

سنتز و بررسی ویژگی هیبرید پلی یورتان پایه آبی/آکریلات با قابلیت کاربرد در روکش

غزل مینوفر^۱، هنگامه هنرکار^{۲*} و مهدی باریکانی^۳

۱- کارشناس ارشد، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، پژوهشکده علوم، گروه پلی یورتان و پلیمرهای پیشرفته، تهران، ایران

۲- استادیار، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، پژوهشکده علوم، گروه پلی یورتان و پلیمرهای پیشرفته، تهران، ایران

۳- استاد، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، پژوهشکده علوم، گروه پلی یورتان و پلیمرهای پیشرفته، تهران، ایران

دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۸، بازنگری: تیر ۱۳۹۸، پذیرش: شهریور ۱۳۹۸

چکیده: در این پژوهش، پلی یورتان پایه آبی و هیبرید آن با بوتیل آکریلات (نسبت وزنی ۷۰ به ۳۰) بر پایه مرکز یونی نمک سدیم N و N- به بیس (۲-هیدروکسی اتیل)-۲-آمینواتان سولفونیک اسید (BES) به روش پیش‌پیش‌سپار و در ادامه از طریق بسپارش رادیکالی سنتز شدند. برای اطمینان از سنتز پلی یورتان پایه آبی/آکریلات و همچنین، بررسی تفاوت ویژگی نمونه پلی یورتان پایه آبی خالص و هیبرید پلی یورتان پایه آبی/بوتیل آکریلات، آزمون‌های طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FT-IR)، طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته (HNMR)، تجزیه وزن‌سنجی گرمایی (TGA)، مقاومت در برابر پارگی (Tear)، مقاومت سایشی، مقاومت شیمیایی و تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) مورد بررسی قرار گرفتند. بررسی گروه‌های عاملی ساختارهای شیمیایی به دست آمده را تأیید کرد. همچنین، نتایج نشان داد که نمونه هیبریدی مقاومت گرمایی، مقاومت پارگی، مقاومت سایشی و مقاومت شیمیایی مطلوبی نسبت به نمونه خالص دارد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی پخش مناسب و سازگاری بین دو فاز آکریلات و پلی یورتان را به خوبی نشان داد. با توجه به نتایج به دست آمده نمونه هیبریدی سنتز شده قابلیت کاربرد به عنوان روکش را دارد.

واژه‌های کلیدی: هیبرید، پلی یورتان پایه آبی/آکریلات، مرکز یونی، روکش

مقدمه

بین گزینه‌های متفاوت برای جایگزینی حلال‌های خطرناک، آب بهترین گزینه است تا مقدار ترکیب‌های آلی فرار^۱ به صفر برسد. به این ترتیب، پلی یورتان‌های پایه آبی آسیب کمتری به محیط زیست می‌رسانند. پلی یورتان‌های پایه آبی برخلاف مزایایی مانند مقاومت سایشی، عدم سمی بودن و غیرقابل اشتعال بودن، انعطاف‌پذیری

در تهیه فراورده‌های پلی یورتانی مقدار زیادی حلال‌های آلی مصرف می‌شود. با توجه به آلاینده‌گی زیست‌محیطی این حلال‌ها، پلی یورتان‌های پایه آبی جایگزین پلی یورتان‌های پایه حلالی شده و مصرف آن‌ها رو به رشد است. در واقع برای کاهش آلودگی صنایع،

1. Volatile Organic Compounds. VOC

بخش تجربی

مواد شیمیایی

در این پژوهش، پلی E- کاپرولاکتون (جرم مولکولی ۲۰۰۰ g/mol) از شرکت Solvay UK، نمک سدیم N و N- به یس (۲-هیدروکسی اتیل)-۲-آمینواتان سولفونیک اسید، ۱ و ۴- بوتان دی ال (BDO) و هیدروکسی اتیل متاکریلات^۴ (HEMA) از شرکت مرک، ۴ و ۴-دی سیکلو هگزیل متان دی ایزوسیانات (H₁₂MDI)، کاتالیست DBTDL، تکیار آکریلاتی بوتیل آکریلات، پتاسیم پرسولفات و سدیم دودسیل سولفات از شرکت سیگما به کار گرفته شدند.

دستگاهها

طیف سنجی فروسرخ تبدیل فوریه با دستگاه LS101 ساخت شرکت BRUKER آلمان، رزونانس مغناطیسی هسته به کمک دستگاه Ultra Shield 400 MHz NMR ساخت شرکت BRUKER مدل Avance 400 MHz و روند تخریب و پایداری گرمایی با دستگاه DSC1 ساخت شرکت METTLER TOLEDO آلمان مورد بررسی قرار گرفتند. برای ریخت شناسی و بررسی ویژگی مکانیکی به ترتیب از دستگاههای VEGA3SBH ساخت شرکت Tescan جمهوری چک و STM20 ساخت ایران به کار گرفته شدند. همچنین، دستگاه SAT ساخت شرکت SANTAM ایران برای آزمون سایش به کار رفت.

