

تأثیر هیدرازین هیدرات بر ویژگی‌های هم‌بسیار (متیل متاکریلات-مالتیک انیدرید): پایداری گرمایی، شفافیت و بازدارندگی خوردگی

فریبرز اتابکی^{۱*} و غلامعلی کوهمره^۲ و سمیرا ساری‌خانی^۳

۱. دانشیار شیمی آلی، دانشکده شیمی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان، ایران.

۲. دانشیار شیمی آلی پلیمر، دانشکده شیمی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

۳. دانشجوی دکترا دانشکده شیمی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، اصفهان، ایران.

دریافت: خرداد ۹۹ بازنگری: آذر ۱۴۰۰ پذیرش: بهمن ۱۴۰۰



10.30495/JACR.2022.1946054.1993



20.1001.1.17359937.1401.16.1.10.2

چکیده

در این پژوهش ابتدا هم‌بسیار (متیل متاکریلات-مالتیک انیدرید) تهیه و سپس با مقدار متغیر از هیدرازین هیدرات وارد واکنش شد. هم‌بسیار اولیه و فراورده‌ها با طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR) و تشدید مغناطیسی هسته (NMR) شناسایی شدند و با تجزیه گرمایی (TGA-DSC)، دمای شکست شیشه‌ای (T_g) آن تعیین شد. نتیجه‌ها نشان داد که هم‌بسیار شدن متیل متاکریلات با مالتیک انیدرید منجر به بالا رفتن پایداری گرمایی بسیار نسبت به پلی (متیل متاکریلات) و افزایش هیدرازین نیز منجر به بهبود پایداری گرمایی هم‌بسیار می‌شود. درصد عناصر در واکنش هم‌بسیار با مقدار متفاوت از هیدرازین با تجزیه عنصری (CHNS) تعیین شد و مقدار شفافیت آن‌ها با طیف عبور نور در ناحیه مرئی-فرابنفش نشان داد که اگرچه هم‌بسیار شدن منجر به کاهش شفافیت و عبور نور در ناحیه مرئی می‌شود، ولی با افزایش هیدرازین نه تنها این مسئله حل می‌شود، بلکه فراورده نسبت به پلی (متیل متاکریلات) شفافیت بیشتری نیز دارد. همچنین، از برخی فراورده‌ها محلولی با غلظت‌های ۵۰ تا ۲۰۰ ppm تهیه و عملکرد بازدارندگی بسپارها بر خوردگی فولاد کم‌کربن در محلول ۰/۵ مولار کلریدریک اسید (HCl) با قطبش پتانسیودینامیک، طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDS) و روش کاهش وزن بررسی شد. نتیجه‌های به‌دست آمده افزایش قدرت بازدارندگی خوردگی هم‌بسیار را در محیط اسیدی تأیید کرد.

واژه‌های کلیدی: هم‌بسیار (متیل متاکریلات-مالتیک انیدرید)، هیدرازین هیدرات، بازدارنده خوردگی، قطبش پتانسیودینامیک.

مقدمه

یک ترموپلاستیک شفاف است که ویژگی‌هایی مانند استحکام در برابر ضربه، سبک بودن، سمیت به نسبت کم، قیمت پایین، مقاوم در برابر شکستگی، مقاومت در برابر

پلی (متیل متاکریلات) یک بسپار بی‌رنگ اکریلاتی است که از بسپار شدن متیل متاکریلات تهیه می‌شود. این بسپار

واکنش‌های التهابی با بافت‌ها از آن به‌عنوان سیمان استخوان استفاده می‌شود و... [۲ و ۱۸ تا ۲۳].

از دیگر کاربردهای پلی (متیل متاکریلات)، به‌کارگیری آن به‌عنوان بازدارنده خوردگی فلزهاست که در صنعت نفت به دو صورت پوشش‌های ضدخوردگی^۱ و بازدارنده‌های خوردگی به‌کار می‌رود، زنجیره‌های بسپاری به علت بزرگ‌بودن، داشتن قابلیت انحلال کمتر و نقاط جذب^۲ بیشتر نسبت به تکپارشان، جذب سطحی، پایداری و بازدارندگی خوردگی بالاتری دارند. همچنین ارزان، در دسترس، سازگارتر با محیط زیست و غیرسمی نیز هستند و در مقایسه با ترکیب‌های آلی کوچک انعطاف‌پذیرترند و گران‌روی بالاتری دارند. سطح وسیع‌تری از فلز را نیز می‌پوشانند و مانند یک روکش عمل کنند [۲۴ و ۲۵].

جذب بازدارنده بر سطوح فلزی به ساختار شیمیایی بازدارنده خوردگی، ترکیب شیمیایی الکترولیت، بار سطحی فلز و الگوی جذب بستگی دارد. ترکیب‌های حاوی ناجوراتم‌هایی مانند نیتروژن، گوگرد و اکسیژن، موجب افزایش جذب بسپار به سطح فلز می‌شوند [۲۶ تا ۳۰]. هیدرازین‌ها به‌عنوان یک ترکیب حاوی نیتروژن در ترکیب بازدارنده‌ها به‌کار گرفته می‌شود، در سال ۲۰۲۰ هیدرازین به تiazol افزوده شد تا تکپاری تشکیل شود که بسپارهای به‌دست‌آمده از آن بازدارندگی خوبی از خود نشان دهند [۱۶ و ۳۱]. از محدودیت بسپارها در این زمینه حلالیت کم است که رویکرد اصلی برای رفع آن افزودن گروه عاملی به زنجیره بسپارش و هم‌بسپارش کردن آنهاست [۳۲ تا ۳۵]. هدف این پژوهش اصلاح ساختار پلی(متیل متاکریلات) به‌منظور افزایش پایداری گرمایی آن است که افزون‌بر بسپارش با مالئیک‌انیدرید، هم‌بسپار با هیدرازین نیز واکنش داده شد. در ادامه تأثیر این اصلاح بر شفافیت بسپار نسبت به پلی(متیل متاکریلات) سنجیده و اثر

خرایش و مقاومت در برابر آب و هوا دارد [۱، ۲]. پلی (متیل متاکریلات) معیابی مانند پایین‌بودن دمای انتقال شیشه (حدود ۱۰۴ درجه)، مقاومت گرمایی کم، مقاومت کم در برابر حلال و پرتو فرابنفش و همچنین، فیلترنکردن پرتو فرابنفش است که موجب محدودشدن کاربردهای آن می‌شود. برای رفع این مسئله و به‌منظور تغییر ویژگی‌هایی مانند پایداری گرمایی، شفافیت، سختی و نرمی، مقاومت شیمیایی، رسانایی و شکل‌پذیری پژوهشگران با تکپارها یا افزاینده‌ها و یا هر دو روش در ویژگی‌های بسپار تغییر ایجاد می‌کنند تا برای هدف مورد مطالعه مناسب شود [۱ و ۳ تا ۷].

برای افزایش پایداری گرمایی و بالا رفتن دمای انتقال شیشه یکی از روش‌ها استفاده از هم‌تکپارهای حاوی ناجوراتم است تا برهم‌کنش بین زنجیره‌های بسپارش را افزایش دهد [۸ تا ۱۱]. مالئیک‌انیدرید از این هم‌تکپارهاست که به‌صورت مستقیم و واکنش داده برای تغییر در ویژگی‌های بسپار استفاده شده است. [۱۲ تا ۱۴]. اتم نیتروژن از ناجوراتم‌هایی است که در هم‌تکپارهای استفاده‌شده یافت می‌شود، افزایش دمای شکست شیشه‌ای به دلیل پیوند هیدروژنی که بین زنجیره‌های بسپاری ایجاد می‌شود، رخ می‌دهد. اتابکی و همکارانش در سال ۲۰۱۶ مالئیک‌انیدرید را با ۲-متیل-۴-نیترو آنیلین واکنش دادند و فرآورده آن را با متیل متاکریلات هم‌بسپار کردند که منجر به افزایش دمای انتقال شیشه شد [۱۵ تا ۱۷].

