Archive of SID

JARC

بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و فیزیکو- مکانیکی آمیزه‌های لاستیکی پر شده با دوده به‌دست آمده از گرماکافت تایرهای فرسوده

فرشته مطیعی* و مرسده ملک‌زاده

استادیار شیمی کاربردی، دانشکده شیمی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

دریافت: فروردین ۱۳۹۲، بازنگری: اردیبهشت ۱۳۹۲، پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۲

چکیده: با توجه به این‌که بخش عمده فرمولاسیون تایر را پرکننده‌ی دوده تشکیل داده است، بازیافت این ماده و کاربرد دوباره آن در تهیه تایرهای جدید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ویژگی‌های دوده گرماکافتی به‌دست آمده از تایرهای فرسوده شناسایی شد. نتیجه‌ها نشان داد این ویژگی‌ها در مقایسه با دوده استفاده شده در صنعت تایر در گستره قابل قبولی قرار دارد. تأثیر دوده گرماکافتی بر فرایند پذیری و ویژگی‌های مکانیکی آمیزه‌های ولکانیزه شده بررسی و با آمیزه‌های پر شده با دوده تجاری مقایسه شد. در این مقاله با توجه به نتیجه‌های به‌دست آمده یک راه حل منحصر به فرد سازگار با محیط‌زیست برای مدیریت لاستیک‌های فرسوده که در حال حاضر مشکلات زیست محیطی ایجاد کرده‌اند، ارایه داده شده است.

واژه‌های کلیدی: آمیزه‌ی لاستیکی، ویژگی‌های رئولوژیکی، ویژگی‌های فیزیکی – مکانیکی، تایر فرسوده، دوده، گرماکافت

مقدمه

در پی جلوگیری از آلودگی‌های محیط‌زیست و استفاده بهینه از ضایعات که سالانه مقدار بالایی را به خود اختصاص می‌دهد، فرایند تبدیل لاستیک فرسوده و ضایعات لاستیکی به گاز- روغن- دوده و سیم فنری و هم‌چنین استفاده به عنوان جاذب ترکیب‌های آلی به‌شدت مورد توجه و بررسی قرار گرفته است که افزون بر کاهش ضایعات و استفاده دوباره از آن‌ها به عنوان واکنش‌گر به سبز ماندن کره زمین نیز کمک شایانی خواهد کرد.

پژوهش‌های زیادی در زمینه استفاده از دوده بازیافتی به عنوان جاذب انجام شده است. ویژگی‌های جذبی – واجذبی فنل و رنگ موجود در محلول‌های آبی را بر سطح کربن فعال به‌دست آمده از ضایعات تایر توسط پژوهشگران مطالعه شد و نشان دادند که قدرت جذب فنل به‌وسیله این جاذب مشابه با کربن تجاری بوده ولی رنگ‌های مشکی ۵ و قرمز ۳۱ بیشتر جذب می‌شوند. هم‌چنین مطالعه‌هایی در زمینه کاربرد دوده بازیافتی به عنوان جاذب انجام دادند. ابتدا به دلیل حضور مواد افزودنی معدنی موجود در تایر اولیه دوده توسط اسید معدنی مورد شست‌وشو قرار گرفت. سپس توانایی آن در جذب آلاینده‌هایی مانند متیلن بلو بررسی و با کربن فعال تجاری مقایسه شد. نتیجه‌ها حاکی از توانایی بالای دوده بازیافتی اصلاح شده با اسید در جذب این آلاینده بود [۱ و ۲]. مقدار جذب رودامین B بر دوده بازیافتی از لاستیک‌های فرسوده و مقدار جذب جیوه بر روی کربن فعال به‌دست آمده از ضایعات تایر توسط پژوهشگران بررسی شد و به نقش دوده بازیافتی از تایرهای فرسوده در مقدار جذب رنگ‌های مورد استفاده در صنایع نساجی پرداختند. نتیجه‌ها نشان دهنده ظرفیت بالای دوده در جذب این رنگ‌ها در مقایسه با دیگر جاذب‌ها بودند. [۳، ۴ و ۷]. هم‌چنین حذف نیتروژن دی اکسید با کربن به‌دست آمده از گرماکافت

