

دانشگاه تحصیلات
تکمیلی علوم پایه زنجان



دانشگاه زنجان

بررسی رفتار بازدارندگی برخی ترکیبات بازشیف سنتزی در خوردگی

فولاد نرم در محیط اسیدی

پایان نامه کارشناسی ارشد

نگارش: سمیه میاننداری

اساتید راهنما:

دکتر محسن لشگری

دکتر سعید رعیتی

۱۳۸۸/۶/۱۱

کتابخانه مرکزی
شعبه ادبیات

دی ۱۳۸۷

۱۱۶۰۳۸



دانشگاه زنجان

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

شماره: ۲۸۹۳/۸۷

تاریخ: ۱۰/۲۵/۸۷

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خانم: سمیه میاننداری رشته: شیمی گرایش: شیمی فیزیک

تحت عنوان: بررسی رفتار بازدارندگی برخی ترکیبات بازشیف سنتزی در خوردگی فولاد نرم در محیط اسیدی

در تاریخ ۸۷/۱۰/۲۵ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه زنجان برگزار گردید و نظر هیأت داوران بشرح زیر می باشد:

قبول (با درجه عالی) امتیاز: ۱۹.۹۲ دفاع مجدد مردود

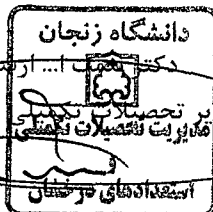
۱- عالی (۲۰-۱۸)

۲- بسیار خوب (۹۹-۱۷/۱۶)

۳- خوب (۹۹-۱۵/۱۴)

۴- قابل قبول (۹۹-۱۳/۱۲)

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبۀ علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر محسن لشگری	استادیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر سعید رعیتی	استادیار	
۳- استاد ممتحن اول	دکتر بابک کبودین	استاد	
۴- استاد ممتحن دوم	دکتر داود مرادخانی	استادیار	
۵- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمدعلی اسم خانی	استادیار	



دکتر محمدعلی اسم خانی
معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی
دانشکده علوم ۱۰/۸۷

"هو العالم"

تقديم به

یگانه بی‌همتا که در تمام عمر بی‌ثمرم،
حاصلی جز این مجموعه جهت پیش‌کشی ندارم.

تقديم به

پدر و مادر عزیزم که درخت زندگی ریشه در
جان و روحشان دارد و شاخه‌های آن به یاری
پروردگار عالمیان بر بلندای آرزوهایشان بارور خواهد
شد.

تقدیر و تشکر:

سپاس و ستایش خدای را سزاست که کسوت هستی را بر اندام آفرینش پوشانید. او که تمامی ستایشگران از ستایش او عاجزند و تمامی حسابگران از شکر نعمت‌های او ناتوان.

پس از حمد و ستایش خداوند متعال، بر خود لازم می‌دانم از زحمات استاتید ارجمندم جناب آقای دکتر محسن لشگری استاد راهنمای اول و جناب آقای دکتر سعید رعیتی استاد راهنمای دوم که در انجام این پروژه همواره راهنما، یاریگر و مشوق من بودند، قدردانی کنم. سلامتی، سربلندی و طول عمر ایشان را از خداوند متعال خواستارم.

از جناب آقای دکتر عطایی مدیر گروه علوم پلیمر از پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران که امکانات آزمایشگاهی را در اختیار اینجانب قرار دادند، کمال تشکر را داشته و برای ایشان آرزوی موفقیت‌های روز افزون دارم.

از جناب آقایان دکتر محمدرضا یافتیان رئیس دانشکده علوم، دکتر مرتضی واحدپور مدیر گروه محترم دانشکده شیمی، جناب آقای دکتر نعمت‌الله ارشدی رئیس تحصیلات تکمیلی و جناب آقایان دکتر داوود مرادخانی و دکتر بابک کبودین که زحمت مطالعه و داوری این پایان‌نامه را بر عهده داشتند، سپاسگزارم.

از تمامی اساتید و دوستان و کسانی که در طول این دوره در جهت ارتقای علمی این جانب کوشیده‌اند، کمال تشکر را دارم.