از هم‌بسپارهای متیل متاکریلات استفاده‌های فراوانی شده است، به خاطر شفافیت و عبور نور مرئی و سبک و ضد خش بودن به‌عنوان جایگزین شیشه‌های معدنی مثل شیشه‌های هواپیما، اتوموبیل، زیردریایی و عینک، برای مقاومت در برابر ضربه و خراش در شرایط شیمیایی دهان به‌عنوان چندسازه‌های دندان‌سازی و روکش و به دلیل غیر سمی بودن، هزینه کمتر، سازگاری با بدن و کمینه

افزایش هیدرازین بر بازدارنگی خوردگی هم‌بسیار نیز بررسی شد.

متانول (MeOH) از شرکت مرک با خلوص آزمایشگاهی تهیه و استفاده شدند. فلز مورد استفاده از نوع فولاد نرم بود که به صورت قطعه‌هایی در ابعاد (۲۰×۱۰ میلی‌متر) با ضخامت ۱ میلی‌متر برش و سپس با کاغذهای سمباده ۴۰۰، ۸۰۰، ۱۲۰۰ و ۲۴۰۰ صیقل داده شدند. پس از آن قطعه‌های برش داده‌شده با اتانول و آب دوبار تقطیر شده شسته شدند. درصد عناصر موجود در فولاد استفاده‌شده در جدول ۱ آورده شده است.

بخش تجربی

مواد مورد استفاده

مواد شیمیایی متیل متاکریلات (MMA)، مالئیک انیدرید (MA)، دی‌متیل فرمامید (DMF)، هیدرازین هیدرات (HH)، کلریدریک اسید (HCl)، اتیل استات (EtOAc) و

جدول ۱ درصد وزنی عناصر موجود در فولاد استفاده‌شده

عنصر	Fe	V	Nb	Cu	Al	Ni	Si	P	Mn	Cr	S	C
درصد وزنی	باقی‌مانده	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۱۱	۰/۰۵۴	۰/۰۲۷	۰/۰۱۳	۰/۰۱۰	۰/۱۹۲	۰/۰۰۶	۰/۰۰۶	۰/۰۵۳

دستگاه‌های مورد استفاده

برای شناسایی ترکیب‌های آلی تهیه‌شده طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR)، تشدید مغناطیسی هسته (NMR)، تجزیه عنصری (CHNS) و تجزیه وزن‌سنجی گرمایی (TGA) به‌کارگرفته شد. طیف‌های FTIR با قرص‌های KBr از نمونه‌ها در گستره عدد موج ۴۰۰ تا 4000 cm^{-1} با دستگاه Pekin-Elmer spectrometer به‌دست آمد. برای گرفتن طیف NMR ابتدا نمونه‌ها در دی‌متیل سولفوکسید (DMSO^1) حل شد. سپس، با دستگاه Bruker-400MHz آلمان طیف خام آن به‌دست آمد که با نرم‌افزار MestReC داده‌ها پردازش شد. داده‌های CHNS با دستگاه تجزیه عنصری مدل Vario EL III شرکت Elementar به‌دست آمد. تجزیه وزن‌سنجی گرمایی در گستره ۲۵ تا 700 C° با سرعت ۲۰ درجه در دقیقه با دستگاه SDT Q600 انجام شد. برای گرفتن طیف عبور نور در ناحیه مرئی، ۰/۰۵ گرم از هر بسیار را در ۱۰ میلی‌لیتر اتیل استات حل و دستگاه طیف‌نورسنج UV-Vis مدل Photonix

Ar2015 به‌کارگرفته شد که طیفی در گستره ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر به‌دست آمد. برای ریخت‌شناسی سطح فولاد پس از غوطه‌وری در محیطی با و بدون بازدارنده از میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) مدل MIRA TESCAN مجهز به سامانه EDS استفاده شد که تصاویری با بزرگنمایی ۱۰ میکرومتر از سطح فولاد به‌دست آمده است. آزمون‌های قطبش تافل و رهنبدی بر پایه سامانه سه الکترودی انجام و از الکتروود اشباع کالومل به‌عنوان الکتروود مرجع و از الکتروود گرافیت به‌عنوان الکتروود کمکی استفاده شده است. اندازه‌گیری‌های الکتروشیمیایی با پتانسیواستات/کالوانواستات مدل PARSTAT 2273 صورت گرفت. الکتروود کار پیش از انجام آزمایش برای رسیدن به حالت پایدار ۲۰ دقیقه در محلول قرار گرفت. برای آزمون قطبش پتانسیل در گستره (۲۵۰-) میلی‌ولت از ناحیه کاتدی با نرخ ۱ میلی‌ولت بر ثانیه، تا (۲۵۰+) میلی‌ولت در ناحیه آندی حول مقدار پتانسیل مدار باز (OCP) پویش شد. همه آزمایش‌ها در دمای ثابت از راه کنترل دما با حمام آب انجام شد. مقاومت قطبش با شیب نمودار پتانسیل بر حسب لگاریتم

1. Dimethyl sulfoxide

حلقه‌ی مالئیمید با یک گروه کشنده در کنار خود یک پیک تیز با انتگرال زیر پیک ۲ در ۳/۶۹ می‌دهد. پیک‌های مربوط به متیل متاکریلات هم با پیک‌های پلی (متیل متاکریلات) که در مقاله‌ها آمده است همخوانی دارد [۱۵].

واکنش هم‌بسیار (متیل متاکریلات-مالئیک انیدرید) با هیدرازین هیدرات

با تغییر دما و زمان و حلال واکنش که در جدول ۲ آورده شده است زمان و دمای مناسب برای انجام واکنش تعیین شد که بهترین بازده و گرانروی در حلال N و -N-دی‌متیل‌فرمامید، دمای اتاق و زمان چهار ساعت بود. از این فرآورده طیف NMR و نمودار TGA نیز گرفته شد که در شکل‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

تفسیر طیف‌های NMR

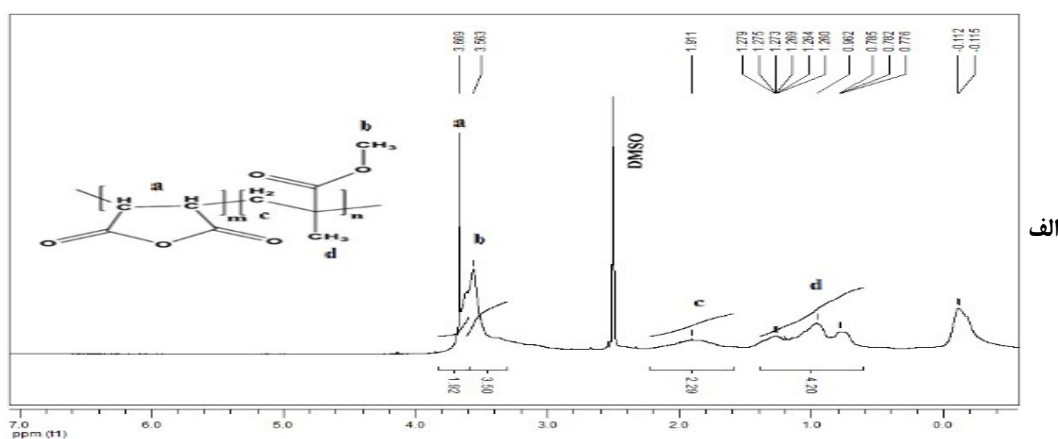
با توجه به ظهور پیک‌های جدید a و همچنین، جداشدن پیک‌های c و d در طیف NMR هم‌بسیار واکنش داده با هیدرازین (شکل ۱-ب) نسبت به طیف NMR هم‌بسیار (شکل ۱-الف) وجود گروه هیدروکسی و هیدرازین اثبات می‌شود.

