه بدون پوشش، B: اختلاف وزن قطعه به همراه پوشش.

در جداول (۳ و ۴) میانگین کاهش وزن، میزان خوردگی و میزان درصد محافظت برای قطعات بدون پوشش، با پوشش روغنی و با پوشش محافظ موقت آورده شده‌است. جهت افزایش دقت، به جای استفاده از یک قطعه برای هر غلظت و زمان، از سه قطعه استفاده شد. از این رو برای محاسبه میزان خوردگی و میزان درصد محافظت، از میانگین کاهش وزن این سه قطعه استفاده گردید. همچنین در جداول (۵ و ۶) درصد محافظت دو بازدارنده در زمان های ۶۰-۲۴۰ ساعت آمده است.

### ۳) نتایج و بحث

#### ۳(۱) شناسایی و بررسی N- فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید و مشتق نیترودار آن

پس از سنتز N-فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید و مشتق نیترودار آن و بر مبنای مقدار مواد اولیه بکار رفته، بازدهی سنتز محاسبه شد و به کمک اندازه‌گیری نقطه ذوب و طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) تشکیل محصولات موردنظر تأیید شد.

- شناسایی و بررسی ترکیب N- فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید:

مکانیزم پیشنهادی تهیه‌ی این ترکیب در شکل زیر آمده است. ساختار محصول تهیه شده توسط طیف سنجی مادون قرمز اثبات شد. طیف FT-IR ترکیب N- فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید در شکل ۶ آورده شده‌است. نوارهای جذبی موجود در محدوده طول موجی ۳۵۲۷، ۱۷۰۸، ۱۷۰۸، ۹۱۱، ۱۵۶۰، ۱۲۷۸، ۱۶۱۸ به ترتیب نشان دهنده گروه‌های عاملی (OH) اسیدی، (C=O) کربوکسیلیک اسید، (C=O) آمیدی، (C=C) آلکنی، (N-H) آمیدی، (C-O) کربوکسیلیک اسیدی، (C=C) آروماتیکی می‌باشند.

#### ۳(۲) شناسایی و بررسی ترکیب N-۲و۴-دی نیترو فنیل هیدرازینو کربونیل آکرلیک اسید

مکانیزم واکنش و طیف FT-IR در شکل (۶) آمده‌است. نوارهای جذبی موجود در محدوده طول موجی ۳۵۰۰-۲۵۰۰، ۱۷۰۴، ۱۶۴۹، ۱۵۴۷، ۱۳۰۵ به ترتیب نشان‌دهنده گروه‌های عاملی (OH) اسیدی، (C=O) آمیدی و کربوکسیلیک اسیدی، (C=C) آلکنی، (N-H)

جدول ۳) نتایج آزمایش‌های خوردگی قطعات با پوشش محافظ حاوی NPHAA به مدت ۳۰۰ ساعت.

تعداد کد نمونه	غلظت یازدارنده (ppm)	وزن نمونه قبل از تست (g)	وزن نمونه بعد از تست (g)	کاهش وزن (mg)	میانگین کاهش وزن (mg)	میزان خوردگی (mpy)	میزان درصد محافظت (%)
S1	-	۱/۲۷۴۲	۱/۲۵۲۴	۲۱/۸			
S1	-	۱/۱۶۳۹	۱/۱۴۲۴	۲۱/۵	۲۱/۷	۱۵/۸۷	-
S1	-	۱/۲۳۹۸	۱/۲۱۸۰	۲۱/۸			
C1	-	۱/۱۷۹۶	۱/۱۶۵۲	۱۴/۴			
C1	-	۱/۲۳۷۴	۱/۲۲۳۲	۱۴/۲	۱۴/۱	۱۰/۳۱	۳۵/۰۲
C1	-	۱/۲۶۵۳	۱/۲۵۱۶	۱۳/۷			
A1	۱۰	۱/۲۷۴۴	۱/۳۶۷۲	۷/۲			
A1	۱۰	۱/۲۵۶۷	۱/۲۴۹۱	۷/۶	۷/۶	۵/۵۴۴	۶۴/۹۷
A1	۱۰	۱/۳۴۸۰	۱/۳۴۰	۸			
A2	۲۵	۱/۳۱۳۴	۱/۳۰۶۴	۷			
A2	۲۵	۱/۲۴۸۴	۱/۲۴۱	۷/۴	۷/۲	۵/۲۵۳	۶۶/۸۲
A2	۲۵	۱/۲۶۷۲	۱/۲۶۰	۷/۲			
A3	۵۰	۱/۲۸۴۴	۱/۲۷۸۴	۶			
A3	۵۰	۱/۴۶۴۳	۱/۴۵۹۳	۵	۵/۵	۴/۰۱۲	۷۴/۶۵
A3	۵۰	۱/۳۳۵۷	۱/۳۳۰۲	۵/۵			
A4	۷۵	۱/۳۱۲۸	۱/۳۰۸۳	۴/۵			
A4	۷۵	۱/۲۷۶۰	۱/۲۷۱۵	۴/۵	۴/۸	۳/۵۰۲	۷۷/۸۸
A4	۷۵	۱/۳۲۸۹	۱/۳۲۳۵	۵/۴			
A5	۱۰۰	۱/۲۹۵۰	۱/۲۹۱۸	۷			
A5	۱۰۰	۱/۲۶۶۲	۱/۲۶۲۲	۴	۵	۳/۶۵۷	۷۶/۹۵
A5	۱۰۰	۱/۲۳۴۳	۱/۲۳۰۳	۴			
A6	۱۲۵	۱/۳۶۴۵	۱/۳۵۸۵	۶			
A6	۱۲۵	۱/۳۶۳۶	۱/۳۵۸۶	۵	۶	۴/۳۷۷	۷۲/۳۵
A6	۱۲۵	۱/۲۵۶۳	۱/۲۴۹۳	۷			
A7	۱۵۰	۱/۴۴۰۷	۱/۴۳۴۷	۶			
A7	۱۵۰	۱/۳۲۴۴	۱/۳۱۸۹	۵/۵	۵/۸۸	۸/۰۶	۶۲/۸۵
A7	۱۵۰	۱/۱۲۳۲	۱/۱۱۷۱	۶/۱			

