

سنتر و به کارگیری مشتق فسفوناتو کالیکس [۴] آرن به عنوان عامل پخش کننده مؤثر سیلیکا در آمیزه‌های لاستیکی پر شده با سیلیکا

نسرین همراهِ جو^۱، سعید تقوایی گنجه علی^{۲*} و رضا زادمرد^۳

۱. دانشجوی دکترای شیمی آلی، دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. استاد شیمی آلی، دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳. استاد شیمی آلی، پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران، تهران، ایران.

دریافت: آبان ۱۴۰۰ بازنگری: دی ۱۴۰۰ پذیرش: بهمن ۱۴۰۰



10.30495/JACR.2022.1945198.1988



20.1001.1.27835324.2023.17.1.6.4

چکیده

در این پژوهش، ساختار ۱۷،۲۳،۱۱،۵-تتراکیس(دی اتیل فسفوناتو)-۲۵،۲۶،۲۷،۲۸-تترابوتوکسی کالیکس [۴] آرن (CPD) سنتر و اثر آن به عنوان عامل کمک فرایند بر بهبود پراکنش سیلیکا در آمیزه رویه تایر سواری بررسی شد. برای این منظور آمیزه شاهد و همچنین، یک آمیزه دیگر حاوی CPD به عنوان عامل کمک فرایند به همراه سایر اجزای آمیزه کاری بر پایه دو کائوچوی SBR و PBR تهیه شد. پس از پخت، آزمون‌های مکانیکی شامل استحکام کششی و درصد ازدیاد طول تا نقطه پارگی و همچنین، آزمون SEM (میکروسکوپ الکترونی روبشی) انجام شد. با توجه به نتیجه‌های آزمون‌های کشش و شارش‌سنجی، تغییرهای قابل توجهی در این ویژگی‌ها مشاهده نشد. بررسی تصاویر SEM نشان داد که استفاده از CPD به عنوان عامل کمک فرایند تأثیر چشمگیری بر بهبود پراکنش سیلیکا در بستر بسیار در مقایسه با آمیزه شاهد داشت. بنابراین، با بهبود پراکنش سیلیکا، ویژگی فیزیکی مکانیکی آمیزه رویه تایر حاوی CPD بهبود و در نتیجه کارایی تایر افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: کالیکس [۴] آرن، پراکنش، سیلیکا، آمیزه رویه تایر، لاستیک.

مقدمه

رابری، سطح قطبی آن است که پراکندگی ذره‌های سیلیکا را در بستر لاستیکی چسبناک بسیار دشوار می‌کند و در نتیجه موجب تجمع این ذره‌ها و کاهش سطح ویژه خود می‌شود [۱۴ و ۱۵]. به‌طور کلی، ترکیب‌های رویه تایلر ESBR/BR پراکنده از دوده و سیلیکا را می‌توان در صنعت تایلر به کار برد، اما چالش اصلی، ارتقاء مثلث جادویی همراه با بهبود پراکنش ذره‌های سیلیکا در بستر لاستیکی است [۱۶]. یکی از متداول‌ترین روش‌ها برای بهبود این ویژگی، افزودن یک عامل کمک فرایند به آمیزه لاستیکی است. عوامل کمک فرایند که در ترکیب‌های رویه تایلر به کار می‌روند، موادی هستند که برای کمک به اختلاط، بهبود کشسانی و بهبود چسبندگی و کاهش انرژی مصرفی به آمیزه افزوده می‌شوند. کمک فرایندها می‌توانند برهم‌کنش بین رابر-پرکننده و پراکنش پرکننده‌ها را نیز بهبود دهند [۱۷]. کمک فرایندها شامل نرم‌کننده پیتایزر، صابون اسیدهای چرب، صابون استرهای چرب، روغن‌ها، رزین‌ها، بسپارهای مایع، واکس‌ها و برخی از عامل‌های پخت هستند.

کالیکس‌آرن نام گروه جدیدی از درشت‌حلقه‌ها است که حفره‌ای تشکیل شده از واحدهای فنلی دارد و با پل‌های متیلنی به یکدیگر پیوند شده‌اند [۱۸]. کالیکس‌آرن‌ها لبه بالایی، لبه پایینی و لبه میانی دارند. این ترکیب‌ها دارای ویژگی خاصی از جمله توانایی عامل دارشدن در هر دو لبه بالایی و پایینی بوده به گونه‌ای که اسکلت مولکولی کالیکس‌آرن‌ها را تبدیل به یک گیرنده مهم در تهیه مواد کرده و به‌عنوان گیرنده‌های ابرمولکولی برای بازشناختی مولکولی، حسگری و خود تجمعی، کاتالیستی، علوم نانو، دارورسانی و جداسازی کاربرد دارند [۱۹]. استفاده از مشتق‌های کالیکس [۴] آرن به‌عنوان جاذب پرکننده [۲۰]، رزین چسبناک‌کننده [۲۱] و انتخابگر [۲۲]، در صنعت لاستیک مطالعه شده‌اند. ملک زاده و همکارانش [۲۳] یک عامل جفت‌کننده سیلانی جدید بر پایه کالیکس‌آرن را معرفی کرده و اثر آن بر آمیزه رابری را بررسی کردند.