جریان محاسبه شد. آزمون رهبندهی الکتروشیمیایی در گستره فرکانسی ۱۰ میلی‌هرتز تا ۱۰۰ کیلوهرتز با پتانسیل متناوب ۱۰ میلی‌ولت حول پتانسیل مدار باز انجام شد. از نرم افزار ZsimpWin برای پردازش داده‌های آزمایشگاهی بر مدار معادل الکتروشیمیایی استفاده شد.

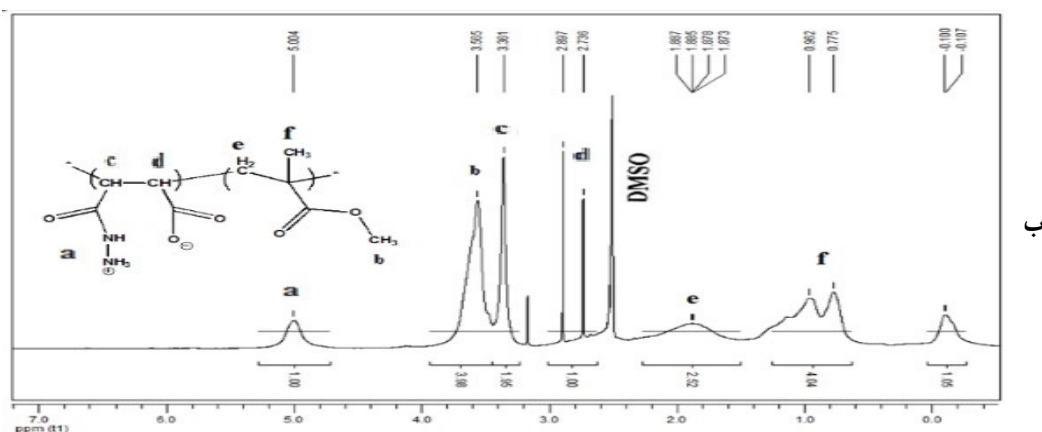
نتیجه‌ها و بحث

تهیه هم‌بسیار (متیل متاکریلات-مالئیک انیدرید)

هم‌بسیار (متیل متاکریلات-مالئیک انیدرید) برپایه روش گزارش شده در مقاله‌ها تهیه شد [۲۴]. به این منظور، ابتدا ۰/۱ مول از مالئیک انیدرید در ۲۰ میلی‌لیتر اتیل استات حل شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر MMA به آرامی به آن افزوده شد و ۰/۱ گرم (۱٪ وزنی) بنزوئیل پروکسید به مخلوط واکنش افزوده و به مدت ۱۲ ساعت بازروانی شد. سپس با متانول رسوب‌گیری انجام شد. رسوب به‌دست‌آمده شسته و در آن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۰ C° درجه خشک شد. ساختار هم‌بسیار با طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR) و تشدید مغناطیسی هسته (NMR) تأیید شد. طیف تشدید مغناطیسی هسته این ترکیب در شکل ۱ آورده شده است. همان‌طور که در شکل ۱-الف مشخص است هیدروژن‌های



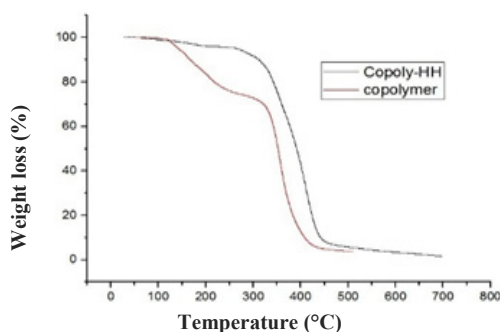
شکل ۱ طیف‌های NMR هم‌بسیار (متیل متاکریلات-مالئیک انیدرید) (الف) و فرآورده واکنش هم‌بسیار با هیدرازین (ب)



ادامه شکل ۱ طیف‌های NMR هم‌بسیار (متیل متاکریلات-مالئیک انیدرید) (الف) و فرآورده واکنش هم‌بسیار با هیدرازین (ب)

بررسی تجزیه وزن‌سنجی گرمایی هم‌بسیار و هم‌بسیار واکنش‌داده با هیدرازین

با توجه به نمودار تجزیه وزن‌سنجی گرمایی که در شکل ۲ آورده شده است، برای هم‌بسیار (متیل متاکریلات-مالئیک انیدرید) دو پیک تخریبی در گستره دمایی 109°C تا 266°C و 310°C تا 410°C مشاهده می‌شود، نخستین کاهش وزن با بیشینه 127°C مربوط به از دست‌دادن حلال، رطوبت، الیگومرها و... است. تخریب ثانویه بدین شکل است که در دمای 308°C الی 345°C زنجیره‌های بسپارش شروع به تخریب می‌کنند. در دمای 410°C تا 430°C کل مجموعه تخریب‌شده است. با توجه به داده‌های DSC دمای شکست شیشه‌ای (T_g) آن، 122°C است که افزایش آن نسبت به پلی (متیل متاکریلات) خالص (104°C)، به دلیل وجود تکپار مالئیک انیدرید بوده که تحرک زنجیره‌های بسپارش را کاهش داده است. با توجه به نمودار تجزیه وزن‌سنجی گرمایی که در شکل ۲ آورده شده است دو پیک تخریبی در گستره دمایی 94°C تا 190°C و 264°C تا 457°C برای هم‌بسیار P(MMA-MA)-HH مشاهده می‌شود، نخستین رویداد شامل از دست‌دادن حلال، رطوبت، الیگومرها و... است. تخریب ثانویه بدین شرح است که در دمای 310°C الی 350°C



شکل ۲ نمودار TGA هم‌بسیار و فرآورده واکنش هم‌بسیار با هیدرازین

تعیین گرانروی بسپارها

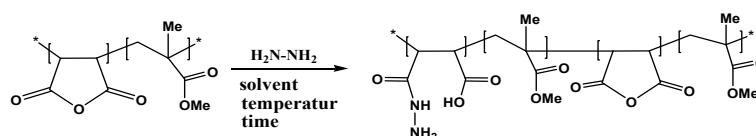
از تقسیم زمان عبور محلول به زمان عبور حلال، گرانروی نسبی تعیین می‌شود. با توجه به بازده و گرانروی به دست آمده، حلال، دما و زمان مناسب برای انجام این واکنش تعیین شد. در دمای اتاق و طی ۴ ساعت بهترین بازده و گرانروی به دست آمد (جدول ۲).

از هر نمونه محلولی با غلظت ۰/۸ g/dl تهیه شد و با گرانروی سنج استوالد مقدار گرانروی یا گرانروی نسبی آن تعیین شد. به این صورت که گرانروی سنج را در حمام آب در دمای محیط قرار داده و محلول به داخل آن ریخته شد.