S: قطعه بدون پوشش، C: قطعه با پوشش روغن نفتی بدون یازدارنده

جدول ۴) نتایج آزمایش‌های خوردگی قطعات با پوشش محافظ حاوی NDNPHAA به مدت ۳۰۰ ساعت

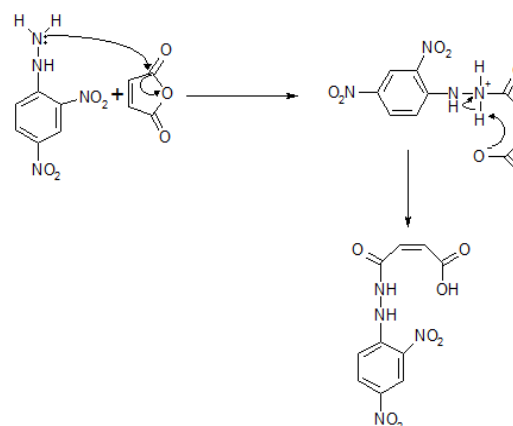
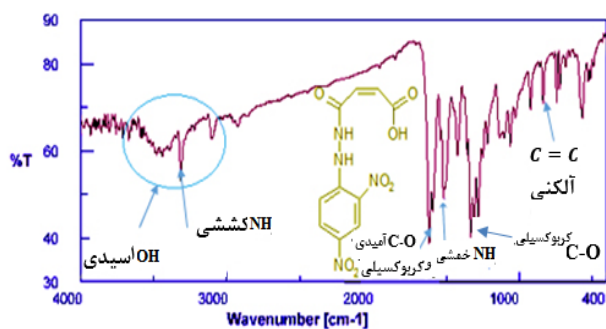
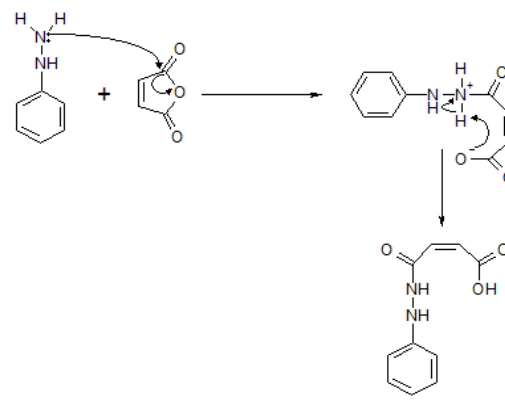
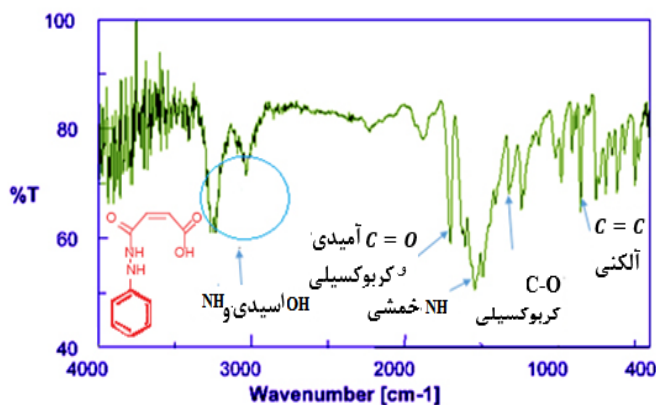
تعداد کد نمونه	غلظت یازدارنده (ppm)	وزن نمونه قبل از تست (g)	وزن نمونه بعد از تست (g)	کاهش وزن (mg)	میانگین کاهش وزن (mg)	میزان خوردگی (mpy)	میزان درصد محافظت (%)
S1	-	۱/۲۷۴۲	۱/۲۵۲۴	۲۱/۸			
S1	-	۱/۱۶۳۹	۱/۱۴۲۴	۲۱/۵	۲۱/۷	۱۵/۸۷	-
S1	-	۱/۲۳۹۸	۱/۲۱۸۰	۲۱/۸			
C1	-	۱/۱۷۹۶	۱/۱۶۵۲	۱۴/۴			
C1	-	۱/۲۳۷۴	۱/۲۲۳۲	۱۴/۲	۱۴/۱	۱۰/۳۱	۳۵/۰۲
C1	-	۱/۲۶۵۳	۱/۲۵۱۶	۱۳/۷			
B1	۱۰	۱/۳۴۷۹	۱/۳۴۰۹	۷			
B1	۱۰	۱/۳۶۶۹	۱/۳۶	۶/۹	۷	۵/۱۰۷	۶۷/۷۴
B1	۱۰	۱/۴۶۲۳	۱/۴۵۶۲	۷/۱			
B2	۲۵	۱/۱۷۹۰	۱/۱۷۲۱	۶/۹			
B2	۲۵	۱/۳۹۸۸	۱/۳۹۱۹	۶/۹	۶/۹۶	۵/۰۷۸	۶۷/۹۲
B2	۲۵	۱/۲۸۵۱	۱/۲۷۸	۷/۱			
B3	۵۰	۱/۳۰۹۲	۱/۳۰۴۰	۵/۲			
B3	۵۰	۱/۲۷۹۸	۱/۲۷۴۸	۵	۵/۲	۳/۷۹۳	۷۶/۰۳
B3	۵۰	۱/۴۲۳۱	۱/۴۱۷۷	۵/۴			
B4	۷۵	۱/۴۳۲۷	۱/۴۲۹۹	۳/۶			
B4	۷۵	۱/۲۶۸۲	۱/۲۶۴۸	۳/۴	۳/۴۶	۲/۵۲۴	۸۴/۰۵
B4	۷۵	۱/۳۹۵۶	۱/۳۹۲۲	۳/۴			
B5	۱۰۰	۱/۴۷۷۰	۱/۴۷۲۳	۴/۷			
B5	۱۰۰	۱/۳۲۱۴	۱/۳۱۶۸	۴/۶	۴/۷	۳/۴۲۹	۷۸/۳۴
B5	۱۰۰	۱/۲۱۷۳	۱/۲۱۲۵	۴/۸			
B6	۱۲۵	۱/۳۹۳۹	۱/۳۸۶۴	۶/۵			
B6	۱۲۵	۱/۴۵۶۱	۱/۴۴۹۶	۶/۵	۶/۵	۴/۷۴۲	۷۰/۰۴
B6	۱۲۵	۱/۴۱۸۴	۱/۴۱۱۹	۶/۵			
B7	۱۵۰	۱/۳۶۶۷	۱/۳۵۸۹	۷/۸			
B7	۱۵۰	۱/۳۷۱۲	۱/۳۶۳۳	۷/۹	۷/۸۳	۵/۷۱۲	۶۳/۹۱
B7	۱۵۰	۱/۴۸۶۱	۱/۴۷۸۳	۷/۸			