روشها

تهیه پلی یورتان پایه آبی

برای سنتز نمونه پلی یورتان پایه آبی (WPU)^۵، یک راکتور ۲۵۰ میلی لیتری ته گرد ۴ دهانه مجهز به همزن مکانیکی، داماسنج، چکالنده و ورودی گاز نیتروژن و برای کنترل دما یک حمام روغن به کار گرفته شد. ابتدا، پلی کاپرولاکتون خشک در دمای ۸۰ °C وارد راکتور شد. سپس، H₁₂MDI و مقداری از کاتالیست قطره قطره با قطره چکان^۶ به مخلوط واکنش افزوده

و چسبندگی عالی به سطوح متفاوت، معایبی از جمله پایداری گرمایی ضعیف، مقاومت کم در محیطهای مرطوب و سختی کم در فیلم نهایی را دارند [۱ تا ۵].

برای بهبود این معایب، تغییراتی در ساختار پلی یورتانهای پایه آبی داده می شود. در این مقاله، اصلاح ویژگی با تکیار آکریلاتی بوتیل آکریلات و در نهایت سنتز هیبرید انجام شده است. آکریلاتها در برابر آب مقاومت خوبی دارند، ارزان قیمت هستند، ویژگی مکانیکی قابل تنظیم دارند اما در برابر سایش مقاومت کمی نشان می دهند. بنابراین، هیبرید نهایی پلی یورتان پایه آبی / آکریلات به دلیل اثر هم افزایی^۱، ویژگی مطلوب فیزیکی، شیمیایی و گرمایی را ایجاد می کند [۶ تا ۱۰].

کاربرد عمده هیبریدهای پلی یورتان پایه آبی/آکریلات در پوششهایی با ویژگی ضد خوردگی به ویژه در صنایع خودرو، چسب و چرم مصنوعی است [۱۱]. همچنین، در صنعت روکش به عنوان روکشهایی با ویژگی چسبندگی عالی به بسیاری از سطوح فلزی و پوششهایی مناسب برای چوب به کار می روند. از این مواد در صنعت کف پوش مانند کف پوشی سالنهای ورزشی نیز استفاده می شود [۱۲ تا ۱۶].

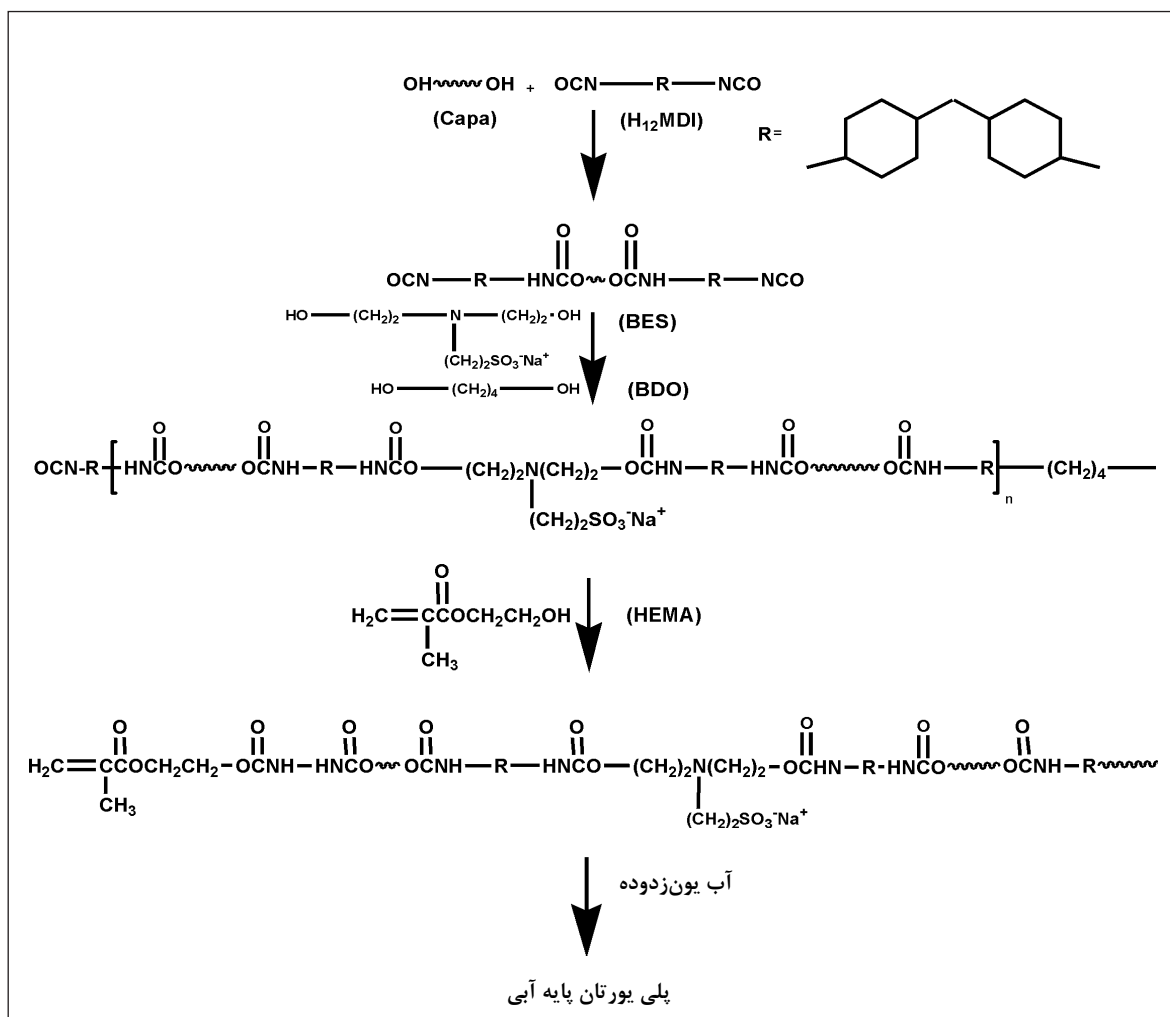
پلی یورتان طبیعت آب گریز دارد و در آب حل نمی شود. بنابراین، برای پراکنده کردن آن در آب باید ساختارش با یک مرکز یونی اصلاح شود. در این پژوهش، این کار با وارد کردن گروه یونی نمک سدیم N و N- به یس (۲-هیدروکسی اتیل)-۲-آمینواتان سولفونیک اسید (BES)^۲ انجام شد.