تایلر یکی از مهم‌ترین اجزای خودروی سواری، نقش بسیار مهمی در فرمان‌پذیری، ایمنی و راحتی سرنشینان آن ایفا می‌کند. بنابراین، طراحی آمیزه اجزای تشکیل‌دهنده آن بسیار پیچیده است. اتحادیه اروپا در تاریخ ۱ نوامبر ۲۰۱۲ قانونی در خصوص برچسب انرژی تایلر برپایه ویژگی‌های زیست‌محیطی و ایمنی تایلر که همان کاهش مصرف سوخت^۱ است، چنگزنی به سطح جاده خیس^۲ و میزان صدای تایلر^۳ برحسب دسی بل، معرفی کرده است [۱]. بر این اساس رویه تایلر^۴ یکی از مهم‌ترین قسمت‌های تایلر است که نقش کلیدی را در بهبود این سه عامل ایفا می‌کند. رویه تایلر، قسمت بیرونی تایلر است که با سطح جاده تماس دارد و از پوشش داخلی آن در برابر خطرهای جاده محافظت می‌کند. افزون بر شکل، عملکرد تایلر به‌شدت به ویژگی رویه تایلر بستگی دارد [۲]. بنابراین، تلاش‌های زیادی برای بررسی عامل‌های مؤثر بر عملکرد تایلر، برای مثال، فعال‌کننده‌ها [۳ و ۴]، پرکننده‌ها [۵ تا ۷] عوامل جفت‌کننده سیلانی [۸ و ۹]، کمک فرایندها [۱۰ تا ۱۲] انجام شده است.

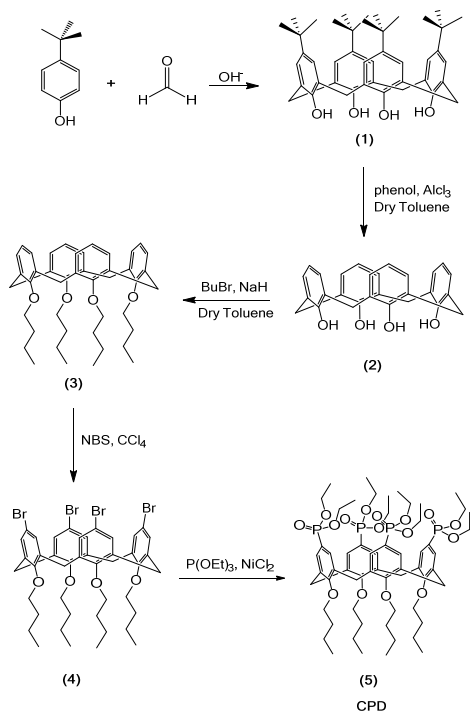
سیلیکا و دوده، از جمله پرکننده‌های تقویت‌کننده‌ای هستند که به‌طور گسترده در لاستیک استفاده می‌شود. به‌دلیل ویژگی‌های سطحی متفاوت، هر دو پرکننده می‌توانند متراکم شوند، اما علت چنین تجمعی یکسان نیست و منجر به تفاوت در توانایی پراکندگی می‌شود. برهم‌کنش پرکننده - پرکننده دوده به‌طور عمده از راه نیروهای به‌نسبت ضعیف واندروالس ایجاد می‌شود که می‌تواند به‌راحتی در طول اختلاط شکسته شود. در مقابل، تجمع سیلیکا به‌دلیل پیوند هیدروژنی افزون بر نیروهای واندروالس و سایر برهم‌کنش‌های فیزیکی است که منجر به برهم‌کنش پرکننده-پرکننده بسیار قوی‌تر می‌شود [۱۳]. مشکل اصلی سیلیکا به‌عنوان پرکننده در آمیزه‌های

1. Rolling resistance

2. Wet grip

3. Noise

4. Tread



شکل ۱ مراحل سنتز مشتق فسفوناتو کالیکس [۴] آرین

سنتز پارا ترشیو بوتیل کالیکس [۴] آرین (۱)

این ترکیب مطابق با روش گوتچه که پیش از این گزارش شده است، تهیه شد [۲۴]. در پایان بلورهای سفید و درخشان کالیکس [۴] آرین با بازده ۶۲٪ به دست آمد.