جدول ۵) درصد محافظت پوشش‌های محافظ موقت حاوی بازدارنده NPHAA در زمانهای ۶۰-۲۴۰ ساعت.

درصد محافظت پس از ۲۴۰ ساعت (%)	درصد محافظت پس از ۱۸۰ ساعت (%)	درصد محافظت پس از ۱۲۰ ساعت (%)	درصد محافظت پس از ۶۰ ساعت (%)	غلظت بازدارنده در روغن پایه (ppm)
۴۲/۶۹	۴۵/۸	۵۰	۶۶/۱۵	روغن بدون بازدارنده
۷۵/۶۸	۷۷/۰۹	۸۲/۳	۹۰/۷۷	۱۰
۸۰/۸۶	۸۹/۳	۹۰	۹۴/۹	۲۵
۸۲/۹۸	۹۰/۸۲	۹۱/۶	۹۶	۵۰
۸۷/۰۱	۹۱/۹۸	۹۲/۳	۹۷/۵۴	۷۵
۸۴/۱۳	۸۸/۵۴	۸۹/۴	۹۲/۸۵	۱۰۰
۷۲/۶۴	۸۷/۰۲	۸۸/۸۸	۹۲/۸۵	۱۲۵
۷۰/۹۱	۸۴/۷۲	۸۵/۵	۹۲/۳	۱۵۰

جدول ۶) درصد محافظت پوشش‌های محافظ موقت حاوی بازدارنده NDNPHAA

درصد محافظت پس از ۲۴۰ ساعت (%)	درصد محافظت پس از ۱۸۰ ساعت (%)	درصد محافظت پس از ۱۲۰ ساعت (%)	درصد محافظت پس از ۶۰ ساعت (%)	غلظت بازدارنده در روغن پایه (ppm)
۴۲/۶۹	۴۵/۸	۵۰	۶۶/۱۵	روغن بدون بازدارنده
۸۱/۴۲	۸۱/۶۷	۹۱	۹۴	۱۰
۸۲/۷۵	۹۰/۸۴	۹۳/۸۹	۹۶	۲۵
۸۴/۳۰	۹۳/۵۱	۹۵	۹۶/۹۲	۵۰
۸۸/۳۲	۹۶/۱۸	۹۷/۸	۱۰۰	۷۵
۸۶/۷۸	۹۴/۲۷	۹۵	۹۶/۹۲	۱۰۰
۷۷/۵۸	۸۸/۵۴	۹۲	۹۶/۹۲	۱۲۵
۷۲/۲۱	۸۶/۵۶	۹۰	۹۵/۳۹	۱۵۰



آمیدی، (C-O) کربو کسلیک اسیدی می باشد.

### ۳(۳) بررسی نوع فولاد

در جدول (۵) نتایج آزمون کوانتومتری برای فولاد مورد استفاده در این کار آورده شده است. با توجه به مقدار اندک کربن و سایر عناصر، فولاد مورد استفاده از نوع فولاد کم کربن و کم آلیاژ می باشد.