جدول ۲ واکنش هم‌بسپار (متیل متاکریلات-مالئیک انیدرید) با هیدرازین هیدرات* در شرایط متفاوت

شماره نمونه	حلال	زمان واکنش (h)	دمای واکنش (°C)	گرانروی نسبی (۲۵ °C)	درصد بازده
۱	Ac ₂ O	۴	۲۵	۱/۱۵	۵۰
۲	DMAc	۴	۲۵	۱/۲۲	۶۰
۳	(CH ₃) ₂ CO	۴	۲۵	-	۰
۴	DMF	۲	۲۵	۱/۳۶	۴۰
۵	DMF	۴	۲۵	۱/۷۲	۹۰
۶	DMF	۸	۲۵	۱/۱۲	۷۰
۷	DMF	۱۲	۲۵	۱/۳۴	۸۰
۸	DMF	۱۶	۲۵	۱/۲۰	۷۱
۹	DMF	۲۴	۲۵	۱/۱۸	۷۲
۱۰	DMF	۴	۹۰	۱/۰۶	۸۵
۱۱	DMF	۴	۰	۱/۲۲	۲۵

*



سود مصرف شده ثبت و در جدول ۳ آورده شده است. مصرف بیشتر سود نشان دهنده حلقه بیشتر مالئیک اندرید باز شده با هیدرازین است. همان طور که در جدول مشاهده می‌شود، افزایش هیدرازین ابتدا موجب افزایش حجم سود مصرفی، ولی با سه برابر شدن هیدرازین کاهش می‌یابد که می‌تواند به واکنش گروه اسیدی ناشی از باز شدن حلقه نسبت داده شود. کاهش گرانروی نیز این ادعا را ثابت می‌کند.

تعیین محتوای بسپار با تیتراژ کردن

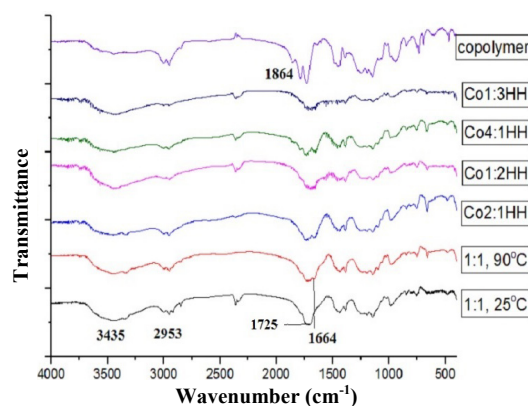
برای تعیین مقدار حلقه مالئیک انیدرید باز شده با هیدرازین، ۰/۳ گرم از هر کدام از هم‌بسپارهای واکنش داده به طور جداگانه به ۱۲ میلی لیتر N و N-دی متیل فرمامید (DMF) افزوده و به طور کامل در دمای اتاق حل شد. محلول تهیه شده با سود ۰/۰۵ مولار در اتانول و با استفاده از ۵ تا ۶ قطره تیمول آبی به عنوان شناساگر، تیتراژ شد. تغییر رنگ محلول از زرد به سبز نشانه نقطه پایانی تیتراژ بود. مقدار

جدول ۳ فراورده‌های واکنش هم‌بسیار و هیدرازین در شرایط مشخص با نسبت‌های متفاوت

کد نمونه	نسبت مولی MA:HH	دمای واکنش (°C)	زمان واکنش (h)	گران‌روی نسبی (۲۵ °C)	حجم سود در تیتراژ (ml)
۵	۱:۱	۲۵	۴	۱,۷۲	۸,۶ ± ۰,۲
۱۲	۲:۱	۲۵	۴	-	-
۱۳	۴:۱	۲۵	۴	-	-
۱۴	۱:۳	۲۵	۴	۱,۱۹	۷,۵ ± ۰,۲
۱۶	۱:۲	۲۵	۴	۱,۲۲	۹,۱ ± ۰,۲

طیف FTIR فراورده

طیف‌های FTIR هم‌بسیار و فراورده‌ها در شکل ۳ آورده شده‌اند. پیک 1864 cm^{-1} که مربوط به CO انیدریدی است در طیف‌های مربوط به فراورده‌ها پس از واکنش حذف شده است. همچنین، پدیدار شدن پیک‌های 1664 cm^{-1} و 3435 cm^{-1} که مربوط به CO و NH آمیدی است به معنی واکنش هیدرازین با حلقه مالیک انیدرید است که منجر به باز شدن حلقه انیدرید می‌شود. از طرفی پهن شدن پیک‌های 1725 cm^{-1} و 1664 cm^{-1} که به ترتیب مربوط به CO و OH اسیدی است، گواه این نظر است.



شکل ۳ طیف‌های FTIR هم‌بسیار و فراورده‌ها

بررسی داده‌های CHNS

داده‌های مربوط به تجزیه عنصری هم‌بسیار واکنش داده با هیدرازین با نسبت‌های متفاوت هیدرازین در جدول ۴ آورده شده است. برپایه داده‌های جدول، وقتی هیدرازین به مقدار نصف نسبت استوکیومتری مالیک انیدرید افزوده می‌شود، مقدار تجربی اکسیژن در مقایسه با مقدار پیش‌بینی شده کمتر است. درحالی‌که به تقریب تمام نیتروژن ناشی از هیدرازین مصرفی وارد ترکیب شده است و مخلوط واکنش حالت ژل به خود می‌گیرد که دلیلی بر وجود پیوند عرضی است.

زمانی که هیدرازین به مقدار برابر با نسبت استوکیومتری مالیک انیدرید افزوده می‌شود، مقدار نیتروژن کمتر از مقدار پیش‌بینی شده است. به بیان دیگر، همه هیدرازین استفاده شده وارد ترکیب نمی‌شود. همچنین، همه گروه‌ها اسیدی نیستند و گاهی حلقه با نیتروژن هیدرازین بسته شده است. هنگامی که هیدرازین به مقدار دو برابر نسبت استوکیومتری مالیک انیدرید افزوده می‌شود نیز همه هیدرازین استفاده شده وارد نمی‌شود.

آزمون‌های خوردگی

برای اندازه‌گیری خوردگی و سرعت آن از اندازه‌گیری قطبش با روبش قطبش پتانسیودینامیک استفاده شد. این روبش به عنوان منحنی تافل نیز شناخته می‌شود که یک پتانسیل جاری و نشان‌دهنده واکنش‌های آندی و کاتدی در سلول الکتروشیمیایی است. سلول الکتروشیمیایی سه الکتروود دارد که جنس فلز الکتروودهای کار از گرافیت و یا پلاتین است و الکتروود دیگر الکتروود کالومل سیر شده و یا Ag/AgCl به عنوان الکتروود مرجع است. الکتروودهای کار جریان خوردگی را اندازه‌گیری می‌کند و الکتروود مرجع اندازه‌گیری و یا واپایش ولتاژ را بر عهده دارد. در واکنش آندی فلز اکسید و الکترون‌ها آزاد می‌شوند و به سمت کاتد حرکت می‌کنند و به آن‌ها می‌رسند. در کاتد اکسیژن و یون‌های هیدروژن کاهش می‌یابند. در ادامه جریان آندی و کاتدی ثبت مقدار سود مصرفی و جریان خوردگی و همچنین، پتانسیل خوردگی مشخص می‌شود. چون واکنش‌ها هم‌زمان رخ می‌دهند جریان منحنی از روی منحنی تافل نمایش داده می‌شود [۳۶ و ۳۷]. منحنی‌های تافل در شکل ۵ آورده شده‌اند و نتیجه‌های استخراج‌شده از آن‌ها در جدول‌های ۵ تا ۸ خلاصه شده‌اند.