M.p.: ۳۴۲-۳۴۴ °C; ATR-FTIR (ν_{\max} , cm^{-1}): ۳۱۶۹, ۲۹۵۵, ۱۲۰۰, ۱۴۰۱; ^1H NMR (۴۰۰ MHz, CDCl_3 , $\delta(\text{ppm})$): ۱٫۲۱ (s, ۳۶H, $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$), ۳٫۵۱ (d, ۴H, ArCH_2Ar , J ۱۲٫۸ Hz), ۴٫۲۶ (d, ۴H, ArCH_2Ar , J ۱۲٫۸ Hz), ۷٫۰۶ (s, ۸H, Ar-H), ۱۰٫۳۴ (s, ۴H, OH); ^{13}C NMR (۱۰۰ MHz, CDCl_3 , $\delta(\text{ppm})$): ۳۱٫۳, ۳۲٫۴, ۳۴٫۰, ۱۲۶٫۲, ۱۲۸٫۴, ۱۴۴٫۵, ۱۴۶٫۶.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، تأثیر احتمالی کالیکس آرین به‌عنوان یک عامل کمک فرایند بر عملکرد رویه تاپر در پژوهش‌های اخیر بررسی نشده‌اند.

در این پژوهش، ابتدا ترکیب ۵، ۱۱، ۱۷، ۲۳، تتراکسیس (دی‌اتیل فسفوناتو)-۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸ تتراپوتوکسی کالیکس [۴]-آرین (CPD) سنتز شد و اثر آن به‌عنوان عامل کمک فرایند در آمیزه لاستیکی بر پایه SBR/BR به‌منظور بهبود پراکنش در آمیزه رویه تاپر بررسی شده است.

بخش تجربی

مواد مصرفی کائوچوی استایرن بوتادیان مورد استفاده، SBR 1502 ساخت پتروشیمی تخت جمشید و کائوچوی بوتادیان با همپار سیس بالا (۹۶٪) ساخت پتروشیمی اراک است. دوده نوع N-330 به‌عنوان پرکننده ساخت شرکت دوده پارس ایران و روغن آروماتیک به‌عنوان نرم‌کننده متعلق به شرکت ایرانول بود. روی اکسید ساخت شرکت شکوهیه ایران و استتاریک اسید از شرکت Acidchem کشور مالزی به‌عنوان فعال‌کننده، تهیه شدند. TMQ به‌عنوان پاداکسنده، CBS و DPG به‌عنوان شتاب‌دهنده، و گوگرد معمولی به‌عنوان عامل ایجاد پیوندهای عرضی ساخت شرکت Taizhou Huangyan Donghai Chemical چین بودند. سیلیکای مصرفی به‌عنوان پرکننده تقویت‌کننده، متعلق به شرکت Evonik آلمان، TESPT^۱ مورد استفاده متعلق به شرکت Shin-Etsu ژاپن و پارافین وکس به‌عنوان پاداوزون متعلق به شرکت Acidchem کشور مالزی بودند. تاخیرانداز PVI نیز از شرکت Changde Dingyuan چین خریداری شد. سنتز مشتق CPD برپایه روش ارائه‌شده در بخش سنتز، انجام شد. همه مواد و حلال‌های مورد استفاده در این سنتز از شرکت مرک آلمان تهیه شدند. مراحل سنتز مشتق فسفوناتو کالیکس [۴] آرین از پارا ترشیو بوتیل فنل در شکل ۱ آورده شده است.

1. Bis(3-(triethoxysilyl)-propyl) tetrasulfide (TESPT)

سنتز کالیکس [۴] آرن (۲)

۳۳/۳ گرم پارترشیوبوتیل کالیکس [۴] آرن (۱)، ۲/۲۵ گرم فنل و ۳/۵ گرم آلومینیم کلرید در ۳۰ میلی لیتر حلال تولوئن خشک و در دمای اتاق به مدت ۱/۵ ساعت به شدت هم زده شد (آزاد شدن گاز بوتن). برای به دست آوردن فراورده، محلول نارنجی به دست آمده با ۱۲/۵ میلی لیتر کلریدریک اسید ۱ نرمال (گرمازا) شسته و فاز آلی به دست آمده با نمک سدیم سولفات خشک شد. پس از تقطیر حلال، جامد قرمز رنگی به دست آمد و در حداقل حلال حل شد. پس از افزودن متانول رسوب سفید با بازده ۵۱٪ به دست آمد [۲۵].