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

www.SID.ir

Archive of SID

تایرهای فرسوده و اثر فعال‌سازی آن با پتاسیم هیدروکسید و کربن دی اکسید بررسی و نشان داده شد که با فعال‌تر شدن سطح، جذب افزایش می‌یابد. پژوهشگران به بسط کاربرد جاذب‌های به‌دست آمده از تایرهای فرسوده برای جذب مواد آلی و معدنی از محلول‌های آبی نیز پرداخته‌اند [۵ و ۶].

هم‌چنین پژوهش‌های زیادی در زمینه استفاده از دوده بازیافتی به جای دوده تجاری توسط پژوهشگران انجام شده است. در سال ۲۰۰۳ پانته‌آ[1] و همکارانش به بررسی رابطه دوده گرماکافتی با ویژگی‌های شیمیایی و رسانایی الکتریکی آن‌ها در مقایسه با دوده تجاری پرداختند. نتیجه‌ها حاکی از کاهش رسانایی الکتریکی دوده گرماکافتی در مقایسه با دوده تجاری است [۸]. در سال ۲۰۰۶ گونزالز[2] و همکارانش به بررسی ویژگی‌های دوده بازیافتی به‌دست آمده از ضایعات لاستیکی به روش گازی شدن[3] با استفاده از بخار آب و کربن دی اکسید پرداختند [۹]. دوو[4] و همکارانش در سال ۲۰۰۸ به بررسی ترکیب شیمیایی دوده گرماکافتی و تأثیر آن بر روی فرایند پذیری آمیزه‌های لاستیکی بر پایه SBR پرداختند. نتیجه‌ها حاکی از تأثیر یکسان دوده گرماکافتی در مقایسه با با دوده تجاری بود [۱۰]. در سال ۲۰۰۹ دوو و همکارانش اثر دوده گرماکافتی را روی آمیزه‌سازی و ویژگی‌های مکانیکی کوپلیمر EPDM در مقایسه با پرکننده‌های رایج مانند دوده تجاری و کلسیم کربنات بررسی کردند. نتیجه‌ها نشان داد که با افزایش دوده گرماکافتی ویژگی‌های آمیزه از قبیل ویژگی‌های کششی، مقاومت در برابر پارگی و ازدیاد طول در نقطه پارگی افزایش می‌یابد [۱۱]. هم‌چنین رفتار عملکردی دوده گرماکافتی اصلاح شده به عنوان تقویت‌کننده در لاستیک طبیعی در سال ۲۰۱۱ توسط جمعی از پژوهشگران بررسی و با دوده تجاری مقایسه شد. نتیجه‌ها حاکی از بهبود قدرت تقویت‌کنندگی دوده و افزایش پیوندهای عرضی به دلیل اصلاح دوده با عامل کوپلینگ NDZ-105 تیتانات بود [۱۲]. در سال ۲۰۱۳ پیلوسا و همکارانش به بررسی رفتار دوده گرماکافتی به منظور بررسی کیفیت و امکان به‌کارگیری آن در صنعت پرداختند. ابتدا اندازه ذرات دوده مصرفی تعیین شد و سپس حذف فلزهای سنگین و سایر ناخالصی‌ها با به‌کارگیری سولفوریک اسید گرم وغلیظ انجام شد. تجزیه دوده بازیافتی که بدین ترتیب به‌دست آمد حاکی از بهبود کیفیت دوده نسبت به نمونه اولیه و قابلیت کاربرد چند گانه آن به عنوان پرکننده، رنگ‌دانه و کربن فعال بود [۱۳]. هدف از انجام این پژوهش، تعیین ویژگی‌های دوده گرماکافتی داخلی به‌دست آمده از تایرهای فرسوده، مقایسه آن با استانداردهای موجود برای دوده مصرفی در صنعت لاستیک و بررسی امکان استفاده از دوده بازیافتی به‌دست آمده در تهیه آمیزه‌های لاستیکی تایر بر پایه NR است. بدین منظور ویژگی‌های رئولوژیکی و مکانیکی آمیزه‌ها تعیین شد و با ویژگی‌های آمیزه‌های تهیه شده با دوده تجاری مقایسه شد.