استفاده از مرکز یونی سولفوناتی به جای مرکز یونی پرمصرف کربوکسیلاتی، منجر به تقویت ویژگی نهایی خواهد شد. چون گروه SO₃⁻ Na⁺ در BES فعال تر از گروههای COO⁻ در مرکز یونی کربوکسیلاتی است. در واقع BES خود نمک اسید و باز قوی است و در محیط آبی به راحتی یونیزه می شود و نیازی به خنثی سازی در مرحله پایانی نخواهد بود [۱۷].

1. Synergistic effect 2. N,N-Bis(2-hydroxyethyl)-2-aminoethane sulfonic acid (BES) 3. 1,4 butanediol (BDO)
4. Hydroxyethyl methacrylate (HEMA) 5. Waterborne polyurethane (WPU) 6. Dropping funnel

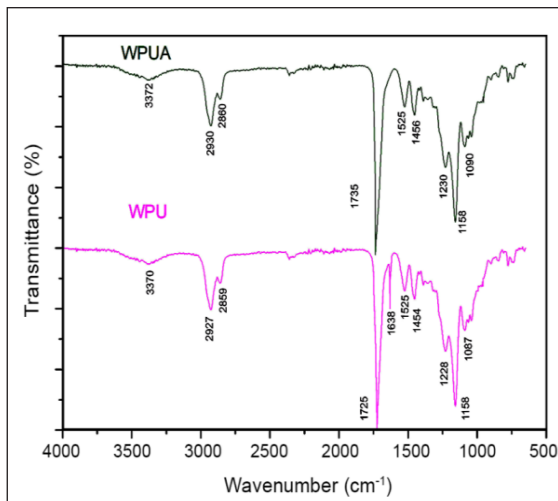
تهیه هیبرید پلی یورتان پایه آبی/ بوتیل آکریلات
 برپایه جدول ۱ سدیم دودسیل سولفات (SDS) و پتاسیم
 پرسولفات (KPS)، به ترتیب به عنوان نامیزه ساز^۳ و شروع کننده به
 پلی یورتان پایه آبی، در یک بالن سه دهانه ته گرد ۲۵۰ میلی لیتری،
 مجهز به کندانسور، ورودی گاز نیتروژن و قطره چکان در حمام
 روغن ۷۰ °C، وارد شدند. پس از ۱۵ دقیقه بوتیل آکریلات به

شد تا پس از ۴ ساعت پیش بسیاری با انتهای NCO تهیه شود.
 پس از آن، مخلوط تا ۶۰ °C سرد و BES و BDO به مخلوط
 واکنش افزوده شد. پس از گذشت ۴۵ دقیقه، HEMA قطره قطره
 به راکتور وارد شد و واکنش ۲ ساعت دیگر ادامه یافت. پس از
 آن، درحالی که مخلوط واکنش با سرعت همزن ۹۰۰ rpm همزده
 می شد، آب مورد نظر به آن افزوده شد (شکل ۱).



شکل ۱ طرحواره واکنش پلی یورتان پایه آبی با انتهای پیوند دوگانه

1. Sodium dodecyl sulfate 2. Potassium persulfate 3. Emulsifier



شکل ۲ طیف‌های FTIR نمونه‌های پلی‌یورتان پایه آبی خالص و هیبرید

مخلوط واکنش افزوده و دما تا 80°C افزایش یافت. پس از ۳ ساعت، هیبرید پلی‌یورتان پایه آبی/ بوتیل‌آکریلات با نسبت وزنی آکریلات/ یورتان پایه آب: $70/30$ به دست آمد. سپس، محتوی راکتور درون قالب ریخته شد و پس از گذشت ۳ روز در دمای اتاق، به مدت ۳ ساعت در آن معمولی با دمای 80°C قرار گرفت. در نهایت، فیلم به دست آمده در خشکانه^۱ (برای جلوگیری از جذب رطوبت) قرار گرفت.