### ۴(۳) ارزیابی خاصیت بازدارندگی و خواص ترکیبات سنتز شده

روغن ها با جلوگیری از تماس اکسیژن با سطح فلز از آن محافظت می کنند بعد از گذشت زمان سطح روغن آلوده می شود و این آلودگی می تواند باعث کاهش محافظت از سطح فلز شود. دلیل اصلی این کاهش بعد از گذشت زمان، این پوشش های روغنی توانایی جابجایی و جایگزینی آب از سطح فلز را ندارند و از این رو در شرایط مرطوب آب به سطح فلز نفوذ می کند و خوردگی به شدت افزایش می یابد. با وجود آن که در صنایع برای حفاظت از فولاد بیشترین کاربرد را دارد اما به تنهایی و در زمان طولانی نمی تواند به طور قابل توجهی مؤثر باشد. به همین دلیل پوشش روغنی به همراه بازدارنده استفاده می شود. که، افزودن غلظت کمی از ترکیب های سنتز شده NPHAA و NDN- PHAA به روغن پایه باعث افزایش مقاومت فولاد در برابر خوردگی می شود. در پوشش ها به خصوص روغنی برای حفاظت از سطح فلز نیاز به سدی در مقابل اتمسفر و رطوبت موجود در محیط است و بازدارنده ها به دلیل داشتن چنین خصوصیتی کاربرد وسیع و علم به

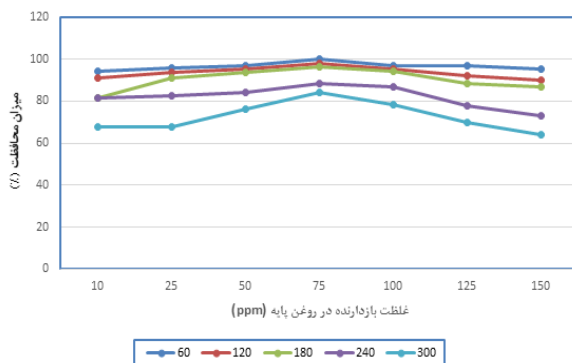
روز دنیا به حساب می آید. توانایی جابجایی و جایگزینی مولکول های آب به دام افتاده در پوشش دلیل اصلی استفاده از بازدارنده ها می باشد. بازدارنده ها دارای بخش قطبی و غیرقطبی در ترکیب خود هستند. بخش قطبی آن ها شامل هترواتم ها و مکانیسم بازدارنده ها در پوشش، جذب سطحی آن ها است. با بخش قطبی خود بر روی سطح فلز جذب می شوند و باتشکیل لایه محافظ سدی بین محیط و فلز به وجود می آورند. لایه محافظ بازدارنده ها نقاط فعال بر روی فلز را می پوشانند. فعالیت اصلی بازدارندگی در دو ترکیب سنتز شده به خاطر بخش مالتامیکی آن ها است که توانسته جذب سطحی را به خوبی انجام دهد. گروه های نیترو ترکیب NDNPHAA باعث کاهش سرعت خوردگی نسبت به ترکیب NPHAA شده است ولی غلظت بهینه در این ترکیب به سمت غلظت های پایین تر جابجا نشده است. ضمن اینکه وجود گروه هابر روی ترکیب بازدارنده موجب افزایش جذب سطحی بازدارنده روی سطح فلز و بهبود خاصیت بازدارندگی می شود.

### ۵(۳) مقایسه ی تأثیر بازدارنده های سنتز شده در بازدارندگی خوردگی

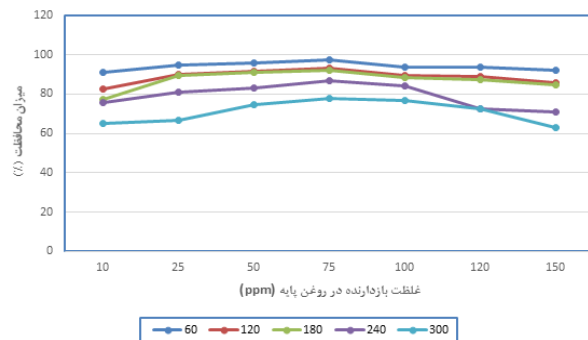
در شکل های (۸ و ۷) میزان محافظت قطعات با پوشش روغنی حاوی هر کدام از بازدارنده ها با هم مقایسه شده اند. همان طور که در این شکل ها مشاهده می شود دو ترکیب بازدارنده در همه ی مدت زمان های آزمایش نسبت به قطعات بدون پوشش و پوشش روغنی عملکرد بهتری را در محافظت از سطح فلز از خود نشان داده اند. مواد بازدارنده قابل حل در لایه روغن به جای آب جمع شده در زیر

جدول (۷) عناصر و درصد عناصر موجود در صفحه فولادی بر حسب درصد وزنی (%wt) [۳۹].