M.p.: ۳۱۳-۳۱۶ °C; ¹H NMR (۵۰۰ MHz, CDCl₃, δ(ppm)): ۳/۴۷ (d, ۴H), ۴/۱۵ (d, ۴H), ۶/۶۸ (t, J ۱۰/۸ Hz, ۴H), ۶/۹۹ (d, J ۱۱/۲ Hz, ۸H), ۱۰/۱۲ (s, ۴H, OH).

سنتز ۲،۶،۲۶،۲۸ تترابوتوکسی کالیکس [۴] آرن (۳)

۲ گرم سدیم هیدرید ۶۰٪ در روغن معدنی با ۴۰ میلی لیتر هگزان خشک شسته و سپس ۸۰ میلی لیتر تولوئن خشک و ۱/۰۶ گرم کالیکس [۴] آرن (۲) به آن افزوده شد. مخلوط واکنش به مدت ۲ ساعت در دمای ۷۵ °C به مدت یک ساعت هم زده شد و در نهایت ۱۰/۲۵ گرم n-برموبوتان قطره قطره افزوده و ۲۴ ساعت در این دما بازروانی شد. پس از تبخیر حلال، مخلوط به دست آمده با سوانگاری با حلال پترولیوم اتر / اتیل استات (۱٪) با بازده ۳۳٪ جداسازی شد [۲۶].

¹H NMR (۳۰۰ MHz, CDCl₃, δ(ppm)): ۰/۹۲ (t, J ۱۱/۲ Hz, ۱۲H), ۱/۳۹ (m, J ۱۱/۷ Hz, ۸H), ۱/۸۲ (m, J ۱۱/۵ Hz, ۸H), ۳/۱۰ (d, J ۱۳/۰ Hz, ۴H), ۳/۸۱ (t, J ۱۱/۲ Hz, ۸H), ۴/۴۰ (d, J ۱۲/۹ Hz, ۴H), ۶/۵۲ (m, ۸H).

سنتز ۵، ۱۱، ۱۷، ۲۳ تترابرمومو (دی اتیل فسفوناتو)-۲۵، ۲۶، ۲۷،

۲۸ تترابوتوکسی کالیکس [۴] آرن (۴)

۱/۸۲ گرم از ترکیب ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸ تترابوتوکسی کالیکس [۴] آرن (۳) و ۲/۲۵ گرم از NBS در ۶۰ میلی لیتر تتراکلرید کربن هم زده شد و سپس، ۲۴ ساعت تحت نور مستقیم لامپ قرار گرفت و بازروانی شد. رسوب سوکسینید شناور بر محلول صاف و حلال تتراکلرید تقطیر شد. جامد نارنجی باقیمانده در هگزان/اتیل استات (۲۰:۱) حل و تحت گرما یک ساعت بازروانی شد. محلول داغ صاف و ماده اولیه جدا شد. در نهایت مخلوط فراورده در حلال پترولیوم اتر/ اتیل استات (۲٪) با بازده ۱۷٪ جداسازی شد [۲۷].

C_{۴۴}H_{۷۶}O_۴Br_۴; Molecular Weight: ۱۰۸۰/۲۴; m.p.: ۱۸۰-۱۸۲ °C; ¹H NMR (۳۰۰ MHz, CDCl₃, δ(ppm)): ۰/۹۴ (t, J ۱۰/۸ Hz, 12H), ۱/۳۹ (m, J ۶/۶ Hz, ۸H), ۱/۸۱ (m, J ۶/۸ Hz, ۸H), ۳/۰۹ (d, ۴ J ۱۳/۸ Hz, H), ۳/۸۱ (t, J ۱۱/۱ Hz, ۸H), ۴/۳۵ (d, J ۱۳/۸ Hz, ۴H), ۶/۷۳ (s, ۴H).

سنتز ۵، ۱۱، ۱۷، ۲۳ تتراکسیس (دی اتیل فسفوناتو)-۲۵، ۲۶، ۲۷،

۲۸ تترابوتوکسی کالیکس [۴] آرن (CPD)

۰/۵۲ گرم (۰/۵ میلی مول) ترکیب ۵، ۱۱، ۱۷، ۲۳ تترابرمومو (دی اتیل فسفوناتو)-۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸ تترابوتوکسی کالیکس [۴] آرن (۴)، ۰/۰۳ گرم (۰/۲۵ میلی مول) نیکل کلرید را در ۳ میلی لیتر حلال بنزونیتریل تحت گاز آرگون حل کرده و به دمای ۱۸۰ °C رسانده شد. سپس ۰/۷ گرم (۰/۸۳ میلی مول) P(OEt)₃ به آهستگی به مخلوط واکنش افزوده شد. در نهایت به مدت ۱ ساعت مخلوط واکنش هم زده و بازروانی شد. پس از محیط رسانده و سپس با ۱۰۰ میلی لیتر حلال تولوئن رقیق شد. فاز آلی ۵ مرتبه با محلول آبی آمونیاک ۵٪ شسته شد. فاز آلی جمع آوری و با منیزیم سولفات خشک و بنزونیتریل با دستگاه

تهیه آمیزه‌های لاستیکی

در این پژوهش، دو آمیزه لاستیکی تهیه شد که فرمول بندی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. اختلاط آمیزه‌های لاستیکی با میل دو غلتکی بر پایه استاندارد ASTM D3182 و با مقیاس آزمایشگاهی است.