چکیده

تاثیر برخی ترکیبات باز شیف سنتزی بر خوردگی فولاد نرم در محلول اسید سولفوریک از طریق طیف‌سنجی، الکتروشیمی و تکنیک‌های آنالیز سطح مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، بازدارنده‌های N^1, N - بیس (سالیسیل‌آلدئید) - ۱ و ۲ - پروپان دی ایمین (SI)، N^1, N - بیس (سالیسیل‌آلدئید) - ۱ و ۳ - پروپان دی ایمین (SP)، N^1, N - بیس (۳-متوکسی - سالیسیل‌آلدئید) - ۱ و ۲ - پروپان دی ایمین (MI) و N^1, N - بیس (۳-متوکسی - سالیسیل‌آلدئید) - ۱ و ۳ - پروپان دی ایمین (MP) سنتز و توسط طیف‌سنجی تشدید مغناطیس هسته‌ای، مادون قرمز و ماورای بنفش - مرئی تایید شد. مطالعات الکتروشیمیایی مبتنی بر منحنی‌های پلاریزاسیون تافلی و طیف‌های امپدانس نشان دادند که بیشترین راندمان به ترکیب SP مربوط بوده $(SI < MI < MP < SP)$ و مکانیسم بازدارندگی از نوع مختلط است. برهم‌کنش‌ها اغلب شیمیایی است و راندمان بازدارندگی با دما افزایش می‌یابد. داده‌های مادون قرمز انعکاسی بر این دلالت داشت که برهم‌کنش از طریق گروه‌های ایمین، هیدروکسیل و حلقه آروماتیک انجام می‌شود. بعلاوه، در حضور یون‌های یدید افزایش قابل توجهی در عملکرد بازدارندگی مشاهده گردید. این رفتار تزایدی بر اساس واقعیت‌های شیمیایی و تصاویر میکروسکوپی الکترونی گرفته شده از سطح توجیه و تفسیر شد. در این پروژه، ما همچنین برخی پارامترهای ترمودینامیکی و سینتیکی پدیده را با انجام آزمایشات در غلظت و دماهای مختلف از طریق معادلات آیرینگ و همدمای جذبی تعیین نمودیم.

کلمات کلیدی: خوردگی فولاد نرم؛ بازشیف‌ها؛ پلاریزاسیون تافلی و بیناب‌نگاری امپدانس؛ میکروسکوپ الکترونی روبشی؛ اثر دما و تزاید؛ طیف‌سنجی مادون قرمز - انعکاسی؛ داده‌های ترمودینامیکی و سینتیکی

فهرست مطالب

صفحه

بخش تئوری

- ۱.۱. خوردگی و خسارات ناشی از آن ۱
- ۲.۱. اهمیت استفاده از فولاد و خوردگی آن در محیط اسیدی ۱
- ۳.۱. روش‌های متداول در حفاظت از خوردگی ۲
- ۳.۱.۱. حفاظت کاتدی ۲
- ۳.۱.۲. حفاظت آندی ۳
- ۳.۱.۳. حفاظت توسط عایق‌ها و پوشش‌ها ۳
- ۳.۱.۴. استفاده از بازدارنده‌های خوردگی ۳
- ۴.۱. انواع دسته بندی بازدارنده‌های خوردگی ۴
- ۴.۱.۱. بازدارنده‌های اکسیدان و غیر اکسیدان ۴
- ۴.۱.۲. بازدارنده‌های آلی و معدنی ۵
- ۴.۱.۳. بازدارنده‌های کاتیونی و آنیونی ۵
- ۵.۱. مکانیسم خوردگی آهن در محیط اسیدی ۵
- ۶.۱. عوامل موثر بر جذب مولکول‌های آلی بر روی الکترودها ۶
- ۶.۱. ساختار، اندازه و جهت‌گیری مولکول‌های آلی جذب شده ۶
- ۶.۱.۲. خواص الکتروود ۷
- ۶.۱.۳. خواص الکتروولیت ۷
- ۶.۱.۴. پتانسیل شیمیایی در فصل مشترک فلز- محلول ۸

