JARC

به‌کارگیری پرکننده‌های بر پایه ارتو سیلیکات در ساخت آمیزه‌های لاستیکی تایر خودرو به‌منظور کاهش پدیده حرارت اندوزی

شیما شفیعی[۱]، سعید تقوایی[۲] و فرشته مطیعی[۳و*]

۱- کارشناس ارشد شیمی کاربردی، 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- استادیار شیمی کاربردی، دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت: تیر ۱۳۹۵، بازنگری: مرداد ۱۳۹۵، پذیرش: شهریور ۱۳۹۵

چکیده: با توجه به اثرات مخرب دوده به‌عنوان پرکننده غالب در آمیزه‌های لاستیکی بر روی محیط‌زیست و همچنین افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی در تایرهای ساخته شده با این پرکننده، در این پژوهش از پرکننده معدنی با پایه سیلیکاتی که از معادن داخل ایران به دست آمد به‌عنوان جایگزین بخشی از دوده (۳۰٪) استفاده شد. اندازه ذرات بر اساس روش تفرق دینامیک نور (DLS) اندازه‌گیری و به‌منظور بررسی گروه‌های عاملی پرکننده معدنی روش طیف‌سنجی IR (فروسرخ) به کار گرفته شد. نتیجه‌های این پژوهش نشان می‌دهند که ویژگی‌های رئولوژی آمیزه‌های پرشده با پرکننده معدنی بر پایه سیلیکاتی از شرایط خوبی در مقایسه با آمیزه مرجع برخوردارند. اما نکته قابل‌توجه که از روی نمودار DMTA (آنالیز حرارتی مکانیکی و دینامیکی) به دست می‌آید، افت قابل‌توجه tanδ (ضریب اتلاف) در دمای ۷۰ °C مربوط به آمیزه پرشده با پرکننده معدنی در مقایسه با آمیزه مرجع (پرشده با دوده) است که بیانگر کاهش حرارت اندوزی در آمیزه با tanδ کوچک‌تر (آمیزه پرشده با پرکننده سیلیکاتی) است. به‌بیان‌دیگر، تایرهای ساخته شده با این پرکننده به دلیل حرارت اندوزی پایین‌تر مصرف سوخت کمتری را خواهند داشت.

واژه‌های کلیدی: لاستیک طبیعی، دوده، پرکننده معدنی، ویژگی‌های رئولوژی، حرارت اندوزی

مقدمه

بر اساس پروتکل جهانی از جمله پروتکل توکیو میزان تولید CO_2 به‌وسیله‌ی خودرو می‌بایستی در یک روند پلکانی کاهشی باشد [۱]. این کاهش با استفاده از سامانه پایش و تنظیم باد تایر (TPMS)[۱] و کاهش مقاومت غلتشی تایر[۲] تا حدودی امکان‌پذیر است و امکان کاهش تولید CO_2 را از حدود ۱۳۰ g مقدار فعلی به حدود ۸۰ g به ازای هر کیلومتر مسافت طی شده میسر می‌کند، اما کاهش بیش از این مقدار، تنها با جایگزینی یک پرکننده مناسب به‌جای دوده امکان‌پذیر است [۲]. تلاش‌های مستمری در شرکت‌های پیشروی تایر در دنیا برای جایگزینی دوده در تایر خودروها صورت پذیرفته است [۳]. مواردی چون جایگزینی دوده با پرکننده‌های زیست‌تخریب‌پذیر همانند نشاسته، کیتوسان و سایر ترکیبات با منابع طبیعی به دلیل ناهمگونی ساختاری با بستر الاستومری در لاستیک‌ها و همچنین عدم