جدول ۱ فرمول بندی آمیزه‌های لاستیکی

نام آمیزه		اجزای آمیزه کاری phr*
A	B	
۳۰	۳۰	پلی بوتادی ان BR
۷۰	۷۰	استایرن بوتادی ان SBR
۴۵	۴۵	دوده N330
۲۰	۲۰	سیلیکا
۱	۱	سیلان (TESPT)
۳	۳	روی اکسید
۲	۲	استناریک اسید
۱٫۶	۱٫۶	گوگرد
۲	۲	P-Wax
۱٫۵	۱٫۵	IPPD
۱	۱	TMQ
۳۷	۳۷	روغن آروماتیک
۱٫۴	۱٫۴	CBS
۲	۲	DPG
۰٫۳	۰٫۳	PVI
-	۲	CPD

*Phr: قسمت به ازای صد قسمت کائوچو BR/SBR

نتیجه‌ها و بحث

آزمون شارش‌سنجی

آزمون شارش‌سنجی برای بررسی ویژگی‌های شارش‌شناسی آمیزه‌های لاستیکی از زمان شروع پخت تا پخت نهایی انجام می‌گیرد. نتیجه‌های به‌دست آمده از این آزمون روی آمیزه شاهد و آمیزه حاوی مشتق CPD در جدول ۲ نشان داده شده است.

تبخیر چرخان، تبخیر شد. آن‌چه باقی ماند با ستون سوانگاری و حلال ۱:۱ اتیل استات/متانول خالص شد. به این ترتیب مقدار ۳۸۰ میلی‌گرم با بازده ۶۲٪ از فراورده ۵ به‌دست آمد [۲۸].

$C_6.H_{16}.O_{16}.P_4$; Molecular Weight: ۱۱۹۳٫۲۶; mp: ۱۵۴-۱۵۶°C; 1H NMR (۵۰۰ MHz, DMSO, δ (ppm)): ۰٫۹۰ (t, J ۱۳٫۲ Hz, 12 H), 1.09 (t, J 7.0 Hz, 24 H), ۱٫۴۰-۱٫۴۵ (m, J ۷٫۶ Hz, ۸ H), ۱٫۸۶-۱٫۹۳ (m, J ۷٫۶ Hz, ۸ H), ۳٫۴۱ (d, J ۱۲٫۹ Hz, ۴ H), ۳٫۶۷-۳٫۷۹ (q, J ۷٫۰ Hz, ۱۶ H), ۳٫۹۴ (t, J ۷٫۵ Hz, ۸ H), ۴٫۳۴ (d, J ۱۲٫۸ Hz, ۴ H), ۷٫۱۷ (d, J_{P-H} ۱۳٫۲ Hz, ۸ H); ^{13}C NMR (۷۵ MHz, DMSO), δ (ppm): ۱۴٫۲۰, ۱۶٫۳۴ (d, J ۵٫۶۵ Hz), ۱۹٫۱۱, ۳۰٫۰۶, ۳۲٫۱۰, ۶۱٫۷۶ (d, J ۵٫۶۶ Hz), ۷۳٫۵۹, ۱۲۰٫۹۶, 123.481۲۳/۴۸, ۱۳۲٫۰۹ (d, J ۱۰٫۷۴ Hz), ۱۳۴٫۷۵ (d, J ۱۵٫۸۲ Hz), ۱۵۹٫۵۸ (d, J ۳٫۹۶ Hz); ^{31}P NMR (۸۱MHz, DMSO), δ (ppm): ۲۳٫۸۰; MS (FD): m/z = ۱۲۱۵ (M⁺Na⁺); Anal. Calc. for. $C_6.H_{16}.O_{16}.P_4$: C ۶۰٫۳۹, H ۷٫۷۷; found: C ۶۱٫۱۳, H ۷٫۸۳%.