بخش تجربی

مواد

- *مواد مصرفی برای آزمون دوده گرماکافتی به‌دست آمده از تایرهای فرسوده*

دوده بازیافتی از شرکت پترو پویا پرشین ایران و محلول پتاسیم یدید/ پتاسیم یدات ۰٫۰۳۹۴ نرمال، محلول نشاسته ۱٪، محلول سولفوریک اسید ۱۰٪ محلول سدیم تیوسولفات ۰٫۰۳۴۹ مولار و محلول ید ۰٫۰۲۳۶۴ مولار از شرکت مرک آلمان خریداری شد.

- *مواد شیمیایی به‌کار رفته در ساخت آمیزه‌ها*

دوده N-330 ساخت شرکت ایران کربن، کائوچوی طبیعی SMR 20 ساخت شرکت Thaihus تایلند، گوگرد ۹۹٫۷٪ ساخت شرکت تسداک ایران، روی اکسید ۹۸٪ ساخت شرکت شکوهیه ایران، استئاریک اسید ساخت شرکت AcidChem مالزی، شتاب دهنده‌ی دی بنزو تیازول دی سولفید (MBTS) ساخت شرکت Lanxess بلژیک، و دوده گرماکافتی ساخت شرکت پترو پویا پرشین ایران، برای ساخت نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

دستگاه‌ها

الک‌آزمایشگاهی‌مدل‌NewGoushIndustries‌ساخت‌کشور‌هند،

1. Pantea 2. González 3. Gasification 4. Du

www.SID.ir

Archive of SID

آون مدل Mode1GT-7005-A4S , Farvardin chemie Co. Ltd. ساخت کشور ایران و کوره مدل، Operating Instructions, Carbolite Type 201, Temperature Controller ساخت کشور ایران به منظور انجام آزمون‌های دوده گرماکافتی به‌دست آمده از تایرهای فرسوده مورد استفاده قرار گرفت.

به منظور مخلوط‌سازی آمیزه از میل دو غلتکی نیم صنعتی مدل SYM-6 ساخت کشور تایوان استفاده شد. ویژگی‌های رئولوژیکی آمیزه‌ها با دستگاه رئومتر مدل HIWA 900 ساخت شرکت ایران مطابق استاندارد ASTM5289 بررسی شد.

پخت نمونه‌ها با دستگاه پرس هیدرولیکی آزمایشگاهی مدل PTP60 انجام شد. آزمون‌های کشش، سختی و سایش به ترتیب با دستگاه آزمون کشش یونیورسال مدل M350-5KN ساخت شرکت تستومتریک ایران، دستگاه سختی سنج دو عقربه‌ای Shore A شرکت Bareiss آلمان و دستگاه اندازه‌گیری جهندگی ساخت شرکت HIWA ایران انجام شد.

روش تهیه آمیزه‌ها

ترکیب ساختار یک آمیزه‌ی لاستیکی مشخص براساس یک فرمول ویژه پایه ریزی می‌شود. برای آن گروه از قطعات لاستیکی که نیازمندی‌های سرویس دهی در شرایط ساده‌تری از آن‌ها مورد نیاز است، کاهش قیمت فراورده و آمیزه‌ی آن‌ها با استفاده از پرکردن آمیزه با موادی مانند لاستیک بازیافتی، فیلرهای خنثی و غیره، امری مطلوب است [۱۲].