1. Tire-pressure monitoring system
2. Rolling resistance

*عهده‌دار مکاتبات: f_motiee@iau-tnb.ac.ir

برآورد نیازهای عملکردی تایر چندان با موفقیت روبه‌رو نبوده است [۴]. در فوریه ۲۰۱۳ شرکت بریجستون ژاپن در سمینار فناوری تایر کلن آلمان اعلام کرد که نسل جدیدی از تایرهای زیست‌تخریب‌پذیر را به‌صورت آزمایشی تولید کرده است که در آن‌ها به‌جای بخش عمده‌ای از دوده از پرکننده‌های با منشأ طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیر استفاده کرده است و امیدوار است با رفع مشکلات ساختاری و عملکردی بتواند در سال ۲۰۱۸ این تایرها را در سطح وسیع به بازار مصرف عرضه کند. اما شرکت میشلن به‌عنوان شرکت پیشرو در ارایه پرکننده‌های سفید بر پایه معدنی و با مبنای سیلیکا، با معرفی تایرهای سبز که در آن‌ها بخش عمده‌ای از دوده با سیلیکا جایگزین شده بود نسل جدید تایرهای دوست‌دار محیط‌زیست را ارایه کرد. هم‌اینک تایرهای سبز ارایه شده توسط شرکت میشلن حاوی ۱۰۰٪ سیلیکا به‌جای دوده نیستند، اما این شرکت امیدوار است که تا سال ۲۰۲۰ بتواند تایرهای تمام‌سبز را به بازار ارایه کند. علت عدم جایگزینی کامل دوده با سیلیکا رفتار منحصربه‌فرد دوده در تقویت آمیزه‌های لاستیکی از یک‌سو و همگونی کمتر سیلیکا با آمیزه‌های لاستیکی از سوی دیگر است. تلاش پژوهشگران در جهت رفع مشکلات فرایندپذیری سیلیکا با آمیزه‌های لاستیکی است که به‌طورمعمول با استفاده از عوامل اتصال‌دهنده سیلانی و سیلوکسانی صورت می‌پذیرد [۵]. هم‌اینک سیلیکاهایی که به‌صورت تجاری به‌عنوان پرکننده در صنایع لاستیک عرضه می‌شوند حاوی عوامل پیونددهنده بوده و همچنین با اعمال تغییراتی در سطح این پرکننده از آن برای فرایند لاستیک‌اندودشدن[1] استفاده می‌کنند. این نوع سیلیکاها دارای فرایندپذیری بسیار مناسب با بستر پلیمری و الاستومری آمیزه‌های لاستیکی بوده و توزیع آن به‌صورت یکنواخت است [۶]. مهاجرت به سطح[2] این ذرات به دلیل پخش مناسب در عمق آمیزه‌های لاستیکی بسیار کم است و به دلیل رفتار سطحی مؤثر به‌خوبی می‌توانند نقش یک پرکننده تقویتی را ایفا کنند [۷ تا ۹]. مهم‌تر از همه این ویژگی، رفتار حرارت اندوزی سیلیکا به‌مراتب کمتر از دوده است و از این‌رو، چنان‌چه از این پرکننده در آمیزه‌های لاستیک موجود در تایر خودروها (به‌ویژه آج تایر) استفاده شود، مصرف سوخت کمتری متوجه خودروی دارای این‌گونه تایرها می‌شود [۱۰ و ۱۱].

پرکننده پایه سیلیکاتی به‌کار گرفته شده در این پروژه از رگه‌های معدنی واقع در استان لرستان به‌دست آمده و پس از آسیاب مورد استفاده قرار گرفته است که حاوی بالغ بر ۷۲ درصد SiO_2 پایه معدنی است و به دلیل وجود ترکیب‌های ارگانوسیلیکونی، آمیزش‌پذیری بسیارخوبی با بستر غیرقطبی الاستومر دارد. ترکیبات ارگانو سیلیکونی دارای ساختار کلی R_2SiO_2 است، گروه R ممکن است متیل یا گروه آلکیل دیگری باشد. در اینجا هر ۲ گروه، متیل است. نتیجه‌های این بررسی نشان می‌دهند که این پرکننده قادر به حفظ ویژگی‌های مطلوب دوده است. همچنین، نتیجه‌های اولیه، جایگزینی تا ۳۰٪ را از نظر فنی و قیمت تمام شده آمیزه با تأکید فراوان توصیه می‌کند [۱۲ تا ۱۷]. شایان ذکر است مقادیر متفاوتی از پرکننده معدنی از ۱۰٪ تا ۶۰٪ جایگزین دوده تجاری در آمیزه‌ی موردنظر شده است. از جایگزینی ۳۰٪ پرکننده معدنی تا حدودی بهبود خواص مشاهده شد که در این مقاله نتیجه‌های به‌دست آمده بررسی شده است.

بخش تجربی

مواد مصرفی

مواد NR گرید ۲۰ ساخت شرکت Thaihua کشور تایلند، 1220-BR Cis ساخت شرکت پتروشیمی اراک، آنتی‌اکسیدانت HB ساخت کشور چین و استئاریک اسید به‌عنوان فعال‌کننده پخت ساخت شرکت Acid Chem مالزی در این پژوهش استفاده شد. روی اکسید ساخت شرکت شکوهیه ایران و گوگرد معمولی به‌عنوان عامل ایجاد پیوندهای عرضی از شرکت تسداک ایران تهیه شدند. شتاب‌دهنده OBTS متعلق به شرکت Lanxess بلژیک بود. فیلر موردنظر، کربن بلک گرید N-330 ساخت شرکت دوده پارس ایران و ضد اوزون IPPD ساخت شرکت Nacil هند مورد استفاده قرار گرفتند.