- ۹ .۱ .۷ هدف استفاده از بازشیف‌ها به عنوان بازدارنده‌ای مؤثر در محیط اسیدی
- ۹ .۱ .۸ تهیه باز شیف‌ها و تاریخچه آن
- ۱۰ .۱ .۹ خواص طیفی بازشیف‌ها
- ۱۱ .۱ .۱۰ کاربرد باز شیف‌ها و اهمیت آنها
- ۱۲ .۱ .۱۱ اسید و باز نرم و سخت
- ۱۳ .۱ .۱۲ تعریف معادلات پلاریزاسیون تافلی
- ۱۵ .۱ .۱۳ تعیین پارامترهای خوردگی حاصل از منحنی‌های تافلی
- ۱۶ .۱ .۱۴ انواع مدل‌های قرارگیری مولکول‌ها بر روی سطح الکتروود
- ۱۸ .۱ .۱۵ تعریف امپدانس
- ۱۹ .۱ .۱۶ تعیین پارامترهای منحنی‌های امپدانس
- ۲۱ .۱ .۱۷ مزایای روش طیف‌سنجی امپدانس
- ۲۱ .۱ .۱۸ معایب روش طیف‌سنجی امپدانس
- ۲۲ .۱ .۱۹ انواع جذب سطحی
- ۲۳ .۱ .۲۰ بررسی معادلات همدمای جذب
- ۲۳ .۱ .۲۰ .۱ هم‌دماهای معروف لانگمویر، تمکین و فرامکین
- ۲۵ .۱ .۲۰ .۲ معرفی سایر هم‌دماهای جذبی
- ۲۶ .۱ .۲۱ بررسی اثر تزايد
- ۲۷ .۱ .۲۲ بررسی تاثیر يون‌های هاليد بر روی پديده تزايد
- ۲۸ .۱ .۲۳ مکانیسم عملکرد يون‌های هاليد در پديده تزايد

- ۳۰ .۱ .۲۴ اهمیت بررسی اثر دما
- ۳۰ .۱ .۲۵ نحوه تعیین انرژی فعال سازی
- ۳۱ .۱ .۲۶ نحوه تعیین آنتالپی فرایند
- ۳۱ .۱ .۲۶ .۱ تعیین آنتالپی فعال سازی
- ۳۳ .۱ .۲۶ .۲ آنتالپی جذب
- ۳۴ .۱ .۲۷ تاریخچه میکروسکوپی
- ۳۴ .۱ .۲۸ میکروسکوپ الکترونی و انواع آن
- ۳۵ .۱ .۲۹ میکروسکوپ الکترونی روبشی
- ۳۵ .۱ .۲۹ .۱ مشخصات عمومی و کاربردهای آن
- ۳۵ .۱ .۲۹ .۲ نمونه‌ها
- ۳۶ .۱ .۲۹ .۳ محدودیت‌های روش
- ۳۶ .۱ .۲۹ .۴ بخش دستگاهی
- ۳۷ .۱ .۳۰ تجزیه شیمیایی توسط میکروسکوپ‌های الکترونی
- ۳۸ .۱ .۳۱ آشکارساز و طیف‌نگار تفکیک انرژی
- ۳۹ .۱ .۳۲ روش طیف‌سنجی مادون قرمز بازتابی از نوع تبدیل فوریه
- ۴۰ .۱ .۳۳ زمان مناسب برای غوطه‌وری نمونه فلزی در محلول، جهت تهیه طیف مادون قرمز
- بخش تجربی**
- ۴۱ .۲ .۱ سنتز بازدارنده‌ها
- ۴۲ .۲ .۱ .۱ دستگاه‌ها و مواد لازم جهت سنتز و شناسایی باز شیف‌ها

- ۴۲ ۲.۱.۲ روش تهیه SI و SP
- ۴۳ ۲.۱.۳ روش تهیه MI و MP
- ۴۴ ۲.۲ محلول‌ها
- ۴۵ ۲.۳ الکترودها و سل الکتروشیمیایی
- ۴۶ ۲.۴ روش انجام آزمایشات و دستگاه‌های مورد استفاده
- ۴۶ ۲.۴.۱ روش پلاریزاسیون تافلی و امپدانس
- ۴۶ ۲.۴.۲ روش میکروسکوپ الکترونی
- ۴۸ ۲.۴.۳ روش طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه از نوع بازتابی