در این پژوهش ۹ آمیزه لاستیکی مطابق جدول ۱ ساخته شد. از آن‌جایی‌که هر نوع تغییر در فرمولاسیون، ویژگی‌های آمیزه را تحت تأثیر قرار خواهد داد، همه اجزای نمونه‌ها به جز درصد دوده بازیافتی در آمیزه‌های لاستیکی برپایه NR ثابت نگه داشته شد.

اختلاط آمیزه شامل عملیات درهم آمیختگی، توزیع اجزا به حالتی که آمیزه همگون به نظر برسد، پراکنش و کاهش گرانروی آمیزه و در نهایت هرگونه واکنش شیمیایی یا برهم‌کنش ناشی از فرایند اختلاط است [۱۴].

جدول۱ مشخصات ۹ آمیزه لاستیکی ساخته شده بر پایه NR

شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
% NR	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
N-330	۱۰۰	۸۰	۷۰	۶۰	۵۰	۴۰	۳۰	۲۰	۰
دوده بازیافتی	۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۱۰۰
ZnO	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
استئاریک اسید	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳
گوگرد	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
MBTS	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶	۰/۶

* تمامی واحدها برحسب Phr است.

اجزای آمیزه (بر اساس جدول ۱) در یک آسیاب دو غلتکی نیم صنعتی مدل SYM-6 ساخت کشور تایوان در گستره دمایی۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط شدند. از آن‌جایی‌که NR گرانروی بالایی دارد در ابتدا افزوده می‌شود. با شکستن زنجیرهای پلیمری NR به‌تدریج گرانروی کم شده سپس سایر اجزای آمیزه که شامل دوده، روی اکسید، پاد- ازونانت و پاد اکسیدانت است، افزوده شدند. شتاب دهنده و گوگرد در آخر افزوده شد. در هنگام اختلاط، زمان، دما و تعداد برش‌ها کنترل شد. بعد از اختلاط به منظور جلوگیری از پدیده‌ی تورم[1] یا جمع شدگی[2] زنجیرهای پلیمری، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگه‌داری شدند [۱۵].

آزمون تعیین درجه پراکنش دوده از جمله آزمون هایی بود که در این پژوهش بر روی نمونه شماره ۵ (۵۰٪ دوده بازیافتی) به منظور اطمینان از پخش مناسب دوده در آمیزه، انجام شد. درجه پخش دوده در فاز الاستومری از آن رو اهمیت دارد که ویژگی‌های اصلی یک ترکیب لاستیکی مانند: نیروی پارگی، کششی، سایش و... می‌تواند به شدت تحت تأثیر این عامل قرار گیرد.

بدین منظور و برای تعیین درجه‌ی پخش دوده در آمیزه‌های لاستیکی، از دستگاه اندازه‌گیری پراکنش دوره[3] ساخت شرکت Opti Grade کشور سوئد طبق روش ISO 11345 استفاده شد. شرکت های تولیدی که آمیزه‌های آن‌ها از درجه پخش بالایی برخوردار است، به‌طور معمول از این دستگاه که سطح آمیزه را با بزرگ‌نمایی

1. Swelling 2. Shrinkage 3. Disper Grader

www.SID.ir

Archive of SID

۱۰۰ یا ۱۰۰۰ برابر و در مقایسه با سطح آمیزه‌های مرجع روی یک نمایشگر نشان می‌دهد، استفاده می‌کنند. درجه پخش آمیزه‌های مرجع بر اساس استاندارد ASTM از ۱ تا ۱۰ تعیین شده است، هر چه این درجه بالاتر می‌رود، مقدار توزیع دوده در فاز الاستومری بهتر است. این دستگاه دارای محل مخصوصی است که نمونه‌ی مورد نظر به ابعاد ۵/۷ × ۷/۵ میلی متر در آن قرار می‌گیرد. انعکاس نوری سطح این نمونه روی نیمی از صفحه‌ی نمایشگر مشخص می‌شود، نیم دیگر صفحه به کیفیت سطح آمیزه مرجع اختصاص دارد که در ۱۰ درجه عکس آن‌ها به طور الکترونی در حافظه‌ی دستگاه ذخیره شده است. با یک دکمه می‌توان هر ۱۰ نوع عکس مرجع را در کنار سطح آمیزه مورد آزمایش مشاهده کرد و از مقایسه‌ی این دو سطح روی نمایشگر تعیین می‌شود که درجه پخش دوده در آمیزه‌ی مورد نظر به چه درجه‌ای نزدیک است.