1. Rubberizing
2. Blooming

دستگاه‌ها و آزمون‌ها

برای افزودن مواد پخت از آسیاب دوغلتکی نیم صنعتی مدل SYM-6 ساخت کشور تایوان استفاده شد. همچنین، دستگاه IR مدل Nicolet 8700 ساخت شرکت Thermo آمریکا، دستگاه رئومتر MDR [1] مدل Hiwa ساخت ایران، دستگاه پرس هیدرولیکی آزمایشگاهی مدل PTP60، دستگاه کشش (استاندارد ASTM 214-39) مدل Hiwa 900 ساخت ایران، دستگاه خستگی (استاندارد ISO6943) مدل Hiwa 600 ساخت ایران، دستگاه جهندگی Hiwa ساخت ایران، دستگاه سختی‌سنج (استاندارد ASTM-D 2240) SHORE A و دستگاه سایش (استاندارد ASTM-D5963) مدل DIN5356 ساخت کشور ژاپن، دستگاه تعیین جهندگی (استاندارد ASTM-D7121) مدل HIWA 300 شرکت Hiwa ساخت ایران، دستگاه PH متر مدل Switzerland 827، دستگاه DLS [2] مدل Zen 3600 ساخت شرکت Malvern به کار گرفته شدند. با دستگاه DMTA [3] مدل Pyris Diamond ساخت کشور امریکا، تحت تنش سیکلی با فرکانس مشخص (۱HZ) رفتار دینامیکی آمیزه مرجع و تهیه‌شده، بررسی شد.

روش تهیه نمونه‌ها

بر اساس جدول ۱ فرمولاسیون آمیزه لاستیکی به کار گرفته شده دارای الاستومر کائوچوی طبیعی/ بوتادی‌ان است. سایر افزودنی‌ها و عوامل پخت بر اساس آمیزه رویه تایر کامیون‌های سبک و اتوبوس انتخاب شده است. آمیزه شاهد (پرشده با دوده) و آمیزه پرشده با پرکننده سیلیکاتی که در این آمیزه به نسبت ۳۰٪ وزنی از پرکننده سیلیکاتی به‌جای دوده تجاری استفاده شده است، در جدول ۱ مقایسه شده‌اند. آزمون‌های معمول بر روی این دو آمیزه (آمیزه شاهد و تهیه‌شده) صورت پذیرفته است.

به علت آن‌که به‌طورمعمول پایه آمیزه‌های لاستیکی پلیمرهای سیرنشده هستند که با دوده تقویت‌شده و به‌وسیله سامانه گوگردی ولکانیزه می‌شود، اجزای آمیزه یک‌باره در حین ساخت مخلوط نمی‌شوند بلکه در دو مرحله اختلاط صورت می‌پذیرد. الاستومرها، دوده، روی اکسید، ضد ازونانت، ضد اکسیدانت و واکس در مرحله اول و مواد پخت در مرحله دوم (گوگرد و شتاب‌دهنده) به آمیزه افزوده شد.

اختلاط روی میل دو غلتکی انجام شد. برای این کار ابتدا کائوچوی طبیعی به دلیل آنکه درصد آن بیشتر از پلی‌بوتادی‌ان است روی میل می‌چرخد تا با چندین بار عبور از فاصله بین دو غلتک نرم شده و به آن بچسبد. به علت بالا بودن و گرانروی کائوچوی طبیعی خرد کردن آن لازم است. زیرا طی این فرایند گرانروی کائوچو پایین آورده می‌شود و قابلیت اختلاط آن با دوده بهبود می‌یابد، در مرحله بعد مواد پودری در فاصله دو غلتک افزوده می‌شوند و همراه با آن قسمت‌هایی که روی کف سینی مستقر در زیر دو غلتک ریزش می‌کند دوباره جمع‌آوری و به روی غلتک‌ها برگردانده و در انتها مواد پخت به آن افزوده می‌شود.

جدول ۱ فرمولاسیون آمیزه‌های شاهد و تهیه‌شده

نوع ماده	شاهد (phr)	تهیه‌شده (phr)
کائوچوی طبیعی NR	۷۵/۰	۷۵/۰
پلی بوتادی‌ان BR	۲۵/۰	۲۵/۰
دوده N330	۴۵/۰	۲۲/۵
پرکننده معدنی	---	۲۲/۵
روی اکسید	۴/۰	۴/۰
استئاریک اسید	۳/۰	۳/۰
HB	۱/۰	۱/۰
IPPD	۱/۵	۱/۵
Wax	۲/۰	۲/۰
گوگرد	۱/۳	۱/۳
OBTS	۰/۸	۰/۸

در طی فرایند اختلاط، دما، زمان و شکل برش‌ها به‌شدت کنترل و گستره دمایی بین ۷۵ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه‌داشته شد. پس از اختلاط، به‌منظور این‌که پدیده متورم شدن یا جمع شدگی

1. Moving Die Rhemoter
2. Dynamic Light Scattering
3. Dynamic-Mechanical Thermal Analysis

زنجیره‌های پلیمری پس از ساخت آمیزه‌ها به تعادل برسد، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. تهیه‌ی آمیزه با استفاده از میل دو غلتکی به‌طور عمده در کارخانه‌های کوچک و یا برای مقدار کمی آمیزه انجام می‌شود [۱۸ تا ۲۶].