جدول ۱ مقادیر مواد تشکیل دهنده هیبرید پلی‌یورتان پایه آبی/ بوتیل آکریلات

WPU/AC	WPU (g)	BA (g)	KPS (g)	SDS (g)
$70/30$	۷	۳	0.3	0.9

نتیجه‌ها و بحث

طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR)

در شکل ۲ مشاهده می‌شود که نوارهای جذب در گستره 2859 تا 2927 cm^{-1} در طیف پلی‌یورتان پایه آب خالص، مربوط به ارتعاش کششی متقارن و نامتقارن گروه‌های CH_2 است. جذب کششی C-O-C جزء نرم در 1228 cm^{-1} دیده می‌شود. براساس این آزمون، تکمیل فرایند بسپارش در پلی‌یورتان پایه آبی را با حذف نوار مربوط به NCO- در 2270 cm^{-1} می‌توان مشاهده کرد. نکته مهم این است که تمام نوارهای یادشده، در هیبرید ساخته شده نیز وجود دارد.

طیف نمونه هیبریدی نوار بسیار قوی در حدود 1735 cm^{-1} را نشان می‌دهد که مربوط به کشش $\text{C}=\text{O}$ کربونیل گروه‌های آکریلات است ولی نوار 1725 cm^{-1} در پلی‌یورتان پایه آب خالص مربوط به $\text{C}=\text{O}$ جزء سخت است. همچنین، این آزمون نشان می‌دهد که نوار مربوط به N-H هیبرید و پلی‌یورتان پایه آب خالص در گستره 3250 تا 3400 cm^{-1} است. از بین رفتن نوار 1638 cm^{-1} مربوط به $\text{C}=\text{C}$ ، بیان‌کننده تکمیل هم‌بسپارش بین WPU و تکپار آکریلاتی است [۱۸].

طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته (NMR)

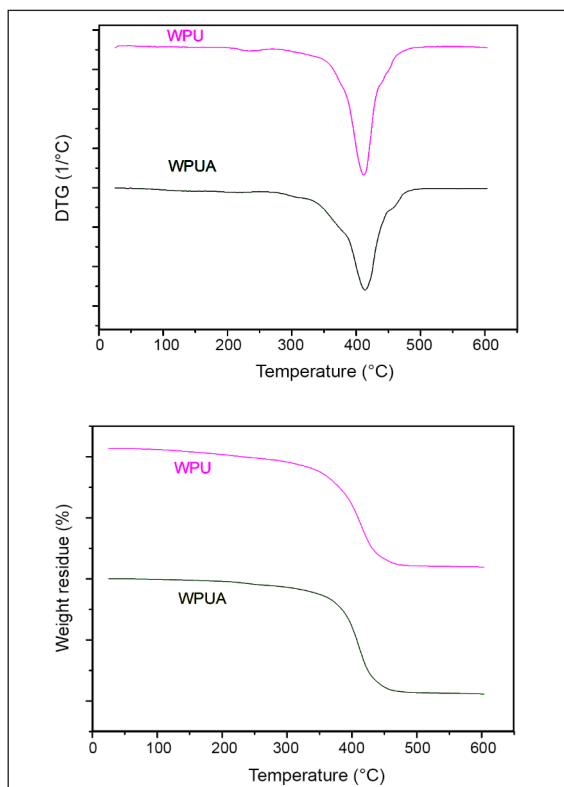
طیف به دست آمده از این آزمون با دی‌متیل سولفو کساید دوتره (DMSO-d_6) به عنوان حلال، ثبت شد. شکل ۳ طیف‌سنجی HNMR به دست آمده از دو نمونه پلی‌یورتان پایه آب خالص و نمونه هیبریدی پلی‌یورتان پایه آبی/ آکریلات را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، پیک‌های مشخصه گروه‌های متیلن مرکزی مربوط به پلی‌کاپرولاکتون در 1.7 تا 1.4 ppm و CH_2 های تکپار آکریلاتی در 1 تا 2 ppm قابل مشاهده است.

پیک 1.52 ppm مربوط به گروه CH_3 از HEMA است. CH_2O - پلی‌کاپرولاکتون در 2.26 ppm و CH_2 مربوط به ایزوسیانات در گستره 3.32 تا 3.49 ppm دیده شد که با پیک مربوط به CH_2 مرکز یونی در 3.43 ppm همپوشانی دارد. همچنین، CH_2O - متصل به گروه کربونیل یورتان در 3.97 ppm قابل مشاهده است. از طرفی، 3.07 تا 3.1 ppm و 3.64 تا 3.68 ppm مربوط به CH_2O - متصل به گروه کربونیل تکپار آکریلاتی است. CH_2O - مربوط به HEMA در 3.81 ppm و 3.68 ppm به ترتیب در طیف‌های نمونه خالص و نمونه هیبریدی قابل مشاهده