در جدول‌های ۵ تا ۸ β_a و β_c به ترتیب شیب شاخه‌های آندی و کاتدی، E_{corr} SCE پتانسیل خوردگی پس نمونه‌ها، I_{corr} چگالی جریان خوردگی، R_p مقاومت پلاریزه شدن و %IE بازده بازدارندگی است که از معادله ۱ به دست می‌آید.

$$\%IE = 100 \times \theta \quad (1)$$

که در این معادله θ درجه پوشاندگی است و از معادله ۲ محاسبه می‌شود.

$$\theta = (I_{corr}^0 - I_{corr}) / I_{corr}^0 \quad (2)$$

در معادله ۲، I_{corr}^0 چگالی جریان خوردگی بدون بازدارنده و I_{corr} چگالی جریان خوردگی حاوی بازدارنده است. در کار پیشین

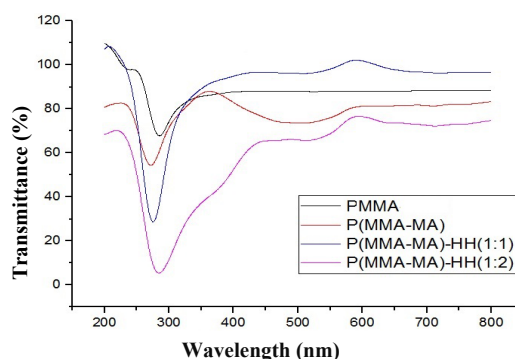
جدول ۴ تجزیه عنصری هم‌بسیار واکنش داده با هیدرازین با

نسبت‌های متفاوت

نمونه	N (wt. %)		H (wt. %)		C (wt. %)	
	پیش-تجربی	پیش-بینی	پیش-تجربی	پیش-بینی	پیش-تجربی	پیش-بینی
P(MMA-MA)-HH (2:1)	۵,۸۴	۵,۵۳	۶,۱۰	۵,۹۵	۵۱,۳۵	۵۳,۹۹
P(MMA-MA)-HH (1:1)	۱۰,۹۵	۷,۲۳	۶,۵۰	۵,۷۶	۴۸,۱۴	۵۴,۵۷
P(MMA-MA)-HH (1:2)	۱۵,۹۹	۱۲,۱۶	۶,۷۱	۶,۰۶	۴۶,۸۵	۴۷,۲۹

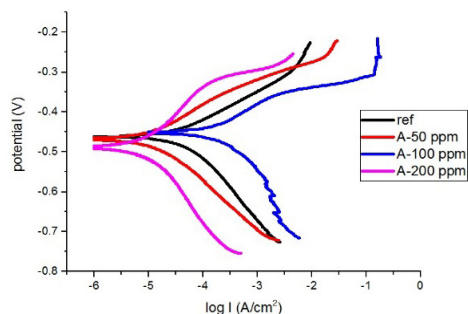
بررسی داده‌های عبور نور مرئی-فرا بنفش

طیف UV-Vis هم‌بسیار و فرآورده‌ها در شکل ۴ آورده شده که برپایه آن هم‌بسیار نسبت به PMMA پس از ۳۷۵ نانومتر (ناحیه مرئی) عبور نور کمتری دارد که با توجه به رنگی بودن آن قابل توجیه است اما زمانی که با هیدرازین به نسبت ۱ به ۱ واکنش می‌دهد عبور نور آن به قدری افزایش می‌یابد که از PMMA نیز بیشتر می‌شود و به ۹۶٪ می‌رسد. همین‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، افزایش بیشتر هیدرازین منجر به کاهش دوباره عبور نور و در نتیجه کاهش شفافیت فرآورده می‌شود.

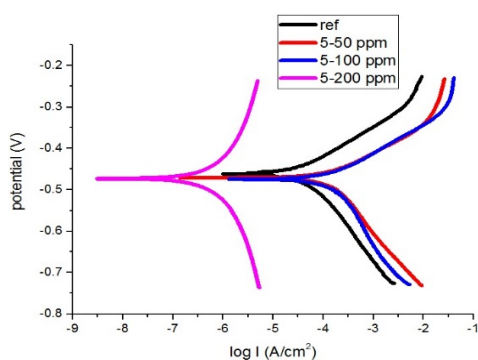


شکل ۴ طیف عبور UV-Vis از PMMA و هم‌بسیار و هم‌بسیار واکنش داده با هیدرازین

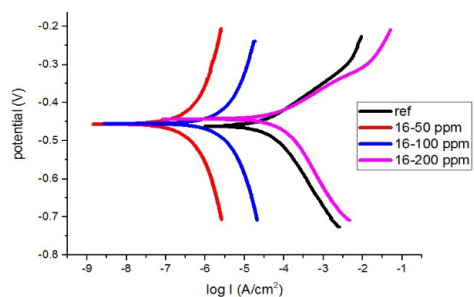
جریان خوردگی، با امتداد قسمت‌های خطی شاخه‌های آندی و کاتدی منحنی تافل، محل تقاطع این دو را پیدا می‌شود.



الف



ب



پ

شکل ۵ نمودار پلاریزه‌شدن نمونه‌های هم‌بسیار (الف)،

هم‌بسیار-هیدرازین (۱:۱) (ب) و هم‌بسیار-هیدرازین (۲:۱) (ج)

به‌طورکلی جریان خوردگی معیاری از سرعت خوردگی فلزهاست. برای محاسبه سرعت خوردگی از معادله ۳ استفاده می‌شود.

هم‌بسیارهایی با نسبت‌های متفاوت از متیل‌متاکریلات و مالئیک‌انیدرید تهیه شد و اثر بازدارندگی خوردگی آن‌ها نشان داد که افزایش غلظت بازدارنده منجر به افزایش بازده بازدارندگی می‌شود و بازده بازدارندگی بین ۳۸ تا ۷۴ درصد بود [۲۴]. اینجا نیز مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت بازدارنده در هم‌بسیار و هم‌بسیار واکنش داده با نسبت ۱ به ۱ هیدرازین، بازده بازدارندگی و مقاومت نسبت به خوردگی افزایش می‌یابد که این به معنی ایجاد پوششی از بازدارنده بر سطح فلز و جلوگیری از تماس مستقیم الکترولیت با سطح مشترک الکترولیت/ فلز است. در صورتی که در نمونه با درصد هیدرازین بالاتر با افزایش غلظت، بازده بازدارندگی و مقاومت نسبت به خوردگی کاهش می‌یابد. بازدهی ۹۷٫۹ درصد برای نمونه P(MMA-MA)-HH (1:1) با غلظت ۲۰۰ ppm و ۹۹٫۴ و ۹۶٫۶ درصد برای نمونه P(MMA-MA)-HH (1:2) با غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ ppm بازدارندگی قابل توجهی است. همچنین، نشان می‌دهد که افزایش هیدرازین منجر به افزایش قدرت بازدارندگی می‌شود. در کار دیگری که در سال ۲۰۱۹ توسط بیوکساجیس^۱ صورت گرفت، متیل‌متاکریلات با تکپارهای دیگر اکریلاتی هم‌بسیار شد که در آنجا نیز بازده بازدارندگی در آب مقطر بین ۵۱ تا ۹۲٪ بود [۳۴ و ۳۵]. از این رو، می‌توان گفت فرآورده افزودن هیدرازین به هم‌بسیار (متیل‌متاکریلات-مالئیک‌انیدرید) بازدارنده خوبی است که در محیط اسیدی نیز بازدارندگی به ۹۹٪ می‌رسد.