دستگاه‌ها و آزمون‌ها

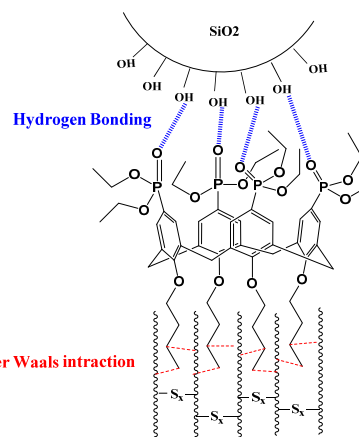
برای مخلوط‌سازی آمیزه، میل دو غلتکی آزمایشگاهی مدل SYM-8 ساخت چین برپایه استاندارد ASTM D3182 به‌کارگرفته شد. ویژگی‌های شارش‌سنجی با دستگاه شارش‌سنج MDR 2000 ساخت شرکت HIWA برپایه استاندارد ASTM D5289 بررسی شد. آزمون کشش با دستگاه Universal Testing Machine ساخت شرکت Testometric برپایه استاندارد ASTM D412 (Die C) انجام گرفت. مقدار پراکنش پرنکنده با میکروسکوپ الکترونی روبشی Philips-XL 30 ساخت هلند در ولتاژ ۲۵ کیلوولت بررسی شد.

CPD با ایجاد پیوند با سیلیکا از طریق لبه بالایی کالیکس آرن و پیوند واندروالس مناسب با بستر کشپاری از راه لبه پایینی کالیکس آرن (شکل ۲) بیشترین چگالی پیوندهای عرضی را دارد.

زمان پخت آمیزه (Tc90) یکی از مهم‌ترین عامل‌ها در پخت آمیزه لاستیکی است که بیانگر مدت زمانی است که آمیزه به ۹۰٪ حالت پخت کامل خود می‌رسد، در آمیزه B کاهش یافته است. این امر در صنعت لاستیک بسیار مطلوب است، زیرا موجب کاهش انرژی مصرفی و زمان پخت می‌شود.

عامل TS₂ بیانگر زمان برشته‌گی آمیزه است و در آمیزه B در مقایسه با آمیزه شاهد کاهش یافته که نشان‌دهنده اثر CPD بر تعامل مثبت با شتاب‌دهنده است و منجر به شروع زودتر فرایند ولکانیزاسیون می‌شود.

عامل CRI بیانگر شیب سرعت پخت است و در آمیزه B کاهش یافته است. CPD به دلیل برهم‌کنش با سیلیکا موجب دشوار شدن حرکات زنجیره‌ها و در نتیجه پایین آمدن عامل CRI می‌شود و بیانگر این است که گشتاور و زمان بیشتری برای پخت زنجیره‌های بسیار مورد نیاز است.



شکل ۲ برهم‌کنش CPD از لبه پایینی آن با کشپار (برهم‌کنش واندروالس، برهم‌کنش آب‌گریز) و از لبه بالایی آن با گروه‌های هیدروکسیل سطح سیلیکا (پیوند هیدروژنی، برهم‌کنش آب‌دوست)

عامل MH-ML که بیانگر تغییرهای گشتاور آمیزه در حین پخت و چگالی پیوندهای آمیزه است، برای آمیزه B بیشتر از آمیزه شاهد است که این امر به پراکندگی بهتر مواد شیمیایی ترکیب B به دلیل حضور CPD به عنوان عامل کمک فرایند مربوط می‌شود. آمیزه B با توجه به رفتار ساختاری دوگانه

جدول ۲ داده‌های آزمون شارش‌سنجی* آمیزه‌های لاستیکی

نام آمیزه	گشتاور کمینه (dN.m)	گشتاور بیشینه (dN.m)	دلتای گشتاور (dN.m)	زمان پخت (Min)	زمان برشته‌گی (Min)	سرعت پخت (Min ⁻¹)
A	۱,۳۴۳ ± ۰,۲۱۳	۷,۵۷۰ ± ۰,۱۲۱	۶,۲۲۷ ± ۰,۲۳۴	۱۳,۶۷۲ ± ۰,۲۲۳	۷,۰۶ ± ۰,۲۱۱	۱۵,۱۲۵ ± ۰,۴۴۴
B	۱,۶۵۵ ± ۰,۱۲۱	۸,۵۵۳ ± ۰,۱۴۵	۶,۸۹۷ ± ۰,۰۲۷	۱۳,۳۶۸ ± ۰,۳۳۳	۵,۹۵۹ ± ۰,۲۳۴	۱۳,۴۹۶ ± ۰,۳۸۲

* Rheometry

داده است. استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه پارگی آمیزه B نسبت به آمیزه شاهد افزایش یافته است. همچنین، مدولوس ۱۰۰٪ و مدولوس ۳۰۰٪ در مقایسه با آمیزه شاهد کاهش داشته است که این می‌تواند به دلیل تأثیر CPD بر رفتار الاستومر-پرکننده باشد که به دلیل انعطاف‌پذیری ساختاری بالای آن است.