طیف IR نمونه پرکننده معدنی

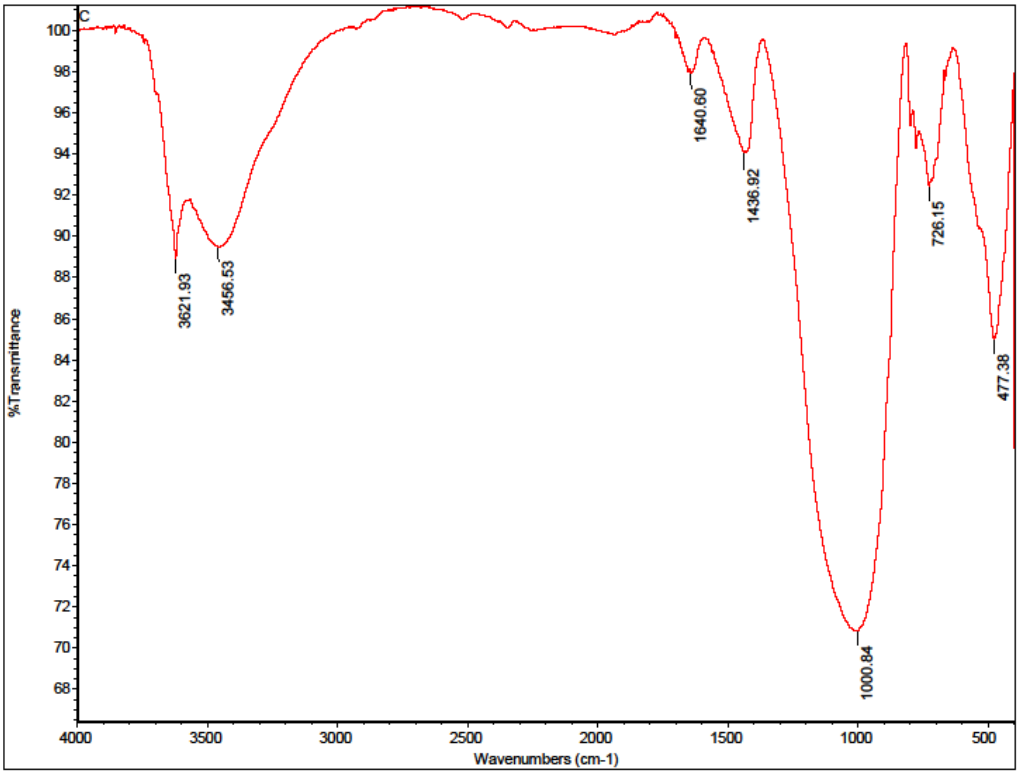
طیف IR آمیزه حاوی پرکننده معدنی در شکل ۱ ارایه شده است. نتیجه‌های به‌دست آمده نشان می‌دهد که به ترتیب جذب در ناحیه $3621\ cm^{-1}$ مربوط به گروه عاملی OH، جذب در ناحیه $3456\ cm^{-1}$ مربوط به گروه عاملی CH، جذب در ناحیه $1640\ cm^{-1}$ مربوط به گروه عاملی C=O، جذب در ناحیه $1436\ cm^{-1}$ مربوط به پیوند C=C و در نهایت جذب در ناحیه $1000\ cm^{-1}$ مربوط به گروه عاملی C–O است که شباهت زیادی با گروه‌های عاملی فعال روی دوده دارد.

نتیجه‌ها و بحث

پرکننده مورد استفاده در این پروژه دارای بیشترین درصد SiO_2 (بالغ بر ۷۰٪) و سایر اکسیدهای فلزی با درصد کمتر است. اندازه ذرات بر اساس روش تفرق دینامیک نور (DLS) بیان از این دارد که این پرکننده دارای اندازه ذرات بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر است.

پرکننده مورد استفاده در این پروژه دارای اجزای قابل‌حل به نسبت زیادی در متانول است که نشان می‌دهد اجزای این آمیزه دارای قطبیت به نسبت بالایی است. میزان حلالیت پرکننده در اتیل‌استات و دی‌کلرومتان به‌مراتب کمتر است که تأییدکننده نتیجه قبل است. به‌بیان‌دیگر، اجزای غیرقطبی در پرکننده سهم کمتری به خود اختصاص می‌دهد.

همان‌طور که پیش از این اشاره شد، با قرار دادن آمیزه در آون به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۰۵ °C رطوبت موجود در پرکننده



شکل ۱ طیف IR مربوط به آمیزه حاوی پرکننده معدنی

اندازه‌گیری شد. کاهش وزن در دمای ۱۰۵ °C برای پرکننده آزمایشی حدود ۳٫۴٪ بود که برای اجزای معدنی مقداری به‌طور کامل طبیعی است. افزایش دما به ۲۰۰ °C در آون به مدت ۲ ساعت نشان داد که افزون بر رطوبت، ترکیبات آلی فرار هم حذف شدند. از مقایسه کاهش وزن در دمای ۱۰۵ و ۲۰۰ °C مشخص می‌شود که پرکننده آزمایشی دارای ۴٫۴٪ مواد فرار آلی است که این میزان می‌تواند به مقدار روغن‌ها و مواد نرم‌کننده موجود در پرکننده اختصاص داده شود. با افزایش دما به ۵۰۰ °C در کوره می‌توان انتظار داشت که افزون بر رطوبت و مواد فرار، ترکیبات آلی پایدار را هم از دست بدهد، لذا از مقایسه کاهش وزن در دماهای ۱۰۵ و ۲۰۰ °C با میزان کاهش وزن در دمای ۵۰۰ °C مشخص است که بخش قابل‌توجهی از پرکننده (۲۲٫۹٪) به ترکیبات آلی پایدار و یا ترکیبات معدنی قابل‌حذف در این دما اختصاص دارد.