Fe	C	P	S	Si	Mn	Cr	Mo
Rem*	۰/۰۵۳	۰/۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۳	۰/۱۹۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲>
Ni	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W
۰/۰۲۷	۰/۰۵۴	۰/۰۰۸	۰/۰۱۱	۰/۰۰۳>	۰/۰۰۱>	۰/۰۰۲	۰/۰۱۰>
Zr	Pb	Sn	As	Bi	Ca	B	Sr
۰/۰۰۲>	۰/۰۰۳>	۰/۰۰۱>	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲>	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱>	-

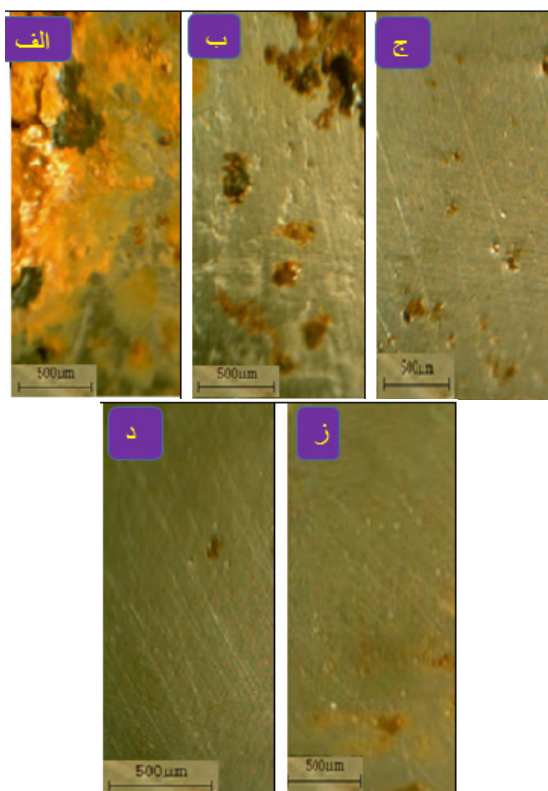


شکل (۸) مقایسه میزان محافظت قطعات با پوشش حاوی بازدارنده (NDNPHAA) در مدت زمان های آزمایش



شکل (۷) مقایسه میزان محافظت قطعات با پوشش حاوی بازدارنده (N-PHAA) در مدت زمان های آزمایش





شکل ۹) تصاویر میکروسکوپ نوری از فولاد کم کربن (الف) بدون پوشش، (ب) فقط با پوشش روغنی، (ج) پوشش روغنی با غلظت قبل از غلظت بهینه بازدارنده مورد نظر، (د) پوشش روغنی با غلظت بهینه بازدارنده مورد نظر، (ز) پوشش روغنی با غلظت بیش از غلظت بهینه بازدارنده مورد نظر بعد از ۳۰۰ ساعت. \*NDNPHAA: بازدارنده مورد نظر

پوشانده شوند در نتیجه مولکول‌های آب از این طریق به سطح فلز نزدیک گردیده و با گذشت زمان این قطعات با پوشش روغنی حاوی بازدارنده دچار خوردگی شده است. از طرف دیگر غلظت بهینه این دو بازدارنده سنتز شده ۷۵ ppm است غلظت‌های کمتر از این مقدار به دلیل کامل نبودن تشکیل لایه محافظ، مولکول‌های آب به دام افتاده شده در پوشش موجب خوردگی می‌شوند و غلظت‌های بالاتر از ۷۵ ppm بازدارنده‌ها از سطح شسته شده و میزان خوردگی فلز زیاد می‌شود. از مقایسه دو بازدارنده در غلظت بهینه ۷۵ ppm می‌توان نتیجه گرفت که ترکیب NDNPHAA میزان خوردگی را بهتر از ترکیب NPHAA کاهش داده است که به دلیل وجود گروه‌های نیترو می‌باشد.

#### ۴) نتیجه‌گیری

بسیاری از قطعات فولادی بعد از آماده‌سازی، مدت زمان نامعلومی در انبارها ذخیره و نگهداری می‌شوند. به دلیل اتمسفر و رطوبت موجود در آن فولاد قبل از استفاده نهایی دچار خوردگی می‌شود و موجب خسارت جبران ناپذیری به صنعت و شرکت‌های سازنده می‌شود. از طرفی باید نوعی از اشکال محافظ خوردگی استفاده شود که پس از مدت زمان معین از سطح فولاد برداشته شود. پوشش‌های روغنی به دلیل مشکلات گفته شده نمی‌توان به تنهایی از آن‌ها استفاده کرد.