سال هفدهم، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲

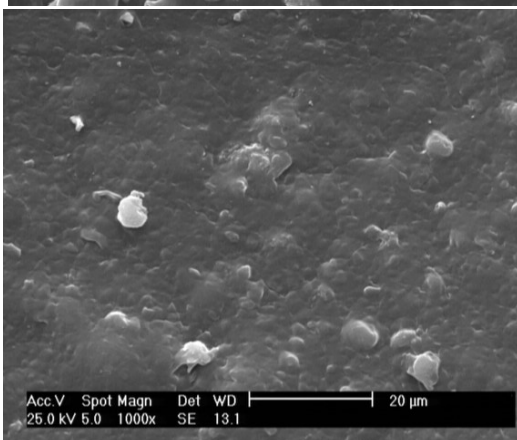
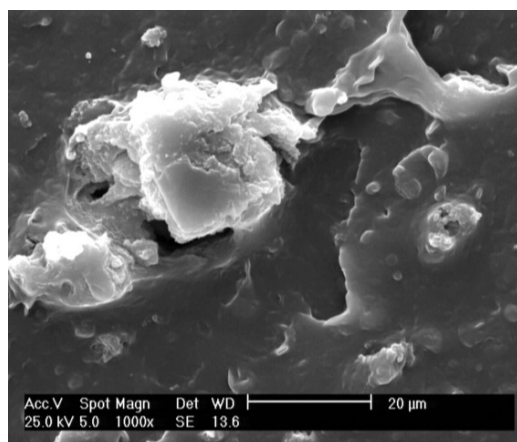
آزمون کششی

آزمون کشش بر نمونه دمبلی شکل از ورقه‌های آمیزه پخت‌شده به ضخامت ۲ میلی‌متر، عرض ۲۵ میلی‌متر و طول ۱۰۰ میلی‌متر و کشیدن آن‌ها از دو انتهای دمبل با دستگاه انجام گرفت. نتیجه‌های به‌دست‌آمده از آزمون کشش شامل استحکام کششی، ازدیاد طول در نقطه پارگی، مدولوس در ۱۰۰٪ کشش و مدولوس در ۳۰۰٪ کشش در جدول ۳ نشان

نشریه پژوهش‌های کاربردی در شیمی (JARC)

جدول ۳ داده‌های آزمون کشش آمیزه‌های لاستیکی

نام آمیزه	استحکام کششی (MPa)	ازدیاد طول در نقطه پارگی (%)	مدولوس ۱۰۰ (MPa)	مدولوس ۳۰۰ (MPa)
A	0.876 ± 13.179	28.251 ± 647.693	0.27 ± 1.742	0.38 ± 5.042
B	13.847 ± 0.477	70.9321 ± 23.606	1.642 ± 0.28	4.732 ± 0.98



شکل ۳ تصاویر SEM آمیزه A و B

تصویرهای میکروسکوپ الکترونی روبشی

مطالعه اثر CPD به‌عنوان عامل کمک فرایند بر پراکنش ذره‌های سیلیکا در بستر رابری و مقایسه آن با آمیزه شاهد، با دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) انجام گرفت. سطح مورد نظر برای عکسبرداری با لایه‌هایی از طلا پوشش داده شد. تصاویر SEM در شکل ۳ نشان داده شده است.

برپایه تصویرهای SEM، وجود مقادیر CPD منجر به پراکندگی بهتر ذره‌های سیلیکا به‌عنوان پرکننده در بستر رابری می‌شود که به دلیل ساختار CPD است. CPD دارای تعامل دو طرفه با پیوند لبه بالایی آن از راه گروه‌های فسفونات با گروه‌های هیدروکسیل سطح سیلیکا (پیوند هیدروژنی، برهم‌کنش آب‌دوست) و پیوند لبه پایینی آن به بستر رابری از راه گروه‌های آلکوکسی (برهم‌کنش واندروالس، برهم‌کنش آب‌گریز) است. این رفتار ساختاری دوگانه ارزشمند CPD می‌تواند منجر به پراکندگی بهتر ذره‌های سیلیکا در بستر رابری شود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای بهبود پراکنش، ساختار کالیکس آرن (CPD) به‌عنوان عامل کمک فرایند سنتز شد. شناسایی ساختاری CPD با FTIR و NMR انجام شد. نتیجه‌های

در بستر رابری به عنوان عامل کمک فرایند بهبود می بخشد. نتیجه های به دست آمده از آزمون شارش سنجی و آزمون کشش بیانگر این است که آمیزه B در گستره قابل قبول قرار می گیرد.