بررسی ویژگی‌های رئولوژی آمیزه‌ها

ویژگی‌های رئولوژیکی آمیزه‌های لاستیکی از زمان شروع پخت تا پخت نهایی، توسط دستگاه رئومتر MDR مدل HIWA 900 مطابق استاندارد ASTM D 5289 بررسی شد.

نتیجه‌های آزمایش روی آمیزه شاهد و تهیه‌شده تحت آزمون رئومتری قرار گرفتند که در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس این نتیجه‌ها مشخص است که در آمیزه تهیه‌شده مقادیر ML و MH افزایش‌یافته و به عبارتی ΔM که به‌طور غیرمستقیم نمایانگر دانسیته پیوندهای عرضی است افزایش یافته است. شیب منحنی پخت (CRI) کاهش قابل‌توجهی دارد، این بدین مفهوم است که سرعت پخت در آمیزه حاوی پرکننده سیلیکاتی بهترشده است. مقادیر زمان پخت ($t_{C_{90}}$) در آمیزه تهیه‌شده افزایش داشته است. از سوی دیگر زمان برشتگی (t_{S_2}) که به زمان ایمنی پخت هم موسوم است در آمیزه تهیه‌شده افزایش داشته است. به عبارتی این آمیزه می‌تواند در خصوص قطعاتی به‌کاربرده شود که ایمنی پخت بالایی نیاز دارند.

جدول ۲ مقایسه شاخص‌های رئولوژی آمیزه شاهد و آمیزه تهیه‌شده

نام شاخص	واحد	آمیزه شاهد	آمیزه تهیه‌شده
ML	dN.m	۰٫۸۷	۱٫۳۶
MH	dN.m	۵٫۲۵	۹٫۰۷
Tc_{10}	sec	۶۰٫۰	۹۶٫۰
Tc_{50}	sec	۱۲۰٫۰	۱۹۶٫۰
Tc_{90}	sec	۲۵۸٫۰	۳۹۲٫۰
$\Delta M = MH - ML$	dN.m	۴٫۳۸	۷٫۷۱
Ts_1	sec	۸۱٫۰	۱۰۴٫۰
Ts_2	sec	۱۱۶٫۰	۱۳۵٫۰
CRI	___	۰٫۷۰	۰٫۳۸

پیش‌بینی می‌شود بهبود برخی از ویژگی رئولوژیکی در آمیزه تهیه‌شده به دلیل وجود ترکیب‌های ارگانوسیلیکونی و آمیزش‌پذیری بالای پرکننده با بستر غیرقطبی الاستومر است.

جدول ۳ نتیجه‌های به‌دست آمده از ویژگی کششی و شاخص تقویت‌کنندگی پرکننده معدنی را نشان می‌دهد. نتیجه‌های حاکی از آن است که مقاومت کششی آمیزه تهیه‌شده حاوی ۳۰٪ پرکننده معدنی بیش از دو برابر آمیزه شاهد است. همچنین، ویژگی مانند افزایش طول، مدولوس ۱۰۰٪ و مدولوس ۳۰۰٪ در مقایسه با آمیزه شاهد افزایش داشته است که این امر می‌تواند به دلیل وجود گره‌های عاملی موجود در سطح پرکننده معدنی (با توجه به طیف IR) و به دنبال آن لاستیک‌اندودشدن بیشتر بسپار با پرکننده باشد. نتیجه‌های به‌دست آمده از شاخص تقویت‌کنندگی پرکننده معدنی در مقایسه با دوده مهر تأییدی بر نتیجه‌های به‌دست آمده است زیرا قدرت تقویت‌کنندگی بسپار معدنی بیشتر از دوده تجاری است.

از طرف دیگر، نتیجه‌های به‌دست آمده از آزمون جهندگی که با دستگاه جهندگی انجام شد نشان می‌دهد که ویژگی آمیزه تهیه‌شده نسبت به آمیزه شاهد بهبودیافته و هر دو در حد استاندارد است.

جدول ۳ مقایسه شاخص‌های آزمون کششی آمیزه شاهد و آمیزه تهیه‌شده

نوع نمونه	شاخص تقویت (RI)	جهندگی %	سختی (SHORA)	مدولوس ۳۰۰٪ (MPa)	مدولوس ۱۰۰٪ (MPa)	افزایش طول %	مقاومت کششی (MPa)
آمیزه شاهد	۳٫۳	۵۱	۴۷	۳٫۰	۰٫۹	۴۶۷	۶٫۸
آمیزه تهیه‌شده	۴٫۷	۵۶	۵۶	۶٫۶	۱٫۴	۵۳۷	۱۵٫۸

برای هر یک از آزمون‌های آمیزه‌ها ۳ بار آزمایش شده است.