لایه روغنی سبب جلوگیری از خوردگی سطح فلز می‌شوند. این پوشش‌های آلی به همراه خود ترکیبات بازدارنده خوردگی با ساختمان مولکولی متشکل از یک یا چند حلقه بنزنی، شاخه آلکانی و عامل‌های قطبی قوی دارد. مولکول بازدارنده از شاخه غیر قطبی خود توان حلالیت در لایه روغنی و در نتیجه جابه‌جایی و چرخش در آن را دارا بوده و از طریق بخش قطبی خود به نقاط آندی و کاتدی فلز جذب شده و توان جذب قطرات آب را پیدا می‌کند. این ترکیبات بازدارنده یک فیلم پیوسته در سطح تماس فلز ایجاد می‌کند و آب را دفع می‌نمایند. بازدارنده NDNPHAA در مقایسه با بازدارنده NPHAA میزان سرعت خوردگی کمتر و درصد محافظت بهتری را دارد. بازدارنده‌های سنتز شده به علت دارا بودن هترواتم‌های نیتروژن، اکسیژن، باند‌های دوگانه، وساختار آروماتیک و رزونانس مانع از خوردگی می‌شوند و از آنجایی که ترکیب NDNPHAA نسبت به ترکیب NPHAA به دلیل دارا بودن دو گروه نیترو اضافی، دارای هترواتم‌های بیشتری از جمله نیتروژن و اکسیژن و رزونانس بیشتری می‌باشد در نتیجه نسبت به ترکیب NPHAA تا حدودی بازدارندگی بهتری از خود نشان می‌دهد. و ساختار ویژه از طریق جذب سطحی بر روی فلز، یک لایه محافظ مستحکم بر روی فلز ایجاد می‌کنند و این لایه مانع رسیدن عوامل خوردنده به نقاط فعال می‌شود. مقدار غلظت بازدارنده در پوشش اهمیت خاصی دارد و همه بازدارنده‌ها دارای غلظت بهینه می‌باشند. کمتر از مقدار غلظت بهینه لایه محافظ بر روی سطح فلز کامل تشکیل نمی‌شود و به همین دلیل از عملکرد مطلوبی برخوردار نیست. از طرف دیگر غلظت بیشتر از مقدار بهینه به دلیل بار اضافی حاصل از بازدارنده‌ی مازاد در محیط می‌باشد زیرا اوربیتال‌های خالی توسط ماده‌ی بازدارنده پر شده‌اند و این بار اضافی حاصل از گروه‌های عاملی در ترکیب باعث بیشتر قطبی شدن سطح می‌شود به همین دلیل از سطح شسته می‌شود. لذا ماده‌ی اضافی بازدارنده اثر معکوس دارد. غلظت بهینه دو ترکیب سنتز شده ۷۵ ppm است.

#### ۶۱۳) تصاویر نمونه‌ها بعد از فرآیند خوردگی

تصاویر به دست آمده از میکروسکوپ نوری نشان می‌دهد که سطح فلز بدون پوشش به علت تماس مستقیم با محیط خوردنده، تقریباً با گذشت زمان به طور کامل خورده شده است. با توجه به شکل‌های ((الف و ب)) می‌توان نتیجه گرفت که پوشش روغنی به عنوان پوشش محافظ موقت از سطح فلز محافظت می‌کند و نسبت به زمانی که فلز بدون پوشش می‌باشد سطح کمتر خورده می‌شود. اما به تنهایی قادر به جابجایی آب نمی‌باشد و متأسفانه با نفوذ مولکول‌های آب به داخل پوشش فلز خورده خواهد شد. برای بهبود پوشش روغنی از بازدارنده‌های سنتز شده استفاده شده است. همان‌طور که در شکل‌های ((ج - ز)) مشاهده می‌شود، به دلیل لایه محافظ که بر سطح فلز تشکیل می‌شود، پوشش حاوی بازدارنده خوردگی کمتری دارد. از آنجا که نقاط آب‌دوست در فلز نمی‌توانند به طور کامل توسط بازدارنده‌ها



## ۵) مراجع

- [1] T.K. Chaitra, K.N. Mohana, D.M. Gurudatt, H.C. Tandon, Inhibition activity of new thiazole hydrazones towards mild steel corrosion in acid media by thermodynamic, electrochemical and quantum chemical methods. *J Taiwan Inst Chem Eng.* 67( 2016), 521-531.
- [2] C.P. Kumar, K. Mohana, Corrosion inhibition efficiency and adsorption characteristics of some Schiff bases at mild steel/hydrochloric acid interface. *J Taiwan Inst Chem Eng.* 45(2014), 1031-1042.
- [3] P.P. Kumari, P. Shetty, S.A. Rao, Electrochemical measurements for the corrosion inhibition of mild steel in 1 M hydrochloric acid by using an aromatic hydrazide derivative. *Arab J Chem.* 10(2017), 653-663.
- [4] A. Singh, K. Ansari, J. Haque, P. Dohare, H. Lgaz, R. Salghi, M. Quraishi, Effect of electron donating functional groups on corrosion inhibition of mild steel in hydrochloric acid: Experimental and quantum chemical study. *J Taiwan Inst Chem Eng.* 82(2018), 233-251.
- [5] C.B. Verma, M. Quraishi, A. Singh, 2-Aminobenzene-1, 3-dicarbonitriles as green corrosion inhibitor for mild steel in 1 M HCl: Electrochemical, thermodynamic, surface and quantum chemical investigation. *J Taiwan Inst Chem Eng.* 49(2015), 229-239.
- [6] D.O. Isin, N. Karakus, Quantum chemical study on the inhibition efficiencies of some sym-triazines as inhibitors for mild steel in acidic medium. *J Taiwan Inst Chem Eng.* 50(2015), 306-313.
- [7] N.D. Nam, P. Van Hien, N.T. Hoai, V.T.H. Thu, A study on the mixed corrosion inhibitor with a dominant cathodic inhibitor for mild steel in aqueous chloride solution. *J Taiwan Inst Chem Eng.* (2018), 1-14.
- [8] K. Zakaria, A. Hamdy, M. Abbas, O. Abo-Elenien, New organic compounds based on siloxane moiety as corrosion inhibitors for carbon steel in HCl solution: weight loss, electrochemical and surface studies. *J Taiwan Inst Chem Eng.* 65(2016), 530-543.
- [9] A. Ghanbarzadeh, E. Akbarinezhad, Sulfonation of base oils as corrosion inhibitor for temporary protection of steel in atmospheric environment. *Prog. Org. Coat.* 56 (2006), 39-45.
- [10] Q. Zhong, M. Rohwerder, Z. Zhang, Study of lubricants and their effect on the anti-corrosion performance as temporarily protective oil coatings. *Surf. Coat. Technol.* 185(2004), 234-239.
- [11] D. Daoud, T. Douadi, Corrosion inhibition of mild steel by two new S-heterocyclic compounds in 1 M HCl: Experimental and computational study. *Corros Sci.* 94 (2015), 21-37.
- [12] M. Dekmouche, M. Saidi, M. Hadjadj, Z. Ghiaba, M. Yousfi, Green approach to corrosion inhibition by ethyl acetate extract from pistacia atlantica gals in hydrochloric acid solution, *Int. J. Electrochem. Sci.* 9 (2014), 3969 - 3978.
- [13] X. Li, S. Deng, H. Fu, Allyl thiourea as a corrosion inhibitor for cold rolled steel in H3PO4 solution. *Corros Sci.* 55 (2012),