بخش بحث و نتیجه‌گیری

- ۴۹ ۳.۱ خواص فیزیکی و اطلاعات طیفی N', N - بیس- (سالیسیل‌آلدئید)- ۱ و ۳- دی- آمینو پروپان {SP}
- ۵۰ ۳.۲ خواص فیزیکی و اطلاعات طیفی N', N - بیس- (سالیسیل‌آلدئید)- ۱ و ۲- دی- آمینو پروپان {SI}
- ۵۱ ۳.۳ خواص فیزیکی و اطلاعات طیفی N', N - بیس- (۳- متوکسی- سالیسیل‌آلدئید)- ۱ و ۳- دی‌آمینو پروپان {MP}
- ۵۳ ۳.۴ خواص فیزیکی و اطلاعات طیفی N', N - بیس- (۳- متوکسی- سالیسیل‌آلدئید)- ۱ و ۲- دی‌آمینو پروپان {MI}
- ۵۵ ۳.۵ بررسی منحنی‌های تافلی مربوط به بازدارنده MI
- ۵۸ ۳.۶ بررسی منحنی‌های تافلی مربوط به بازدارنده MP

- ۶۱ ۷.۳ بررسی منحنی‌های تافلی مربوط به بازدارنده SP
- ۶۴ ۸.۳ مقایسه منحنی‌های تافلی و راندمان بازدارندگی مربوط به ترکیبات MI, MP, SP در غلظت بهینه ۰/۰۰۵ مولار.
- ۶۶ ۹.۳ منحنی‌های همدمای جذب
- ۶۹ ۱۰.۳ بررسی منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده MI
- ۷۳ ۱۱.۳ بررسی منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده MP
- ۷۶ ۱۲.۳ بررسی منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده SP
- ۸۰ ۱۳.۳ بررسی منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده SI
- ۸۳ ۱۴.۳ نمودار همدمای جذب مربوط به بازدارنده‌ها در حضور یدید پتاسیم
- ۸۴ ۱۴.۳ مکانیسم پیشنهادی پدیده تزاید یون یدید بر روی باز شیف‌های مورد نظر
- ۸۶ ۱۵.۳ منحنی امیدانس تغییرات دمای ترکیب MI در اسید سولفوریک ۰/۵ مولار
- ۸۹ ۱۶.۳ منحنی امیدانس تغییرات دمای ترکیب MP در اسید سولفوریک ۰/۵ مولار
- ۹۱ ۱۷.۳ منحنی امیدانس تغییرات دمای ترکیب SP در اسید سولفوریک ۰/۵ مولار
- ۹۳ ۱۸.۳ مقایسه تغییر راندمان ترکیبات، نسبت به دما
- ۹۴ ۱۹.۳ محاسبه انرژی فعال‌سازی
- ۹۶ ۲۰.۱ محاسبه آنتالپی و آنتروپی
- ۹۷ ۲۱.۳ بررسی روند بازدارندگی ترکیبات از نظر مقایسه ساختار شیمیایی آنها
- ۱۰۰ ۲۲.۳ تصاویر SEM و مقایسه آنها با یکدیگر
- ۱۰۶ ۲۳.۳ بررسی تشکیل کمپلکسی از SP بر روی نمونه فولادی به روش FT-IR انعکاسی

۱۰۸	۲۴.۳ بررسی تشکیل کمپلکسی از MP بر روی نمونه فولادی به روش FT-IR انعکاسی
۱۱۱	۲۵.۳ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
۱۱۴	مراجع

صفحه فهرست شکل‌ها و جداول

بخش تئوری

۱۰	شکل ۱-۱: روش تهیه باز شیف از آمین نوع اول و کتون یا آلدئید
۱۱	شکل ۱-۲: نوعی تعادل ایزومر کتو-انول بازشیف مشتق شده از بنزالدئید
۱۴	شکل ۱-۳: تصویری از منحنی تافلی و تعیین پارامترهای خوردگی آن
۱۹	شکل ۱-۴: منحنی امپدانسی که از مدلی شبیه به مدار رندل تبعیت می‌کند.
۳۹	شکل ۱-۵: تصویری شماتیک که نشان دهنده محدوده پیک‌های متعلق به گروه‌های عاملی متداول و فعال در طیف‌سنجی مادون قرمز می‌باشد.

بخش تجربی

۴۱	شکل ۲-۱: ساختار مولکولی و نام ترکیبات بازدارنده.
۴۷	شکل ۲-۲: دستگاه میکروسکوپ الکترونی به کار رفته در این پروژه: مدل VEGA/TESCAN.
۴۸	شکل ۲-۳: دستگاه طیف‌سنجی مادون قرمز انعکاسی Thermo Nicolet مدل NEXUS 670.