1. Desiccator

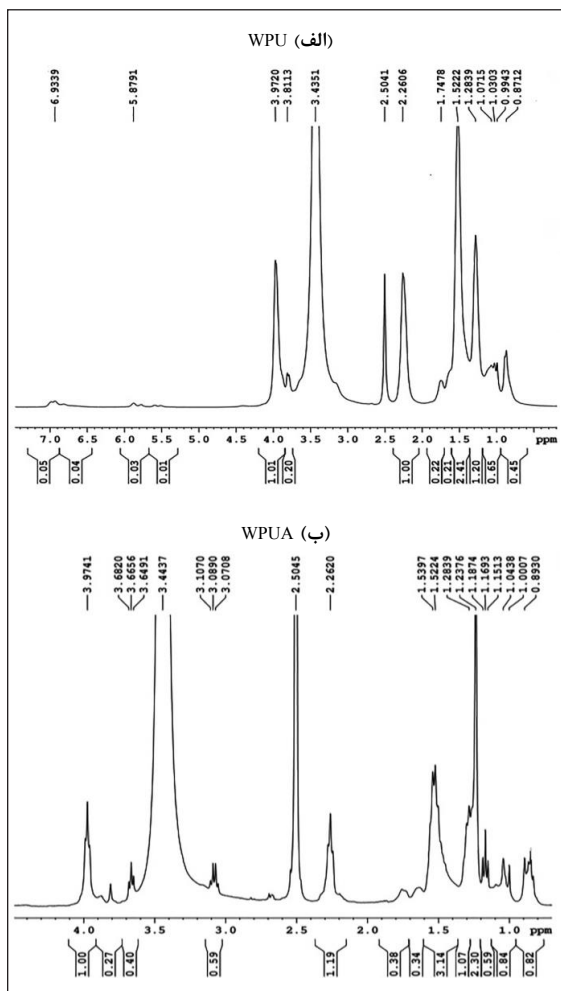
آزمون تجزیه وزن سنجی گرمایی (TGA)

برای بررسی روند تخریب و پایداری گرمایی نمونه‌ها از آزمون TGA استفاده شد. تخریب گرمایی نمونه‌ها با وزن حدود ۵ میلی‌گرم، تحت اتمسفر نیتروژن، با سرعت گرمادهی $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ و در گستره دمایی ۲۵ تا 600°C انجام گرفت. با توجه به شکل ۴، با افزودن تکپار آکریلات، پایداری گرمایی هیبرید نسبت به پلی‌یورتان پایه آبی خالص به دلیل پیوند شیمیایی افزایش یافته است. همچنین، می‌توان به هم‌افزایی ویژگی پلی‌یورتان پایه آبی و تکپار آکریلاتی اشاره کرد. از آنجا که تکپار آکریلاتی پایداری گرمایی خوبی دارد، در اثر هم‌بسپارش رادیکالی با پلی‌یورتان پایه آبی، پایداری گرمایی نمونه هیبریدی بهبود می‌یابد. در جدول ۲، دمای تجزیه اولیه ($T_{d,onset}$)، دمای تجزیه نیمی از ماده ($T_{d,1/2}$)، دمای بیش‌ترین تخریب ($T_{d,max}$) به ترتیب مقدار افت وزن ۵۰٪ و بیشینه را نشان می‌دهند. با توجه به جدول نیز بهبود پایداری گرمایی و افزایش دمای تخریب قابل مشاهده است.



شکل ۴ دما نداشت‌های TGA و DTG مربوط به نمونه‌های سنتز شده

است. در نمونه WPU، پیک‌های ۵,۸۷ ppm و ۶,۹۳ ppm به ترتیب مربوط به گروه وینیلی و NH پلی‌یورتانی است. در واقع، پیک ۵,۸۷ ppm در نمونه خالص پیوند دوگانه وینیلی را تأیید می‌کند. با توجه به اینکه این پیک در نمونه هیبریدی وجود ندارد می‌توان تکمیل فرایند هم‌بسپارش رادیکالی بین بسپار پایه آبی و تکپار آکریلاتی را نتیجه گرفت [۱۹ و ۲۰]. در ادامه باید گفت، پیک تیز ناحیه ۲,۵ ppm در هر دو نمونه سنتزی، مربوط به حلال DMSO است.



شکل ۳ طیف‌های رزونانس مغناطیسی هسته نمونه پلی‌یورتان پایه آبی (الف) و نمونه هیبرید پلی‌یورتان پایه آبی / آکریلات (ب)

جدول ۲ رفتار تخریب گرمایی نمونه‌ها

نمونه	T _{d, onset} (°C)	T _{d, ½} (°C)	T _{d, max} (°C)
WPU	۲۳۰	۴۰۷	۶۰۸
WPUA	۲۴۱	۴۱۱	۶۱۱