بازدارنده‌ها با تشکیل لایه محافظ از سطح فلز محافظت می‌کنند. در این تحقیق دو ترکیب (NDNPHAA) و (NPHAA) به عنوان بازدارنده آلی به دلیل داشتن ترکیبات هترواتم سنتز شدند و به روغن پایه با غلظت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۵۰ ppm اضافه شدند. پس از آنالیز عنصری فولاد بر سطح آن‌ها روغن همراه بازدارنده پوشش داده شده است. برای بررسی میزان خوردگی و میزان محافظت از سطح فلز طبق استاندارد ASTM D-2247 در اتاقک رطوبت نسبی ۱۰۰٪ ساخته شده استفاده شد. با مدت زمان‌های ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰ ساعت مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. با استفاده از کاهش وزن قطعات و عکس برداری از سطح نمونه‌ها مورد بررسی قرار گرفته‌اند. غلظت ۷۵ ppm بهینه برای هر دو ترکیب سنتز شده می‌باشد و ترکیبات در این غلظت بهترین مقاومت و عملکرد در برابر خوردگی از خود نشان داده‌اند. غلظت‌های بالاتر از مقدار بهینه به دلیل مازاد بودن بازدارنده‌ها و قطبی شدن سطح و شسته شدن از سطح اثر معکوس از خود نشان می‌دهند. بازدارنده NDNPHAA به دلیل داشتن گروه‌های نیترو سرعت خوردگی آن کمتر است و میزان محافظت بهتری از خود نشان می‌دهد.