نتیجه‌های این بررسی نشان می‌دهند که این پرکننده افزون بر حفظ ویژگی مطلوب دوده، می‌تواند باعث بهبود بعضی از خواص آمیزه‌های لاستیکی بر پایه کائوچوهای طبیعی و مصنوعی شود. سختی آمیزه‌ی لاستیکی تحت تأثیر نوع و مقدار پرکننده مصرف‌شده در آمیزه قرار دارد. همان‌گونه که در جدول ۴ ارایه شده است، سختی آمیزه تهیه شده از آمیزه شاهد بیشتر است.

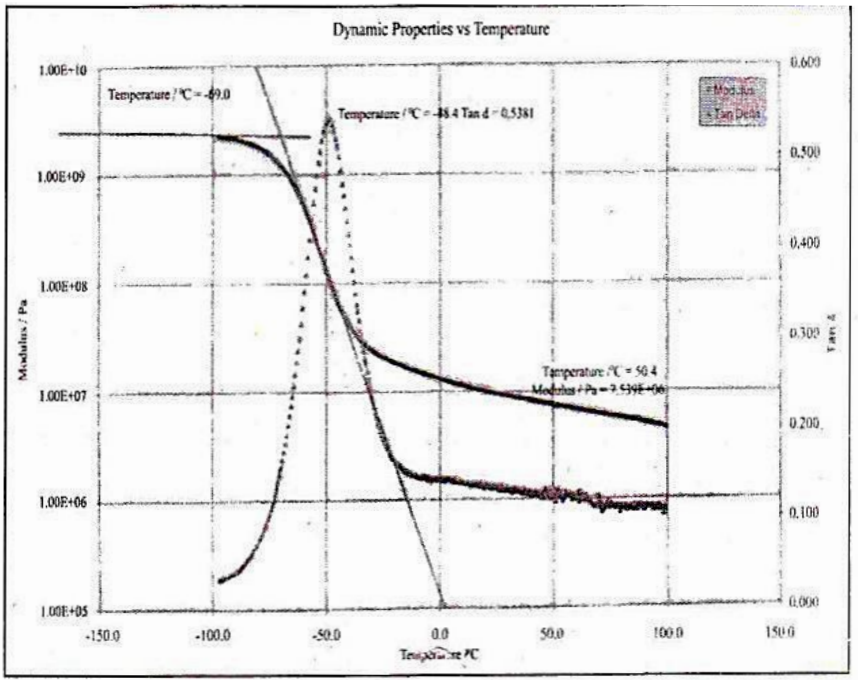
جدول ۴ مقاومت سایشی بر روی دو نمونه آمیزه شاهد و تهیه‌شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود حجم کاهش‌یافته آمیزه حاوی پرکننده معدنی در مقایسه با آمیزه شاهد کمتر است، از این‌رو، مقاومت سایشی آن بیشتر خواهد بود. این امر به دلیل برتری پرکننده به کار گرفته شده در میزان لاستیک اندود شدن در مقایسه با دوده است [۲۷ تا ۲۹].

جدول ۴ مقایسه شاخص‌های آزمون مقاومت سایشی آمیزه شاهد و آمیزه تهیه‌شده

کد آمیزه	آمیزه تهیه‌شده	آمیزه شاهد
وزن اولیه (g)	۱۴٫۱۶	۱۴٫۵۴
وزن ثانویه (g)	۱۴٫۱۵	۱۴٫۴۹
درصد کاهش وزن بعد از ۸۰ دور	٪۰٫۰۸	٪۰٫۳۴
چگالی (g/cm^3)	۱٫۰۹	۱٫۰۹
حجم کاهش‌یافته (mm^3)	۱۰٫۹۲	۴۵٫۵۷

همچنین، برای بررسی رفتارهای دینامیکی آمیزه شاهد و تهیه شده از نمودارهای DMTA استفاده شده است.

شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب مربوط به بررسی رفتارهای دینامیکی آمیزه شاهد (پرشده با ۱۰۰ درصد دوده N330) و آمیزه تهیه‌شده



شکل ۲ نمودار tanδ در مقابل دما برای آمیزه شاهد

(۷۰ درصد دوده N330 و ۳۰ درصد پرکننده سیلیکاتی) است. در هر یک از این نمودارها دو شاخص ماجولس و tanδ در گستره دمایی ۱۰۰- تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفته‌اند. تفاوت بسیار قابل‌توجهی بین روند تغییرات tanδ در گستره دمایی ۵۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد وجود دارد.