برپایه شکل ۵ و همچنین، مقادیر گزارش شده در جدول‌های ۵ تا ۸، تغییرها در شاخه‌های آندی و کاتدی قابل توجه است و بنابراین، بازدارندگی این سامانه را می‌توان به‌صورت مجموع در نظر گرفت. با این حال با افزایش غلظت بازدارنده‌ها و رفتن پتانسیل خوردگی نمونه‌ها به سمت شاخه کاتدی (تغییرهای شیب شاخه کاتدی نسبت به شاخه آندی بیشتر است)، می‌توان بازدارندگی کاتدی را در این نمونه‌ها به‌عنوان سازوکار بازدارندگی غالب در نظر گرفت. برای یافتن

50ppm کمترین سرعت خوردگی را دارند. یکی دیگر از عامل‌های قابل استخراج از منحنی‌های تافل مقاومت پلاریزه‌شدن (R_p) است که از معادله ۴ به دست می‌آید و بیانگر مقاومت سامانه در برابر خوردگی است.

$$R_p = \beta_a \beta_c / 2.3031 I_{corr} (\beta_a \beta_c) \quad (4)$$

$$CR = 0.0032 \times I_{corr} \times (M.W) / n \times d \quad (3)$$

که در این معادله CR سرعت خوردگی (mm/y)، I_{corr} چگالی جریان خوردگی ($\mu A/cm^2$)، $M.W$ جرم مولکولی ماده خورده شده (g/mole)، n تعداد بار منتقل شده در حین فرایند خوردگی و d چگالی فلز خورده شده (g/cm^3) است. نتیجه‌ها بیانگر آن است که نمونه‌های 5-200ppm و 16-

جدول ۵ نتیجه‌های فرآورده از آزمون پلاریزه‌شدن نمونه بدون بازدارنده

CR (mmy)	I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	R_p (kOhm.cm ²)	E_{corr} SCE (V)	$-\beta_c$ (v.dec ⁻¹)	β_a (v.dec ⁻¹)	نمونه
۱,۶۴	۲۳,۷۳	۰,۰۷۳	-۰,۴۷	۰,۰۶۸	۰,۰۵۹	Ref

جدول ۶ نتیجه‌های به دست آمده از آزمون پلاریزه‌شدن نمونه‌های هم‌بسیار (MMA-MA)

CR (mmy)	%IE	I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	R_p (kOhm.cm ²)	E_{corr} SCE (V)	$-\beta_c$ (v.dec ⁻¹)	β_a (v.dec ⁻¹)	نمونه‌ها
۰,۲۵۶	۳۸,۲۳	۲۲,۵۸	۰,۱۲۵	-۰,۴۴	۰,۱۰۱	۰,۰۶۲	A-50ppm
۰,۱۳۸	۶۶,۸۲	۱۲,۱۳	۰,۳۰۲	-۰,۴۵	۰,۱۳۲	۰,۰۶۴	A-100ppm
۰,۱۰۹	۷۳,۸۲	۹,۵۷	۰,۹۵۲	-۰,۴۷	۰,۱۷۲	۰,۱۲۲	A-200ppm

جدول ۷ نتیجه‌های به دست آمده از آزمون پلاریزه‌شدن نمونه‌های هم‌بسیار

P(MMA-MA)-HH (1:1)

CR (mmy)	%IE	I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	R_p (kOhm.cm ²)	E_{corr} SCE (V)	$-\beta_c$ (v.dec ⁻¹)	β_a (v.dec ⁻¹)	نمونه‌ها
۰,۵۰۵۹	۲۲,۲	۴۴,۶۶	۰,۰۳۷	-۰,۴۷	۰,۰۲۲۸	۰,۰۱۸۲	5-50ppm
۰,۵۵۴۸	۳۳,۹	۴۸,۹۸	۰,۰۳۷	-۰,۴۷	۰,۰۲۲۸	۰,۰۱۸۲	5-100ppm
۰,۰۰۸۸	۹۷,۹	۰,۷۷۶۲	۰,۸۸۷۵	-۰,۴۷	۰,۰۴۱۱	۰,۰۳۸۶	5-200ppm

جدول ۸ نتیجه‌های به دست آمده از آزمون پلاریزه‌شدن نمونه‌های هم‌بسیار

P(MMA-MA)-HH (1:2)

CR (mmy)	%IE	I_{corr} ($\mu A/cm^2$)	R_p (kOhm.cm ²)	E_{corr} SCE (V)	$-\beta_c$ (v.dec ⁻¹)	β_a (v.dec ⁻¹)	نمونه‌ها
۰,۰۰۲۷	۹۹,۴	۰,۲۳۵	۱,۸۳	-۰,۴۴	۰,۰۳۲۶	۰,۰۳۰۴	16-50ppm
۰,۰۱۴۲	۹۶,۶	۱,۲۵۷	۰,۳۰۳	-۰,۴۴	۰,۰۳۰۹	۰,۰۲۸۲	16-100ppm
۰,۱۹۲۳	۵۳,۶	۱۶,۹۸	۰,۰۳۲	-۰,۴۴	۰,۰۳۳۲	۰,۰۳۷۶	16-200ppm

آزمون کاهش وزن

ریخت‌شناسی سطح

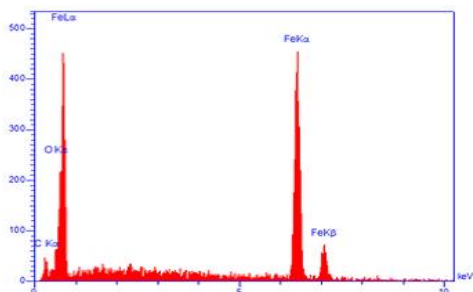
سطح نمونه‌های فولادی غوطه‌ور در محلول هیدروکلریک اسید حاوی و فاقد بازدارنده‌ها، با میکروسکوپ روبشی الکترونی گسیل میدان (FESEM) و همچنین، آزمون EDS بررسی و مقدار خسارات خوردگی نمونه‌ها و بازدهی مهارکننده‌ها به صورت کیفی تعیین شد (شکل ۶). در شکل ۶-الف مشاهده می‌شود که فولاد غوطه‌ور در محیط اسیدی فاقد بازدارنده به شدت مورد حمله عوامل خوردنده موجود در الکترولیت قرار گرفته و سطحی به طور کامل غیریکنواخت و زبر ایجاد کرده است. نبود ناچور اتم‌ها در بازدارنده (طیف EDS در شکل ۶-ب) و نبود فرآورده‌های جذب بازدارنده بر سطح فولاد، بیانگر نبود بازدارندگی در این نمونه است. با افزودن هم‌بسیار به عنوان بازدارنده به محلول (شکل ۷-الف) مشاهده می‌شود که نایکنواختی سطح کاهش یافته و سطح فولاد به نسبت صافتر شده است. این به معنای کاهش شدت حمله عوامل خوردنده به سطح فولاد به دلیل ایجاد لایه‌ای از فرآورده‌ها بر پایه بازدارنده مورد استفاده بر سطح الکتروود است. وجود پیک مربوط به عنصر اکسیژن افزون بر آهن و کربن در طیف EDS (شکل ۷-ب) موید جذب ترکیب بسیار بر سطح فولاد است. لایه تشکیل شده به دلیل ضخامت بسیار کم بازدارنده تا حدی فلز را از حمله عامل‌های خوردنده محافظت کرده است. در حضور بازدارنده‌های P(MMA-MA)-HH (1:1) و P(MMA-MA)-HH (1:2) با توجه به افزایش ضخامت لایه ایجاد شده و تشکیل فیلمی به نسبت متراکم بر سطح فولاد، بازده بازدارندگی افزایش یافته است. در شکل ۷-ب و ۷-ج تأثیر این فیلم‌ها بر سطح فلز قابل مشاهده است. وجود عنصر نیتروژن افزون بر عناصر آهن، کربن و اکسیژن در نمونه‌ها (شکل ۷-ت و ۷-د) و همچنین، افزایش میزان عناصر قطبی بیانگر تشکیل پوشش محافظ بر سطح فلز به صورت فیزیکی و شیمیایی است.