- Chem Sci Trans. 2(1) 2013, 163-175.
- [28] S.M. Abd El Haleem, S. Abd El Wanees, Factors affecting the corrosion behaviour of aluminium in acid solutions I. Nitrogen and/or sulphur-containing organic compounds as corrosion inhibitors for Al in HCl solutions. *Corros Sci.* 68 (2013), 1-13.
- [29] A.K. Maayta, M.M. Fares, A.F. Al-Shawabkeh, Influence of linear alkyl benzene sulphonate on corrosion of iron in presence of amagnetic field: kinetic and thermodynamic parameters. *Int J Corros.* 2010 (2010), 1-9.
- [30] D. Daoud, T. Douadi, H. Hamani, S. Chafaa, M. Al-Noaimi, Corrosion inhibition of mild steel by two new S-heterocyclic compounds in 1 M HCl: experimental and computational study. *Corros Sci.* 94 (2015), 21-37.
- [31] V. R. Rajewar, M. K. Dharmale, K.L.Kendre and S. R .Pingalkar, Antioxidative effect of 1-((5-Nitrofuranyl)methylene)-semicarbazide and its inner transition metal complexes: A thermodynamic approach, *Chemical Science Transactions, Chem Sci Trans.* 3(3) 2014, 1047-1050.
- [32] N.F. Atta, A.M. Fekry, H.M. Hassaneen, Corrosion inhibition, hydrogen evolution and antibacterial properties of newly synthesized organic inhibitors on 316L stainless steel alloy in acid medium, *Int J Hydrogen Energy.* 36 (2011), 6462-6471.
- [33] S.V. Ramesh, A.V. Adhikari, N'-[4-(diethylamino)benzylidene]-3-[[8-(trifluoromethyl)quinolin-4-yl]thio]propano hydrazide as an effective inhibitor of mild steel corrosion in acid media, *Mater Chem Phys.* 115 (2009), 618-627.
- [34] R.M. Palou, O. Olivares-Xomelt, N.V. Likhanova, Environmentally friendly corrosion inhibitors, *Dev. Corros. Protect.* 1 (2014), 431-466.
- [35] G.T. Xavier, B. Thirumalairaj, M. Jaganathan, Effect of piperidin-4-ones on the corrosion inhibition of mild steel in 1N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, *Int J Corros.* 2015 (2015), 1-15.
- [36] K. Hu, J. Zhuang, J. Ding, Z. Ma, F. Wang, X. Zeng, Influence of biomacromolecule DNA corrosion inhibitor on carbon steel. *Corros Sci.* (2017), 1-28.
- [37] A. Ghanbarzadeh, E. Akbarinezhad, Sulfonation of base oils as corrosion inhibitor for temporary protection of steel in atmospheric environment, *Prog.Org.Coat.* 56 (2006) 39-45
- [38] Q. Zhong, M. Rohwerder, Z. Zhang, Study of lubricants and their effect on the anti-corrosion performance as temporarily protective oil coatings, *Surface and Coat. Techno.* 185 (2004), 234-239.
- [39] M. Y. Zulkafli, N. K. Othman, A. M. Lazim, A. Jalar, Effect of carboxylic acid from palm kernel oil for corrosion prevention, *Int. J. Bas. Appl. Sci.* 13 (2013) 29-32.
- [40] R. M. Hegazey, R. K. Farag, M. I. Nessim, A. A. El-Feky, Y. M. Moustafa, A. I. Hashem, Dispersion of asphaltene precipitation in egyptian crude oil using corrosion inhibitors, *Petr. Sci. Technol.* 32 (2014) 2337-2344.
- [41] M. N. Rahuma, B. Kannan, Corrosion in oil and gas industry: 280-288.
- [14] A.M. Atta, G.A. El-Mahdy, H.A. Al-Lohedan, Corrosion inhibition efficiency of modified silver nanoparticles for carbon steel in 1 M HCl. *Int. J. Electrochem. Sci.* 8 (2013), 4873 - 4885.
- [15] G. Gece, S. Bilgic, A theoretical study on the inhibition efficiencies of some amino acids as corrosion inhibitors of nickel. *Corros Sci.* 52 (2010), 3435-3443.
- [16] P.B. Raja, M.G. Sethuraman, Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media-a review. *Mater. Lett.* 62 (2008), 113-116.
- [17] M.S. Al-Otaibi, A.M. Al-Mayouf, M. Khan, A.A. Mousa, S.A. Al-Mazroa, H.Z. Alkathlan, Corrosion inhibitory action of some plant extracts on the corrosion of mild steel in acidic media, *Arab J Chem.* 7 (2014), 340-346.
- [18] D.Q. Zhang, L.X. Gao, G.D. Zhou, Polyamine compound as a volatile corrosion inhibitor for atmospheric corrosion of mild steel, *Mater. Corros.* 58 (2007), 594-958.
- [19] U. Osokogwu, E. Oghenekaro, Evaluation of corrosion inhibitors effectiveness in oilfield protection operations, *Int J Sci Res.* 1 (2012), 19-23.
- [20] D. Kesavan, M. Gopiraman, N. Sulochana, Green inhibitors for corrosion of metals: a review, *Chem Sci Review and Letters.* 1 (2012), 1-8.
- [21] F. Bentiss, M. Traisnel, L. Gengembre, M. Lagrenee, A new triazole derivative as inhibitor of the acid corrosion of mild steel: electrochemical studies, weight loss determination, SEM and XPS, *Appl Surf. Sci.* 152 (1999), 237-249.
- [22] A. Yurt, B. Dran, An experimental and theoretical investigation on adsorption properties of some diphenolic Schiff bases as corrosion inhibitors at acidic solution/mild steel interface, *Arab J Chem.* 100 (2014), 732-740.
- [23] S.M. Abd El Haleem, S. Abd El Wanees, Environmental factors affecting the corrosion behavior of reinforcing steel II. Role of some anions in the initiation and inhibition of pitting corrosion of steel in Ca(OH)<sub>2</sub> solutions. *Corros Sci.* 52 (2010), 292-302.
- [24] A.M. Al-Sabagh, N.M. Nasser, A.A. Farag, M.A. Migahed, A.M.F. Eissa, T. Mahmoud, Structure effect of some amine derivatives on corrosion inhibition efficiency for carbon steel in acidic media using electrochemical and quantum theory methods, *Egypt J Petrol.* 22 (2013), 101-116.
- [25] M. Bouklah, B. Hammouti, M. Benkaddour, T. Benhadda, Thiophene derivatives as effective inhibitors for the corrosion of steel in 0.5 m H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *J Appl Electrochem.* 35 (2005), 1095-1101.
- [26] F. Kurniawan, K. A. Madurani, Electrochemical and optical microscopy study of red pepper seed oil corrosion inhibition by self-assembled monolayers (SAM) on 304 SS, *Prog Org Coat.* 88 (2015), 256-262.
- [27] S.S. Shivakumar, K.N. Mohana and D.M. Gurudatt, Inhibition performance and adsorption behavior of spinacia oleracea leaves extracts on Mild Steel corrosion in hydrochloric acid medium,

A perspective on corrosion inhibitors, J Material Sci Eng 3 (2014), 3.

[42] J, Brzeszcz, A, Turkiewicz, Corrosion inhibitors – application in oil industry, Oil and Gas Institute – National Research Institute, 2(2015) 67-75.

[43] B.L. Hiran, S.N. Paliwal, Synthesis, Characterization and copolymerization of N-(phenylamino) maleimide with MMA. Corros Sci. 50 (2006), 265-271.

[44] A.F. Nicolescu, V.V. Jerca, Synthesis and Copolymerization Study of New Polyimide Precursors with Potential Application in Optical and Photonic Field. Polymer Sci. 30 (2010), 1080-1091.

[45] F. Atabaki, Sh. Jahangiri, Presentation of a new organic inhibitor as temporary protection of steel corrosion. J Appl Chem. 11(2017), 67-74.