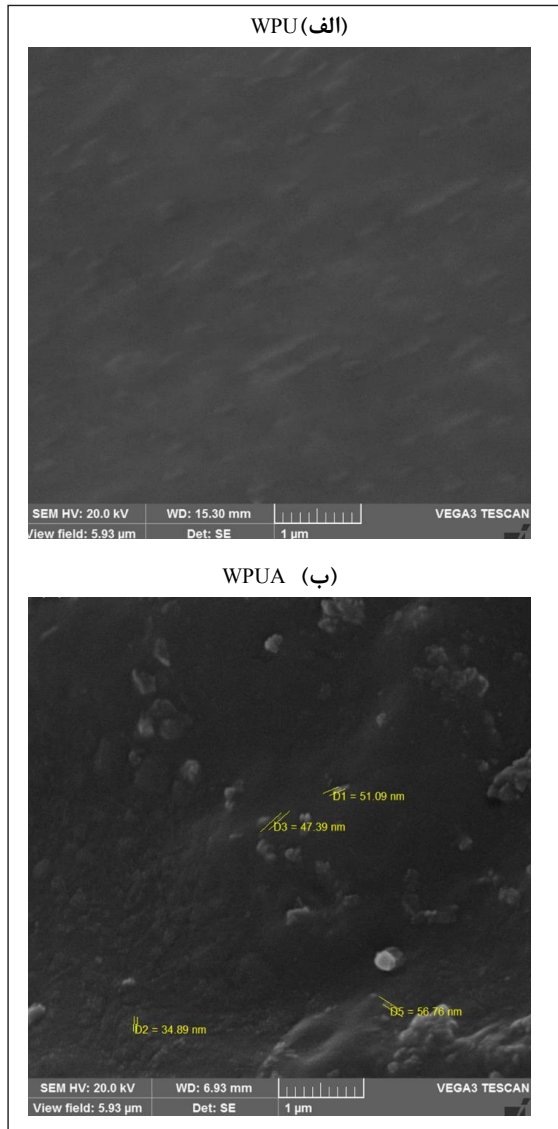
در تصویرهای SEM نیز مشاهده شد به دلیل پخش خوب و اندازه ذره‌های ریزتر بوتیل آکریلات در بستر پلی‌یورتان پایه آبی و همچنین، بیشتر شدن پیوندهای شیمیایی بین پلی‌یورتان پایه آبی و تکپار آکریلاتی، بهبود ویژگی مکانیکی دیده می‌شود. در جدول ۳ نتایج به دست آمده از این آزمون آمده است.

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه‌ها

تصاویر SEM نمونه پلی‌یورتان پایه آبی خالص و هیبرید پلی‌یورتان پایه آبی/آکریلات در شکل ۵ آورده شده است. با توجه به شکل‌های به دست آمده (۴-ا و ۴-ب)، می‌توان دریافت در نمونه هیبریدی، فاز تکپارهای آکریلاتی به شکل هسته در فاز پلی‌یورتان پایه آبی پراکنده می‌شود (قطره-بستر). لازم به یادآوری است تمامی اندازه‌های ذره‌ها در مقیاس نانو هستند و این درستی روند بسیارش در تشکیل هیبرید را تأیید می‌کند. با توجه به پژوهش‌های انجام گرفته [۲۱]، این نکته مهم قابل ذکر است که هرچه اندازه ذره‌ها ریزتر و پخش بهتر باشد، سازگاری بیشتر و در نتیجه ویژگی مطلوب‌تری به دست خواهد آمد. در واقع ذره‌های کمتر از ۲۰۰ nm فیلم بهتری ایجاد می‌کنند [۲۰]. در ادامه، در این پژوهش باید گفت که توزیع و اندازه ذره‌ها مطلوب بوده و به بهبود ویژگی کمک کرده است.

آزمون مقاومت پارگی (Tear)

برای تعیین مقاومت پارگی نمونه‌های سنتز شده، از منحنی نیرو-جابجایی (شکل ۵) به دست آمده از آزمون کشش استفاده شد. نمونه‌ها به شکل فیلم‌های مستطیلی با ابعاد ۵۰×۱۰ mm با ضخامت ۱ mm و با شکاف ۹۰° درجه تهیه شدند. این آزمون با سرعت ۲۰ mm/min و در دمای اتاق انجام شد. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، نمونه هیبرید پلی‌یورتان پایه آبی/آکریلات مقاومت پارگی بیشتری نسبت به نمونه خالص نشان می‌دهد. به‌طور کلی، ویژگی مکانیکی پلی‌یورتان‌ها به جرم مولکولی، پخش سخت، جدایی فازی، نیروهای بین‌مولکولی و اجزای تشکیل‌دهنده وابسته است [۲۲]. در واقع، همان‌طور که



شکل ۵ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه‌های سنتز شده پلی‌یورتان خالص (الف) و هیبرید (ب)

که در آن w_1 وزن اولیه نمونه و w_2 وزن نمونه متورم است.

جدول ۴ درصد تورم نمونه‌ها در دو محلول HCl و NaOH

محیط محلول		درصد تورم نمونه‌ها
NaOH	خالص	۱۶
	هیبرید	۱۳
HCl	خالص	۳۶
	هیبرید	۲۱

آزمون سایش^۱

بر پایه استاندارد DIN 53516 و ISO 4649، هر دو نمونه، با سرعتی ثابت (۴۰ rpm) در تماس با یک کاغذ سنباده که بر سطح یک سیلندر دوآر (با اندازه استاندارد) چسبانده شده، قرار گرفتند و پس از سایش در کورس استاندارد (۲۰ تا ۴۰ mm) کاهش جرم آن‌ها اندازه‌گیری (معادله ۲) و سپس، به‌عنوان نتیجه آزمون در مقایسه با نمونه مرجع در جدول ۵ گزارش شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در شرایط یکسان آزمون، نمونه هیبرید پلی‌یورتان پایه آبی / آکریلات نسبت به نمونه خالص مقدار سایش کمتری نشان می‌دهد. دلیل این موضوع هم‌افزایی^۲ ویژگی پلی‌یورتان پایه آبی و تکپار آکریلاتی است که با توجه به چسبندگی بیشتر دو فاز و برقراری پیوند شیمیایی محکم، مقدار هدر رفتن مواد در سطح مورد سایش، کاهش یافته است.