بخش بحث و نتیجه‌گیری

۴۹	شکل ۳-۱: ساختار ترکیب SP و پروتون‌ها و کربن‌های متفاوت آن در طیف‌های مربوط به NMR.
۵۰	شکل ۳-۲: ساختار ترکیب SI و پروتون‌ها و کربن‌های متفاوت آن در طیف‌های مربوط به NMR.
۵۲	شکل ۳-۳: ساختار لیگاند MP و پروتون‌ها و کربن‌های متفاوت آن در طیف‌های مربوط به NMR.

- شکل ۳-۴: ساختار لیگاند MI و پروتون‌ها و کربن‌های متفاوت آن در طیف‌های مربوط به NMR. ۵۳
- شکل ۳-۵: منحنی‌های تافلی مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده MI بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن، در دمای اتاق: (۱) شاهد، (۲) ۰/۰۰۰۱ (۳) ۰/۰۰۱، (۴) ۰/۰۱ مولار. ۵۵
- شکل ۳-۶: منحنی‌های تافلی مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده MP بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن، در دمای اتاق: (۱) شاهد، (۲) ۰/۰۰۰۱ (۳) ۰/۰۰۱، (۴) ۰/۰۱ مولار. ۵۸
- شکل ۳-۷: منحنی‌های تافلی مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده SP بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن، در دمای اتاق: (۱) شاهد، (۲) ۰/۰۰۰۱ (۳) ۰/۰۰۱، (۴) ۰/۰۱ مولار. ۶۱
- شکل ۳-۸: منحنی‌های تافلی مربوط به غلظت ۰/۰۰۵ مولار از بازدارنده‌های مختلف بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن، در دمای اتاق: (۱) بدون بازدارنده، (۲) MI، (۳) MP، (۴) SP. ۶۴
- شکل ۳-۹: منحنی تغییرات راندمان بدست آمده از داده‌های تافلی در غلظت‌های مختلف بازدارنده‌ها بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار. ۶۵
- شکل ۳-۱۰: منحنی همدمای جذب لانگمویر بازدارنده MI بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار (مربوط به آزمایشات تافلی). ۶۸
- شکل ۳-۱۱: منحنی همدمای جذب لانگمویر بازدارنده MP بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار (مربوط به آزمایشات تافلی). ۶۸
- شکل ۳-۱۲: منحنی همدمای جذب لانگمویر بازدارنده SP بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار (مربوط به آزمایشات تافلی). ۶۸
- شکل ۳-۱۳: منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده MI بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار: (۱) شاهد، (۲) ۰/۰۰۰۱ (۳) ۰/۰۰۱ (۴) ۰/۰۱ مولار. ۶۹

- شکل ۳-۱۴: منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده MI به همراه KI با غلظت 0.001 مولار بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک 0.5 مولار: (۱) شاهد، (۲) 0.0 (۳) 0.001 ، (۴) 0.001 مولار.
- شکل ۳-۱۵: منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده MP بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک 0.5 مولار: (۱) شاهد، (۲) 0.0001 (۳) 0.001 (۴) 0.005 و 0.01 مولار.
- شکل ۳-۱۶: منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده MP به همراه KI با غلظت 0.001 مولار بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک 0.5 مولار: (۱) شاهد، (۲) 0.0 (۳) 0.001 ، (۴) 0.001 مولار.
- شکل ۳-۱۷: منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده SP بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک 0.5 مولار: (۱) شاهد، (۲) 0.0001 (۳) 0.0005 (۴) 0.001 (۵) 0.005 و 0.01 مولار.
- شکل ۳-۱۸: منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده SP، به همراه KI با غلظت 0.001 مولار بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک 0.5 مولار: (۱) شاهد، (۲) 0.0 (۳) 0.0001 ، (۴) 0.0005 (۵) 0.001 (۶) 0.005 و 0.01 مولار.
- شکل ۳-۱۹: منحنی بد-فاز مربوط به غلظت 0.01 مولار بازدارنده SP، به همراه KI با غلظت 0.001 مولار بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک 0.5 مولار.
- شکل ۳-۲۰: منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده SI بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک 0.5 مولار: (۱) شاهد، (۲) 0.0001 (۳) 0.001 (۴) 0.001 مولار.
- شکل ۳-۲۱: منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده SI به همراه KCl با غلظت 0.001 مولار بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک 0.5 مولار: (۱) 0.0 (۲) 0.0001 (۳) 0.0001 ، (۴) 0.0001 .
- شکل ۳-۲۲: منحنی‌های امیدانس مربوط به غلظت‌های مختلف بازدارنده SI به همراه KI با غلظت 0.001 مولار بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک 0.5 مولار: (۱) 0.0 (۲) 0.0001 (۳) 0.0001 .