جدول ۵ مقایسه tanδ در دماهای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سانتی‌گراد برای آمیزه‌های تهیه‌شده و شاهد

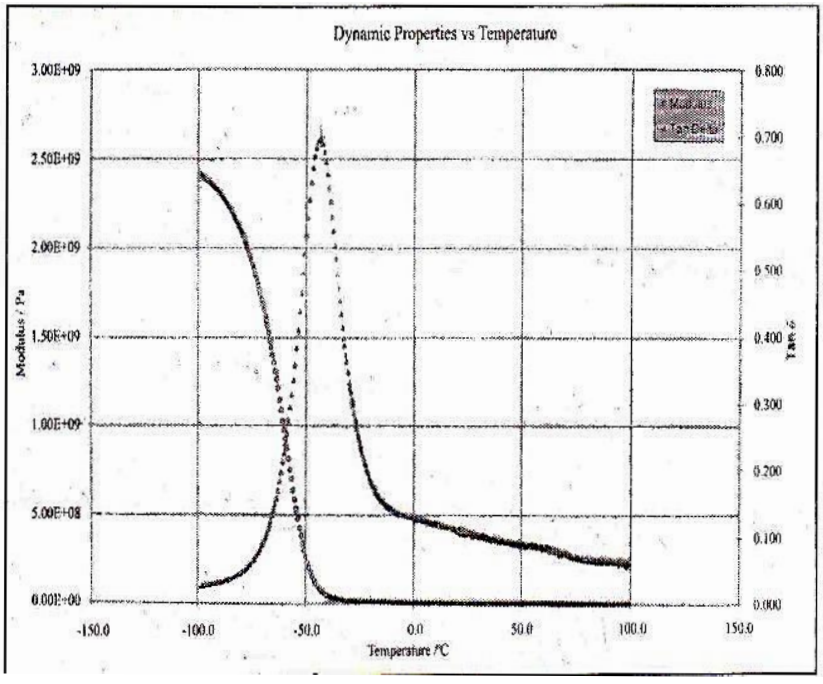
آمیزه	دما		
	۵۰°C	۶۰°C	۷۰°C
تهیه‌شده	۰/۰۸۹	۰/۰۸۴	۰/۰۷۷
شاهد	۰/۱۲۲	۰/۱۲۰	۰/۱۲۲

همان‌گونه که گفته شد مقایسه tanδ در دو آمیزه تهیه‌شده و شاهد در گستره دمایی ۵۰ تا ۷۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. نتیجه‌های دو آمیزه نشان می‌دهد tanδ در آمیزه تهیه‌شده در مقایسه با آمیزه شاهد عدد کوچک‌تری است (جدول ۵) که این مسأله به دلیل تأثیر پرکننده سیلیکاتی در انعطاف‌پذیری بسپار و کاهش اتلاف انرژی و کاهش حرارت‌اندوزی است. آمیزه پرشده با چنین پرکننده‌هایی درصورتی‌که در ساخت محصولات تایری به‌کاربرده شوند از مقاومت غلتشی کمتر و در نهایت کاهش مصرف سوخت بهینه‌تری در مقایسه با آمیزه‌های پرشده با دوده برخوردارند.

با توجه به این‌که جایگزینی پرکننده‌های سیلیکاتی به‌جای دوده در تایرهای نسل جدید و فناوری‌های پیشرفته تولید تایر در دنیا مورد بررسی است، از این‌رو، استفاده از این پرکننده سبب کاهش مقاومت غلتشی و پدیده حرارت‌اندوزی در آمیزه‌های لاستیک مورد استفاده رویه تایر خواهد شد.

نتیجه‌گیری

از یک ترکیب معدنی با پایه سیلیکاتی که از معادن داخلی تهیه‌شده است به‌عنوان پرکننده جایگزین دوده در ساخت آمیزه‌های لاستیکی به کار گرفته شده در رویه تایر استفاده شد. مقاومت کششی، سختی، سایش و جهندگی آمیزه لاستیکی پرکننده معدنی در مقایسه با آمیزه شاهد (آمیزه پرشده با دوده) بررسی شد. نتیجه‌های حاکی از بهبود قابل‌قبول هر یک از ویژگی ذکر شده



شکل ۳ نمودار tanδ در مقابل دما برای آمیزه تهیه‌شده

است، که این می‌تواند به دلیل لاستیک‌اندودشدن بیشتر بسپار با پرکننده معدنی و در نتیجه کاهش تحرک زنجیره‌های بسپاری و به دنبال آن افزایش مقاومت کششی و سختی و جهندگی بیشتر آن باشد. آزمون DMTA برای بررسی مقاومت غلتشی آمیزه‌ها به‌کار گرفته شد. نتیجه‌های به‌دست آمده نشان‌دهنده این بود که آمیزه تهیه‌شده حرارت اندوزی پایین‌تر و درنتیجه مصرف سوخت کمتری را در تایرهای ساخته شده از آن‌ها به همراه دارند.