به دست آمده از آزمون SEM نشان دهنده این است که CPD می تواند به عنوان یک پل بین بستر رابری و پرکننده، در نتیجه ساختار ویژه خود عمل کند. بنابراین، CPD پراکنش سیلیکا را

مراجع

- [1] D'Apuzzo, M.; Evangelisti, A.; Nicolosi, V.; *Accident Analysis & Prevention* 138, 105462, 2020.
- [2] Hirata, Y.; Kondo, H.; Ozawa, Y., "Natural rubber (NR) for the tyre industry, Chap. 12" in "Chemistry, manufacture and applications of natural rubber", Edited by Kohjiya, S. and Ikeda, Y., Woodhead Publishing, U.K., 2014.
- [3] Maghami, S.; Dierkes, W.K.; Noordermeer, J.W.M.; *Rubber Chemistry and Technology* 89, 559-572, 2016.
- [4] Thaptong, P.; Boonbumrung, A.; Jittham, P.; Sae-oui, P.; *Journal of Polymer Research* 26, 1-9, 2019.
- [5] Ren, X.; Sancaktar, E.; *Journal of Cleaner Production* 206, 374-382, 2019.
- [6] Thepsuwan, U.; Sae-oui, P.; Sirisinha, C.; Thaptong, P.; *Journal of Applied Polymer Science* 136, 46987, 2019.
- [7] Sun, J.; Liu, X.; Wang, L.; Shi, X.; *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 85, 213-220, 2018.
- [8] Qu, L.; Yu, G.; Xie, X.; Wang, L.; Li, J.; Zhao, Q.; *Polymer composites* 34, 1575-1582, 2013.
- [9] Ko, J.Y.; Prakashan, K.; Kim, J.K.; *Journal of Elastomers & Plastics* 44, 549-562, 2012.
- [10] Dasgupta, S.; Agrawal, S.L.; Bandyopadhyay, S.; Mukhopadhyay, R.; Malkani, R.K.; Ameta, S.C.; *Polymer Testing* 28, 251-263, 2009.
- [11] Xu, H.; Fan, T.; Ye, N.; Wu, W.; Huang, D.; Wang, D.; Wang, Z.; Zhang, L.; *Polymers* 12, 623, 2020.
- [12] Li, J.; Isayev, A.I.; Ren, X.; Soucek, M.D.; *Polymer* 60, 144-156, 2015.
- [13] Seyvet, O.; Navard, P.; *Journal of Applied Polymer Science* 78, 1130-1133, 2000.
- [14] Karak, N.; Gupta, B.; *Kautschuk Gummi Kunststoffe* 53, 30-34, 2000.
- [15] Wang, Y.X.; Wu, Y.P.; Li, W.J.; Zhang, L.Q.; *Applied Surface Science* 257, 2058-2065, 2011.
- [16] Jiao, Y.; Liu, X.; Liu, K.; *Industrial Lubrication and Tribology* 70(9), 1737-1744, 2018.
- [17] Kim, K.J.; VanderKooi, J.; ACS: Rubber Division Meeting, 2001.
- [18] Gutsche, C.D.; *Accounts of Chemical Research* 16, 161-170, 1983.
- [19] Sansone, F.; Barbosa, S.; Casnati, A.; Sciotto, D.; Ungaro, R.; *Tetrahedron Letters* 40, 4741-4744, 1999.
- [20] Mohamadi, H.; Motiee, F.; Tehrani, M.S.; Taghvaei-Ganjali, S.; *Russian Journal of Applied Chemistry* 92, 809-816, 2019.
- [21] Pekachaki, H.M.; Taghvaei-Ganjali, S.; Motiee, F.; Saber-Tehrani, M.; *Rubber Chemistry and Technology* 92, 467-480, 2019.
- [22] Servati, Z.; Saber-Tehrani, M.; Taghvaei-Ganjali, S.; Zadmard, R.; *Journal of Porous Materials* 25, 1463-1474, 2018.
- [23] Malekzadeh, M.; Nouri, H.; Farahani, M.; *Journal of Applied Chemical Researches* 3(12), 41-45, 2010.
- [24] Gutsche, C.D.; Iqbal, M.; *Organic Syntheses* 68, 234-234, 2003.
- [25] Mohindra Chawla, H.; Srinivas, K.; *Indian Journal of Chemistry. Sect. B: Organic Chemistry, Including Medical Chemistry* 32, 1162-1164, 1993.
- [26] Asfari, Z.; Reinhoudt, D.N.; *The Journal of Organic Chemistry* 57, 1313-1313, 1992.
- [27] Conner, M.; Janout, V.; Regen, S.L.; *The Journal of Organic Chemistry* 57, 3744-3746, 1992.
- [28] Zadmard, R.; Junkers, M.; Schrader, T.; Grawe, T.; Kraft, A.; *The Journal of Organic Chemistry* 68, 6511-6521, 2003.