$$\left(\frac{w_1 - w_2}{w_1} \right) \times 100 \quad (2)$$

که در آن w_1 وزن اولیه نمونه و w_2 وزن نمونه پس از سایش است.

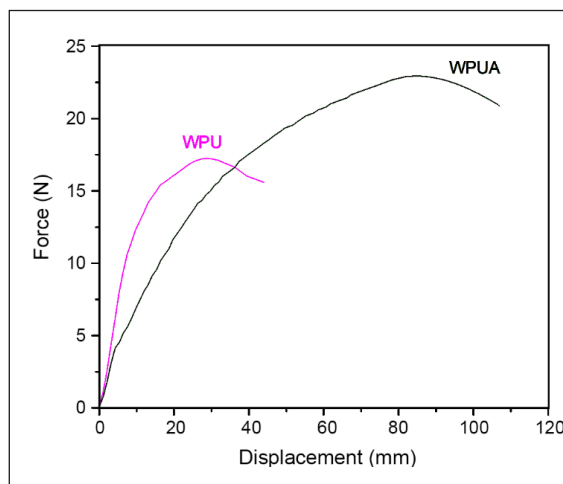
جدول ۵ مقاومت سایشی پلی‌یورتان پایه آبی و هیبرید پلی‌یورتان پایه آبی / آکریلات

کد نمونه	درصد سایش
WPUA	۱۵٫۸
WPU	۲۸٫۴

1. Abrasion 2. Synergistic effect

جدول ۳ مقاومت پارگی پلی‌یورتان پایه آبی و هیبرید پلی‌یورتان پایه آبی / آکریلات

کد نمونه	نیرو (N)	مقدار جابه‌جایی (mm)
WPUA	۲۲٫۵	۱۰۹٫۶
WPU	۱۷٫۶	۴۳٫۸



شکل ۶ منحنی نیرو-جابه‌جایی نمونه‌های سنتز شده

آزمون مقاومت شیمیایی (Chemical Resistance)

با توجه به استاندارد ASTM D-1308 نمونه‌های پلی‌یورتان پایه آبی و هیبرید پلی‌یورتان پایه آبی / آکریلات در محلول‌های HCl و NaOH به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند [۲۳]. پس از زمان گفته‌شده، با بررسی تورم هر دو نمونه مشاهده شد، نمونه هیبریدی تورم کمتری در هر دو محیط دارد. در واقع با هم‌افزایی ویژگی بین پلی‌یورتان پایه آبی و آکریلات، و بهبود پیوند شیمیایی بین اجزا [۶] در این نمونه، مقاومت شیمیایی افزایش می‌یابد. درصد تورم نمونه‌ها با معادله ۱ به‌دست آمد. در جدول ۴، مقدار تورم نمونه‌ها در دو محیط محلولی آورده شده است.

$$\left(\frac{w_2 - w_1}{w_1} \right) \times 100 \quad (1)$$

نتیجه گیری

آکریلاتی ویژگی بهبود می یابد. نمونه هیبریدی از لحاظ پایداری گرمایی بهتر از پلی یورتان پایه آبی خالص بود. همچنین، مقاومت پارگی، مقاومت شیمیایی و مقاومت سایشی نمونه هیبریدی نسبت به نوع خالص افزایش یافت، چون با افزودن بخش آکریلات، افزایش پیوند شیمیایی و به دنبال آن بهبود ویژگی مشاهده شد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روشی سازگاری دو فاز و پخش مطلوب فاز آکریلاتی را در پلی یورتان به خوبی تأیید کرد.

در این پژوهش، پلی یورتان پایه آبی و هیبرید آن با بوتیل آکریلات (نسبت وزنی ۷۰ به ۳۰) بر پایه مرکز یونی نمک سدیم $N-N$ به یس (۲-هیدروکسی اتیل)-۲-آمینواتان سولفونیک اسید به روش پیش بسپار و در ادامه از طریق بسپارش رادیکالی سنتز شدند. نتایج طیفسنجی و بررسی گروه‌های عاملی ساختار شیمیایی نمونه‌ها را تأیید کرد. همچنین، نتایج نشان داد که با افزودن تکپارهای