برای تعیین تأثیر بازدارنده‌های بسیار تهیه شده در میزان کاهش وزن فولاد در محلول ۰/۵ مولار کلریدریک اسید، نمونه‌های فلزی در ورق 1×2 سانتی‌متر مربع تهیه و سپس با کاغذ سنباده ۲۰۰۰، سنباده زده و با استون شسته و پس از خشک‌شدن، وزن و سپس، در محلول ۰/۵ M HCl و مقدار متفاوت بازدارنده انداخته شد. پس از ۲۴ ساعت ورقه‌های فلزی از محلول خارج و پس از شستشو و خشک‌شدن دوباره وزن شدند. همان‌طور که در جدول ۹ نمایش داده شده است، هم‌بسیارها بازدارندگی خوبی در محیط اسیدی از خود نشان دادند و موجب تقلیل مقدار کاهش وزن پس از یک شبانه روز شدند که بهترین عملکرد بازدارندگی و کمترین کاهش وزن، مربوط به هم‌بسیار P(MMA-MA)-HH (1:2) در غلظت ۵۰ppm و هم‌بسیار P(MMA-MA)-HH (1:1) در غلظت ۲۰۰ppm بود. در این نمونه‌ها به علت افزایش درصد نیتروژن در بسیار، جذب بسیار در سطح فلز افزایش یافته و مانند یک پوشش خوب عمل می‌کند.

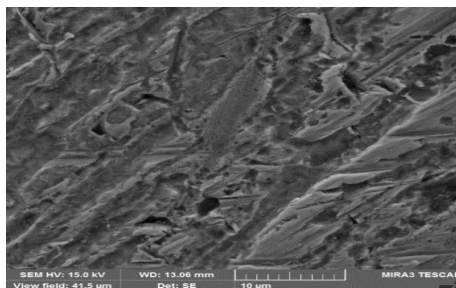
جدول ۹ درصد کاهش وزن فولاد کم کربنه در محلول

نیم مولار هیدروکلریک در حضور و عدم حضور بازدارنده‌ها در غلظت‌های متفاوت

بازدارنده (غلظت)	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	درصد کاهش وزن
-	۱,۱۱۱۸	۱,۰۰۱۷	9.9 ± 0.2
A (50ppm)	۱,۲۲۴۱	۱,۱۷۵۶	3.96 ± 0.2
A (100ppm)	۱,۷۵۵۲	۱,۱۳۹۷	3.1 ± 0.1
A (200ppm)	۱,۰۹۶۷	۱,۰۶۳۴	3.0 ± 0.1
۵ (50ppm)	۱,۰۴۹۳	۱,۰۰۴۳	4.3 ± 0.1
۵ (100ppm)	۱,۱۹۶۰	۱,۱۴۳۳	4.4 ± 0.2
۵ (200ppm)	۱,۲۹۶۸	۱,۲۶۲۸	2.6 ± 0.1
۱۶ (50ppm)	۱,۰۸۶۸	۱,۰۷۲۵	1.5 ± 0.1
۱۶ (100ppm)	۱,۲۱۶۲	۱,۱۸۳۲	2.7 ± 0.1
۱۶ (200ppm)	۱,۱۹۴۵	۱,۱۵۷۴	3.1 ± 0.1

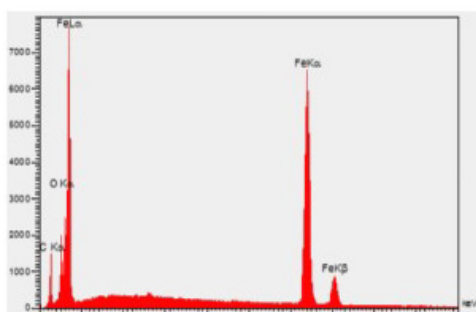


ب.

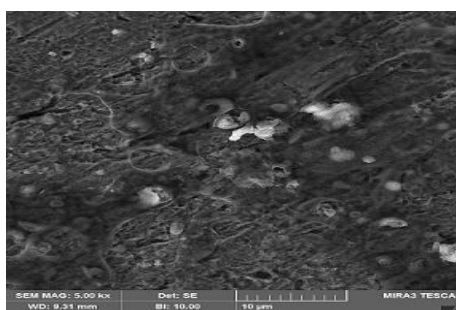


الف

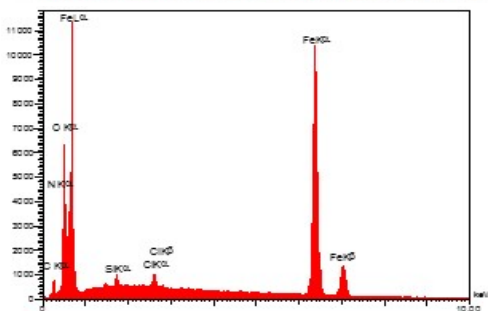
شکل ۶ تصویر FESEM (الف) و طیف EDS (ب) نمونه شاهد



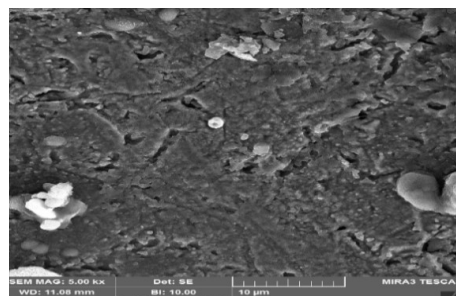
ب.



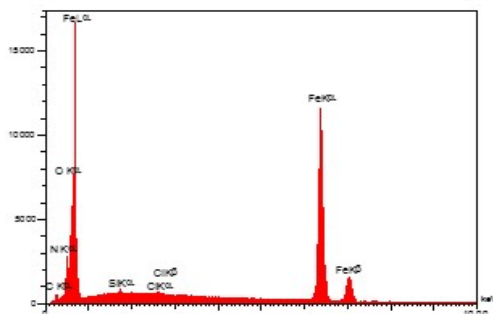
الف



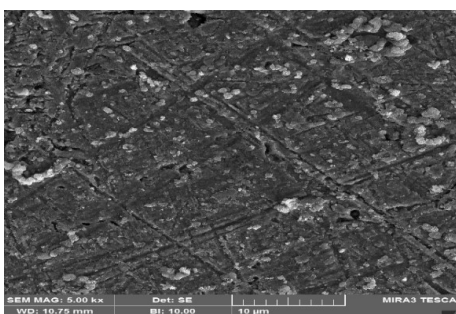
ج.



ب.



د.



ج.

شکل ۷ تصاویر میکروسکوپی SEM و طیف‌های EDS محلول حاوی بازدارنده P(MMA-MA) (الف و ب)، محلول حاوی بازدارنده P(MMA-MA)-HH (1:1) (پ و ت) و محلول حاوی بازدارنده P(MMA-MA)-HH (1:2) (ج و د)

نتیجه‌گیری

نسبت ۱ به ۱ هیدرازین و هم‌بسیار فرآورده حتی از پلی (متیل‌متاکریلات) هم شفافتر می‌شود و در ناحیه مرئی عبور نور آن به ۹۶ درصد می‌رسد. در خصوص بازدارندگی از خوردگی فولاد در محیط اسیدی باید متذکر شد که هم‌بسیار مانند پوشش مناسبی در سطح فولاد قرار گرفته و وقتی هم‌بسیار با هیدرازین واکنش داده است، ویژگی بازدارندگی از خوردگی نیز بهبود یافته است.