- شکل ۳-۲۳: منحنی‌های امیدانس مربوط به دماهای مختلف بازدارنده MI با غلظت ۰/۰۱ مولار بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار: (۱) ۲۸۸، (۲) ۲۹۸، (۳) ۳۰۸، (۴) ۳۱۸.
- شکل ۳-۲۴: منحنی‌های امیدانس مربوط به دماهای مختلف محلول شاهد حاوی اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، بر روی فولاد نرم: (۱) ۲۸۸، (۲) ۲۹۸، (۳) ۳۰۸، (۴) ۳۱۸.
- شکل ۳-۲۵: منحنی‌های امیدانس مربوط به دماهای مختلف بازدارنده MP با غلظت ۰/۰۰۵ مولار بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار: (۱) ۲۸۸، (۲) ۲۹۸، (۳) ۳۰۸، (۴) ۳۱۸.
- شکل ۳-۲۶: منحنی‌های امیدانس مربوط به دماهای مختلف بازدارنده SP با غلظت ۰/۰۰۵ مولار بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار: (۱) ۲۸۸، (۲) ۲۹۸، (۳) ۳۰۸، (۴) ۳۱۸.
- شکل ۳-۲۷: نمودار تغییر راندمان بازدارندگی ترکیبات MI، MP، SP، نسبت به دما در غلظت بهینه (MP و SP، ۰/۰۰۵ مولار و MI ۰/۰۱ مولار)، در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار بر روی فولاد نرم.
- شکل ۳-۲۸: نمودار تعیین انرژی فعال‌سازی، برای محلول شاهد.
- شکل ۳-۲۹: نمودار تعیین انرژی فعال‌سازی، برای غلظت ۰/۰۱ مولار MI.
- شکل ۳-۳۰: نمودار تعیین انرژی فعال‌سازی، برای غلظت ۰/۰۰۵ مولار MP.
- شکل ۳-۳۱: نمودار تعیین انرژی فعال‌سازی، برای غلظت ۰/۰۰۱ مولار MP.
- شکل ۳-۳۲: نمودار تعیین انرژی فعال‌سازی، برای غلظت ۰/۰۰۵ مولار SP.
- شکل ۳-۳۳: تصویر SEM از فولاد نرم صیقل شده، قبل از قرارگیری درون محلول خورنده.
- شکل ۳-۳۴: تصویر SEM از فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار بدون بازدارنده، زمان غوطه‌وری ۲۴ ساعت.
- شکل ۳-۳۵: تصویر SEM از فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، به همراه ۰/۰۱ مولار از بازدارنده MP، زمان غوطه‌وری ۲۴ ساعت.
- شکل ۳-۳۶: تصویر SEM از فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک M ۰/۵ به همراه M ۰/۰۱ از بازدارنده MP و M ۰/۰۱ از پتاسیم یدید، زمان غوطه‌وری ۲۴ ساعت.

- طیف ۳-۱: مادون قرمز انعکاسی از نوع تبدیل فوریه ۰/۰۱ مولار از بازدارنده SP، به همراه ۰/۰۰۱ مولار از پتاسیم یدید، بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، زمان غوطه‌وری ۲۴ ساعت. ۱۰۶
- طیف ۳-۲: مادون قرمز انعکاسی از نوع تبدیل فوریه ۰/۰۱ مولار از بازدارنده MP، به همراه ۰/۰۰۱ مولار از پتاسیم یدید، بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، زمان غوطه‌وری ۲۴ ساعت. ۱۰۸

جداول:

- جدول ۱-۱: معرفی تعدادی از اسیدها و بازهای سخت و نرم. ۱۳
- جدول ۱-۲: برخی از عناصر الکتریکی رایج در بررسی‌های EIS سیستم‌های الکتروشیمیایی. ۱۸
- جدول ۱-۳: نام و فرمول مربوط به ایزوترم‌های جذبی مختلف. ۲۵
- جدول ۲-۱: نام، فرمول شیمیایی و جرم مولکولی مواد اولیه بازدارنده‌ها. ۴۲
- جدول ۲-۲: برخی از مشخصات شیمیایی به کار رفته در تهیه محلول‌ها. ۴۵
- جدول ۳-۱: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های پلاریزاسیون تافلی بازدارنده MI با غلظت‌های متفاوت در فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن. ۵۷
- جدول ۳-۲: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های پلاریزاسیون تافلی بازدارنده MP با غلظت‌های متفاوت در فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن. ۶۰
- جدول ۳-۳: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های پلاریزاسیون تافلی بازدارنده SP با غلظت‌های متفاوت در فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن. ۶۳
- جدول ۳-۴: ضریب همبستگی و فرمول خطی همدمای مختلف مربوط به بازدارنده‌ها. ۶۶
- جدول ۳-۵: مقادیر ثابت تعادل و انرژی آزاد گیبس حاصل از همدمای جذب لانگمویر بازدارنده‌ها (مربوط به آزمایشات تافلی). ۶۷
- جدول ۳-۶: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های امپدانس غلظت‌های متفاوت بازدارنده MI و بررسی تاثیر یون یدید (۰/۰۱ مولار) در فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، ۷۱

- هوازدایی شده با نیتروژن .
- جدول ۳-۷: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های امیدانس غلظت‌های متفاوت بازدارنده MP و بررسی تاثیر یون یدید ($0/001$ مولار) در فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک $0/5$ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن .
- ۷۵
- جدول ۳-۸: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های امیدانس بازدارنده SP با غلظت‌های متفاوت و بررسی تاثیر یون یدید ($0/001$ مولار) در فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک $0/5$ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن .
- ۷۸
- جدول ۳-۹: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های امیدانس بازدارنده SP، در غلظت‌های $0/005$ و $0/01$ مولار و بررسی تاثیر یون یدید ($0/001$ مولار) در فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک $0/5$ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن .
- ۷۹
- جدول ۳-۱۰: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های امیدانس بازدارنده SI با غلظت‌های متفاوت و بررسی تاثیر یون یدید و کلرید ($0/001$ مولار)، در فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک $0/5$ مولار، هوازدایی شده با نیتروژن .
- ۸۳
- جدول ۳-۱۱: مقادیر ثابت تعادل و انرژی آزاد گیبس حاصل از منحنی‌های همدمای جذب لانگمویر بازدارنده‌ها (به روش امیدانس).
- ۸۴
- جدول ۳-۱۲: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های امیدانس MI در دماهای متفاوت، مربوط به فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک $0/5$ مولار و غلظت $0/01$ مولار بازدارنده، هوازدایی شده با نیتروژن.
- ۸۸
- جدول ۳-۱۳: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های امیدانس MP در دماهای متفاوت، مربوط به فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک $0/5$ مولار و غلظت $0/005$ مولار بازدارنده، هوازدایی شده با نیتروژن.
- ۹۰
- جدول ۳-۱۴: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های امیدانس MP در دماهای متفاوت، مربوط به فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک $0/5$ مولار و غلظت $0/001$ مولار بازدارنده، هوازدایی شده با نیتروژن.
- ۹۰

هوازدایی شده با نیتروژن.

جدول ۳-۱۵: داده‌های الکتروشیمیایی مربوط به منحنی‌های امیدانسی بازدارنده SP با دماهای متفاوت در فرآیند خوردگی فولاد نرم در محلول اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار و غلظت ۰/۰۰۵ مولار SP،

۹۲

هوازدایی شده با نیتروژن.

جدول ۳-۱۶: مقادیر انرژی فعال‌سازی و آنتالپی فرایند جذب ترکیبات بر روی فولاد نرم، در محیط اسید سولفوریک ۰/۵ مولار.

۹۶

جدول ۳-۱۷: درصدهای وزنی بدست آمده از آنالیز EDS مربوط به نمونه فولادی بعد از سمباده‌زنی.

۱۰۰

جدول ۳-۱۸: داده‌های مربوط به آنالیز سطحی نمونه فولادی به روش EDS در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، زمان غوطه‌وری ۲۴ ساعت.