مراجع

[1] Tavakoli,M.;Keshavarzi, M.R.;Iranian Rubber magazine, 18, 33-41,2014

[2] Ghoreishy M.H.R, Soltani.S.and Etemadi A.H, Iran J Polym Sci Technol., 23(3), 247-254, 2010

[3] Chakraborty, S.K.; Sabharwal, S.; Das, p.k.; sarma, k.s.; manjula, A.; J. Appl. Poly.Sci, 122, 3227-3236, 2011

[4] Chen, C.; Liu, P.; Lu, C.; Chem.Eng. J. 144, 509-513, 2008

[5] Hafezi, M.K.; Nouri, S.; Ziaei, F.; Azim, H.R.; J.Elastomers and Plastics, 39, 151-163, 2007

[6] Shiva M and Atashi H, Iran J Polym Sci Technol., 187-201, 2010

[7] Wang M J,Wolf S and Donnet J B, Rub Chem Technol.,559-579,1991

[8] Evstratov, V.; Reznikovski, M.; Smirnova,L.; Sakhhinovabi, N.; 'The mechanism of wear of tread rubbers,' Abrasion of rubber, Maclaren, London, 45-63, 1967.

[9] Fukahori, Y.; Yamazaki, H.; Wear, 171, 195-202, 1994

[10] Ramlee, N.A.; Ratnam, C.T.; Alias, N.H.; Rahman, M.F.A.; International Journal of Science, 6, 24-30, 2014

[11] Siqingaowa, z.; Garidi, Y.H.; Front Chem. China, 277-280,2006

[12] Ratnam, C.; Zaman,K.; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms,152, 335-342, 1999.

[13] Ratnam, C.T.; Nasir, M.; Baharin, A.;Zaman,K.; Journal of applied polymer sciens, 81, 1914-1925, 2001.

[14] Karim, J.; Ahmad, A.; Abdullah, I.; Dahlan, H.; Journal of sol-gel science and technology, 62,7-12, 2012.

[15] Jon, N.; Abdullah, I.; Othaman, R.; Sains Malasysiana, 42,469-473,2013.

[16] Jowdar, E.; Beheshty, M.; Atai, M.; Science and Technology, 24, 83-92,2011.

[17] Pham T H, Hanafi I and Azanam S H, Polym Testing.,539-544,2001.

[18] Wolf S and Wang M.J, Rub Chem Technol., 329-342,1992

[19] Yu,X.; Meng, D.;Liu, C.; He, X.; Wang, Y.; Xie,J.; Mater.Lett.86,112-114,2012.

[20] Li,c.;Yu,z.; Fang,S.;Wang,H.;Gui,Y.;Xu,J.; J.ALLOY COMPD.475,718-722,2009.

[21] Gatti L, Tire Technol Int.; 39-45,2001.

[22]Bice J A.E.,Paktar S.D and Okel T.A, Rub World., 58-67,1997

[23]Rattanasom N, Saowapark T and Deeprasertkul C,Polym Test., 367-377,2007

[24]Brown R, Marcel Dekker. Inc., Polymer Testing, 171-223,1999.

[25]Choi S-S, Polym Test., 21,201-208., 2002.

[26]Gent, A.; Rubber chemistry and technology,62, 750-756, 2008

[27]Marzocca, A.; J. Erupean Polymer, 43,2682-2689,2007

[۲۸] یداللهی، ا. "بررسی خواص مکانیکی و دینامیکی و اتلاف انرژی در آمیزه‌های رویه تایر با دوپرکننده دوده و سیلیکا ". اولین همایش ملی تکنولوژی‌های نوین در شیمی،۱۳۹۳

JARC

Application of minerad fillers based on ortho silicate in preparation of rubber componds used in tire for reduction of hysteress

Sh. Shafiee[1], S. Taghvaei[2] and Fereshteh Motiee[3,*]

1. MSc in Applied Chemistry, Faculty of Chemistry, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2. Prof. of Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Assistant Prof. of Applied Chemistry, Faculty of Chemistry, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Recieved: July 2016, Revised: August 2016, Accepted: September 2016

Abstract: Due to the destructive effects of the Carbon block in the rubber compounds as major filler on the environment and the increasing of the fossil fuel consumption in the constructed tires with this filler, in this research, we tried to apply an alternative inorganic filler with silicate base. It was extracted from the mines of the Iran and was replaced with 30% of Carbon block. Particle size was measured by Dynamic light scattering method. To investigate the functional groups of inorganic filler IR techniques were used. The results of this investigation demonstrated that rheological properties of the compounds reinforced by inorganic filler with silicate base have proper conditions compared to the control compound. However, a significant point is obtained from DMTA graph in which the noticeable reduction of Tan δ at 70 °C is related to compound filled with inorganic filler compared to control compound (filler with C.B). This is an indication of the decreasing heat accumulation at compound with lower tan δ (blend reinforced with silicate), which means that constructed tires with this filler will consume the less fuel for lower heat resistance.

Keywords: Natural rubber (NR), Carbon Black, Inorganic filler, Rheological properties, Heat resistance

*Corresponding author Email: f_motiee@iau-tnb.ac.ir