نتیجه‌های به‌دست‌آمده نشان از بهبود پایداری گرمایی هم‌بسیار (متیل‌متاکریلات-مالئیک‌انیدرید) نسبت به پلی (متیل‌متاکریلات) و هم‌بسیار واکنش داده با هیدرازین نسبت به هم‌بسیار دارد. رنگی بودن هم‌بسیار منجر به کاهش شفافیت و در نتیجه آن کاهش عبور نور در ناحیه مرئی نسبت به پلی (متیل‌متاکریلات) شده است که در اثر واکنش با هیدرازین در

مراجع

- [1] Ali, U.; Juhanni, K.A.K.; Buang, N.A.; *Polymer Reviews* 55(4), 678-705, 2015.
- [2] Zafar, M.S.; *Polymers* 12(10), 1-28, 2020.
- [3] Hungenberg, K.D. and Bandermann, F.; *Die Makromolekulare Chemie* 184(7), 1423-1439, 1983.
- [4] Araújo, E., Hage Jr, E. and Carvalho, A.; *Journal of applied polymer science* 90(10), 2643-2647, 2003.
- [5] Teodorescu, M.; *European polymer journal* 38(5), 841-846, 2002.
- [6] Wang, S.; Hu, J.; Gui, X.; Lin, S.; Tu, Y.; *Journal of The Electrochemical Society* 168(2), 020514, 2021.
- [7] Wu, Y.; Gao, J.; Fan, S.; Gu, Q.; Liu, Q.; Wang, Q.; Tang, X.; Fang, Q.; *European Polymer Journal* 156, 110609, 2021.
- [8] Xie, W.; Wang, B.; Liu, Y.; Wang, Q. and Yang, Z.; *Reactive and Functional Polymers* 153, 104631, 2020.
- [9] Al-Odayni, A.-B.; Saeed, W.S.; Ahmed, A.Y.B.H.; Alrahlah, A.; Al-Kahtani, A.; Aouak, T.; *Polymers* 12(1), 160-188, 2020.
- [10] Li, Y.; Guo, H.; *RSC Advances* 10(4), 1981-1988, 2020.
- [11] Popa, S.; Saeed, W.S.; Ahmed, A.Y.B.H.; Alrahlah, A.; Al-Kahtani, A.; Aouak, T.; *Polymer Bulletin* 78(12), 1-21, 2021.
- [12] Hemmati, K., Masoumi, A. and Ghaemy, M.; *Polymer* 59, 49-56, 2015.
- [13] Chopra, D.; Kontopoulou, M.; Vlassopoulos, D.; Hatzikiriakos, S.G.; *Rheologica acta* 41(1), 10-24, 2002.
- [14] Yilmaz, E.; *Journal of Applied Polymer Science* 138(40), 51745, 2021.
- [15] Atabaki, F.; Abdolmaleki, A.; Barati, A.V.; *Colloid and Polymer Science* 294(2), 455-462, 2016.
- [16] Jassim, I.K.; Mohammed, I.Y.; Salman, S.; 736, 42042-42054, 2020.
- [17] Hua, C.; Chen, K.; Wang, Z.; Guo, X.; *Progress in Organic Coatings*. 143, 105628, 2020.
- [18] Pastor, Y.; Orellana, J.; Pastor, J.; Calle, F.; *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research* 35(1), 27312, 2021.
- [19] Bacali, C.; Carpa, R.; Buduru, S.; Moldovan, M.L.; Baldea, I.; Constantin, A.; Moldovan, M.; Prodan, D.; Lucaciu, O.; Catoi, F.; *Nanomaterials* 11(7), 1643-1658, 2021.
- [20] Fatalla, A.A.; Tukmachi, M.S.; Jani, G.H.; *Materials Science and Engineering* 987, 1-9, 2020.
- [21] Shaari, H.A.H. et al., *Polymers* 13(12), 1939-1966, 2021.
- [22] Lupi, F.F.; Giammaria, T.J.; Seguini, G.; Ceresoli, M.; *ACS Applied Materials & Interfaces* 13, 1-40, 2021.
- [23] Li, C.P.; Tenent, R.C.; Wolden, C.A.; *Polymer Engineering & Science* 60(3), 553-557, 2020.

- [24] Atabaki, F.; Jahangiri, S.; Pahnavar, Z.; Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces 55(6), 1161-1172, 2019.
- [25] Lin, Y.; Singh, A.; Ebenso, E.E.; Wu, Y.; Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers 1040, 1-9, 2014.
- [26] Hamdy H.H.; Abdelghanib, E.; Amina, M.A.; Electrochimica Acta. 52, 6359-6366, 2007.
- [27] Parameswari K.; Chitra, S.; Selvaraj, A.; Brindha, S.; Menaga, M.; Portugaliae Electrochimica Acta. 30(2), 89-98, 2012.
- [28] Rahimi-Zinab, A.; Chaghazardi, M.; Rezaierod, A.; Journal of Applied Research in Chemistry 8(2), 65-75, 2014.
- [29] Rani, B.; Basu, B.B.J.; International Journal of corrosion 2012, 1-15, 2012.
- [30] Atabaki, F.; Jahangiri, Sh.; Journal of Applied research in chemistry 15(2), 44-61, 2021.
- [31] Sadiq, A.S.; Al-Tamimi, E.O.; Research Journal of Pharmacy and Technology 14(7), 3721-3726, 2021.
- [32] Li, X.-G. Wang, H.-Y.; Huang, M.-R.; Macromolecules 40(5), 1489-1496, 2007.
- [33] Lin, Y.; Singh, A.; Ebenso, E.E.; Wu, Y.; Zhu, C. and Zhu, H.; Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. 46, 214-222, 2015.
- [34] Büyüksağış, A., Çiçek, H.; Bütün, V.; Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces 55(5), 963-972, 2019.
- [35] Büyüksağış, A. Çiçek, H. and Bütün, V.; Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. 55(5), 951-962, 2019.
- [36] Yılmaz, N.; Fitoz, A.; Emregül, K.C.; Corrosion Science 111, 110-120, 2016.
- [37] Tiu, B.D.B.; Advincula, R.C.; Reactive and Functional Polymer 95, 25-45, 2015.

Effect of hydrazine hydrate on copolymer (methyl methacrylate-maleic anhydride) properties: thermal stability, transparency and corrosion inhibition

Fariborz Atabaki¹, Gholam Ali Koohmareh², Samira Sarikhani³

1. Associate Prof. of Organic Chemistry, College of Chemistry, Malek Ashtar University of Technology, Isfahan, Iran.
2. Associate Prof. of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Isfahan, Isfahan, Iran.
3. Ph.D Student of Organic Chemistry, College of Chemistry, Malek Ashtar University of Technology, Isfahan, Iran.

Abstract: In this study, first copolymer (methyl methacrylate-maleic anhydride) was synthesized and then it reacted with different amount of hydrazine hydrate. Primary copolymers and products were detected by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and nuclear magnetic resonance (NMR). The glass refractive temperatures (T_g) were determined by thermal decomposition (TGA-DSC). The results showed that copolymerization of methyl methacrylate with maleic anhydride increased the thermal stability of the polymer compared to poly(methyl methacrylate) also addition of hydrazine improved the thermal stability of the copolymer. The percentage of elements in the copolymer reacted with hydrazine was determined using elemental analysis (CHNS) and their transparency with the spectrum of light transmission in the visible-ultraviolet region showed that although copolymerization reduced the transparency and light transmission in the visible region but by increasing hydrazine not only this problem is removed but also makes the product more transparent than poly PMMA. Also Solutions with concentrations of 50 to 200 ppm of primary copolymer and two of the products were prepared and their inhibitory performance on corrosion of low carbon steel in 0.5 M hydrochloric acid (HCl) solution was investigated using potentiodynamic polarization, energy dispersive spectroscopy (EDS), and weight loss methods. The results confirm the increased corrosion inhibitory power of the copolymer in acidic environment.

Keywords: Poly (methyl methacrylate-co-maleic anhydride), Hydrazine hydrate, Corrosion inhibitor, Potentiodynamic polarization.