مراجع

- [1] Peruzzo, P.J.; Anbinder, P.S.; Pardini, O.R.; Vega, J.; Costa, C.A.; Galembeck, F.; Amalvy, J.I.; Progress in Organic Coatings 72, 429-437, 2011.
- [2] Sultan, M.; Bhatti, H.; Zuber, M.; Barikani, M.; Jamil, T.; Journal of the Chemical Society of Pakistan 36, 332-337, 2014.
- [3] Zhang, T.; Wu, W.; Wang, X.; Mu, Y.; Progress in Organic Coatings 68, 201-207, 2011.
- [4] Yi, T.; Ma, G.; Hou, C.; Li, S.; Zhang, R.; Wu, J.; Hao, X.; Zhang, H.; Journal of Applied Polymer Science 44488, 1-9, 2016.
- [5] Honarkar, H.; Journal of Dispersion Science and Technology 39, 507-516, 2018.
- [6] Sultan, M.; Bhatti, H.; Zuber, M.; Barikani, M.; Korean Journal of Chemical Engineering 30, 488-493, 2013.
- [7] Chattopadhyay, D.K.; Webster, D.C.; Progress in Polymer Science 34, 1068-1133, 2009.
- [8] Wu, D.; Qui, F.; Xu, H.; Zhang, J.; Yang, D.; Journal of Applied Polymer Science 119, 1683-1695, 2011.
- [9] Yu-hua, G.; Shu-cai, L.; Gao-sheng, W.; Wei, M.; Zhen, H.; Progress in Organic Coatings 74, 248-256, 2012.
- [10] Li, P.; Ren, H.; Qiu, F.; Xu, J.; Yu, Z.; Yang, P.; Xu, B.; Yan, J.; Yang, D.; Polymer-Plastics Technology and Engineering 53, 1408-1416, 2014
- [11] Minoofar, G.; Honarkar, H.; Barikani, M.; Iran Polymer Technology, Research and Development 3, 65-74, 2018.
- [12] Zheng, G.; Lu, M.; Rui, X.; Sun, Y.; Journal of Applied Polymer Science 135, 45783, 2018.
- [13] Zheng, G.; Lu, M.; Rui, X.; Sun, Y.; Iranian Polymer Journal 26, 753-763, 2017.
- [14] Yong, Q.; Nian, F.; Liao, B.; Guo, Y.; Liping, H.; Wang, L.; Pang, H.; Polymer Bulletin 74, 1061-1076, 2017.
- [15] Scrinzi, E.; Rossi, S.; Deflorian.; Zanella, C.; Progress in Organic Coatings 72, 81-87, 2011.
- [16] Huang, Z.G.; Shi, W.F.; European Polymer Journal 42, 1506-1515, 2006.
- [17] Honarkar, H.; Barmar, M.; Barikani, M.; Journal of Dispersion Science and Technology 37, 1219-1225, 2016.
- [18] Heping, X.; Dongya, Y.; Qing, G.; Yingying, W.; Wenling, W.; Fengxian, Q.; Poly-

- mer-Plastics
Technology and Engineering 51, 50-57,
2012.
- [19] Barikani, M.; Honarkar, H.; Monatshefte für
Chemie- Chemical Monthly 141, 653-659,
2010.
- [20] Yeh, J. M.; Yao, C.; Hsieh, Ch.; Lin, L.;
Chen, P.; Wu, J.; Yang, H.; Wu, Ch.; Euro-
pean Polymer Journal
44, 3046-3056, 2008.
- [21] Athawale, V.D.; Kulkarni, M. A.; Progress
in Organic Coatings 65, 392-400, 2009.
- [22] Mizra, K.; Ryszkowska, J.; Polymer Degrada-
tion and Stability 132, 21-31, 2016.
- [23] Patil, D.M.; Phalak, G.A.; Mhaske, S.T.;
Designed Monomers and Polymers 20, 269-
282, 2017.

Synthesis and characterization of waterborne polyurethane hybrid / acrylate for coating application

Ghazal Minoofar¹, Hengameh Honarkar^{2,*}, Mehdi Barikani³

1. M.S.c in Polyurethane and Advanced Polymers Department, Iran Polymer and Petrochemical Institute, Faculty of Science, Tehran, Iran
2. Assistant Prof. of Polyurethane and Advanced Polymers Department, Iran Polymer and Petrochemical Institute, Faculty of Science, Tehran, Iran
3. Full Prof. of Polyurethane and Advanced Polymers Department, Iran Polymer and Petrochemical Institute, Faculty of Science, Tehran, Iran

Received: April 2019, Revised: June 2019, Accepted: August 2019

Abstract: In this research, waterborne polyurethane and hybrid of waterborne polyurethane/butyl acrylate(70/30, w/w%) based on N,N-Bis(2-hydroxyethyl)-2-aminoethane sulfonic acid sodium salt were synthesized via prepolymer mixing method and radical copolymerization. The molecular structure of the samples were characterized by FTIR spectroscopy. For studying the properties of the samples, thermal stability, morphology, tear resistance, abrasion resistance, and chemical resistance were investigated. The results showed that with incorporation of butyl acrylate to polyurethane backbone, thermal stability, tear resistance, abrasion resistance and chemical resistance were improved. Also, SEM images indicated that a morphology with good dispersion and fine particles was obtained. This is due to good compatibility between acrylate and polyurethane phases. According to these results, the hybrid sample is good candidate for coating application.

Keywords: Hybrid, Waterborne polyurethane/acrylate, Ionic center, Coating