۱۰۲

جدول ۳-۱۹: داده‌های مربوط به آنالیز سطحی نمونه‌های فولادی به روش EDS در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار به همراه ۰/۰۱ مولار از بازدارنده MP و ۰/۰۰۱ مولار از پتاسیم یدید، زمان غوطه‌وری ۲۴ ساعت.

۱۰۵

جدول ۳-۲۰: مقایسه اعداد موجی مربوط به طیف‌سنجی مادون قرمز انعکاسی و عبوری ترکیب SP.

۱۰۷

جدول ۳-۲۱: مقایسه اعداد موجی مربوط به طیف‌سنجی مادون قرمز انعکاسی و عبوری ترکیب MP.

۱۰۹

پیوست:

طیف ۱: مادون قرمز از نوع تبدیل فوریه برای بازشیف SP توسط قرص برمید پتاسیم.

۱۲۱

طیف ۲: فرابنفش- مرئی برای بازشیف SP در حلال دی‌کلرو متان.

۱۲۱

طیف ۳: $^1\text{HNMR}$ (250.13 MHz) (CDCl_3) ترکیب SP.

۱۲۲

طیف ۴: $^{13}\text{CNMR}$ (62.9 MHz) (CDCl_3) ترکیب SP.

۱۲۲

طیف ۵: مادون قرمز از نوع تبدیل فوریه برای بازشیف SI توسط قرص پتاسیم برمید.

۱۲۳

طیف ۶: فرابنفش- مرئی برای بازشیف SI در حلال دی‌کلرو متان.

۱۲۳

- ۱۲۴ طیف ۷: $^1\text{H NMR}$ (250.13 MHz) (CDCl_3) ترکیب SI.
- ۱۲۴ طیف ۸: $^{13}\text{C NMR}$ (62.9 MHz) (CDCl_3) ترکیب SI.
- ۱۲۵ طیف ۹: مادون قرمز از نوع تبدیل فوریه برای بازشیف MP توسط قرص پتاسیم برمید.
- ۱۲۵ طیف ۱۰: فرابنفش- مرئی برای بازشیف MP در حلال دی کلرو متان.
- ۱۲۶ طیف ۱۱: $^1\text{H NMR}$ (250.13 MHz) (CDCl_3) ترکیب MP.
- ۱۲۶ طیف ۱۲: $^{13}\text{C NMR}$ (62.9 MHz) (CDCl_3) ترکیب MP.
- ۱۲۷ طیف ۱۳: مادون قرمز از نوع تبدیل فوریه برای بازشیف MI توسط قرص پتاسیم برمید.
- ۱۲۷ طیف ۱۴: فرابنفش- مرئی برای بازشیف MI در حلال دی کلرو متان.
- ۱۲۸ طیف ۱۵: $^1\text{H NMR}$ (250.13 MHz) (CDCl_3) ترکیب MI.
- ۱۲۸ طیف ۱۶: $^{13}\text{C NMR}$ (62.9 MHz) (CDCl_3) ترکیب MI.
- ۱۲۹ طیف ۱۷: طیف‌های مربوط به آنالیز سطح، به روش EDS بر روی فولاد نرم.
- ۱۳۰ طیف ۱۸: طیف‌های مربوط به آنالیز سطح، به روش EDS بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار.
- ۱۳۱ طیف ۱۹: طیف‌های مربوط به آنالیز سطح ۰/۰۱ مولار از بازدارنده MP و ۰/۰۰۱ مولار از پتاسیم یدید به روش EDS، بر روی فولاد نرم در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار.
- ۱۲۹ جدول ۱: درصد‌های مربوط به آنالیز سطحی نمونه فولادی سمباده زده شده به روش EDS.
- ۱۳۰ جدول ۲: درصد‌های مربوط به آنالیز سطحی نمونه فولادی به روش EDS در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار، زمان غوطه‌وری ۲۴ ساعت.
- ۱۳۱ جدول ۳: درصد‌های مربوط به آنالیز سطحی نمونه‌های فولادی به روش EDS در محیط اسیدسولفوریک ۰/۵ مولار به همراه ۰/۰۱ مولار از بازدارنده MP و ۰/۰۰۱ مولار از پتاسیم یدید، زمان غوطه‌وری ۲۴ ساعت.

بخش تئوری