درجه‌ی ۱۰، حالت پخش عالی و درجه‌ی ۱، حالت پخش خیلی ضعیف را نشان می‌دهد. تصویر سطح آمیزه مورد نظر روی دو محور X (که مقدار پخش دوده را نشان می‌دهد) و Y (که نمایانگر وجود ذرات درشت و کلوخه‌ای است) به تفکیک قابل دیدن است.

نتیجه‌ها و بحث

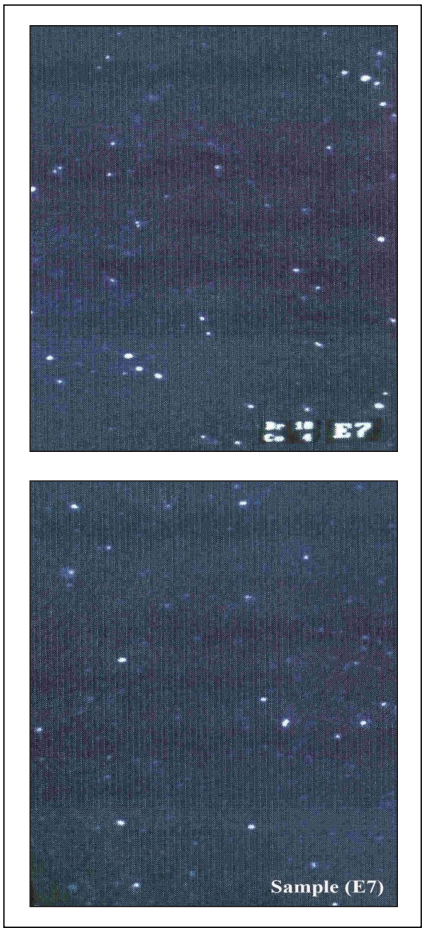
نتیجه‌های به‌دست آمده از مشخصات فنی دوده به‌دست آمده از گرماکافت تایرهای فرسوده در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲ نتیجه‌های به‌دست آمده از آزمون دوده‌ی گرماکافتی

خاصیت	دوده بازیافتی	دوده تجاری N660
عدد جذب ید (mg/g)	۴۰	۳۶ ± ۵
چگالی ریزشی (g/L)	۴۷۰	۴۳۵ ± ۳۰
ته مانده الک (٪)	۰/۱۵	۰/۱
کاهش جرم در ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد (توده) (٪)	۱	۱
کاهش جرم در ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد (bag) (٪)	۲/۵	۲/۵
مقدار خاکستر (٪)	۱/۹۴	۰/۷۵
اندازه ذرات µ	۴۵	۴۴

همان‌طور که نتیجه‌های به‌دست آمده از آزمون دوده بازیافتی (جدول ۱) نشان می‌دهند، دوده بازیافتی به تقریب مشابه با دوده تجاری N660 است و نتیجه‌ها در گستره قابل قبولی نسبت به آن قرار دارند. مقدار اضافی خاکستر موجود را می‌توان ناشی از وجود مواد افزودنی غیر قابل احتراق مانند اکسیدهای فلزی در فرمولاسیون تایرهای تولید شده دانست.

همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است درجه‌ی توزیع دوده در این نمونه مطابق با درجه E7 نمونه‌ی مرجع است و نشان دهنده‌ی آن است که پخش دوده در آمیزه در حد قابل قبول است. پس از اطمینان از این مهم به بررسی ویژگی‌های رئولوژیکی و فیزیکو- مکانیکی آمیزه‌ها پرداخته شد



شکل ۱ مقایسه‌ی کیفیت سطح آمیزه‌ی نمونه با مرجع (E7) با درجه‌ی توزیع خوب

www.SID.ir

Archive of SID

پخت آمیزه‌های لاستیکی با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از رئومتر به وسیله‌ی دستگاه پرس هیدرولیکی آزمایشگاهی انجام شد. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های پخت آمیزه‌های لاستیکی در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، از رئومتر MDR استفاده شد. جدول ۳ تأثیر دوده بازیافتی را روی بیشینه و کمینه گشتاور، زمان برشتگی Ts_2، شیب پخت CRI و زمان پخت بهینه TC_{90} را نشان می‌دهد.

جدول۳ تأثیر افزایش دوده بازیافتی بر ویژگی‌های رئولوژیکی آمیزه‌های ولکانیزه بر پایه NR

نمونه	CRI Sec-1	TS_2 Sec	TC_{90} Sec	MH-ML dN.m	MH dN.m	MH dN.m
۱	۳/۹۲۲	۴۰۰	۱۹۲۰	۸/۴۱۴	۹/۵۱۸	۱/۱۰۴
۲	۳/۸۸۶	۴۲۱	۱۷۲۹	۸/۰۰۱	۸/۴۱۵	۰/۸۲۸
۳	۵/۰۹۸	۳۹۲	۱۳۹۲	۷/۸۶۳	۸/۶۹۱	۱/۱۰۴
۴	۱۰/۴۹۴	۱۶۱	۶۸۷	۷/۰۵۶	۸/۲۹۸	۱/۲۴۲
۵	۱۱/۱۷۴	۱۵۸	۶۵۴	۷/۵۸۷	۹/۶۵۶	۱/۶۵۵
۶	۱۱/۶۶۴	۱۵۶	۶۲۵	۷/۵۸۷	۸/۸۲۹	۱/۲۴۲
۷	۱۲/۲۹۹	۱۶۰	۶۲۴	۷/۵۸۷	۹/۵۱۸	۱/۶۵۵
۸	۱۳/۶۰۳	۱۴۶	۵۵۸	۷/۸۶۳	۱۰/۲۰۸	۱/۹۳۱
۹	۱۳/۲۶۲	۱۴۳	۵۶۱	۸/۲۷۷	۹/۶۵۶	۱/۷۹۳

عامل‌های مقاومت در برابر پارگی، درصد ازدیاد طول تا نقطه پارگی و مدولوس ۱۰۰٪ و ۳۰۰٪ با دستگاه آزمون کشش اندازه گیری شد. سختی آمیزه‌ها با سختی سنج دو عقربه‌ای بر حسب Shore A و جهندگی آن‌ها اندازه گیری شد. به منظور بالا بردن دقت، هر آزمون پنج مرتبه تکرار شد و دستگاه مقدار میانگین هر عامل را گزارش داد. جدول ۴ اثر افزایش دوده بازیافتی را بر روی ویژگی‌های کششی آمیزه‌های پخت شده نشان می‌دهد.

جدول۴ تأثیر افزایش دوده بازیافتی بر ویژگی‌های کششی آمیزه‌های ولکانیزه بر پایه NR

نمونه	جهندگی (٪)	سختی ShoreA	فشار اعمال شده (Mpa)	مدولوس ۳۰۰٪	مدولوس ۱۰۰٪	درصد ازدیاد طول
۱	۵۵/۲۳	۵۳	۵/۸۳	۴/۹۵	۱/۶۶	۳۴۸
۲	۵۲/۶۶	۵۲	۵/۶۴	۴/۶۰	۱/۴۴	۳۵۹
۳	۵۰/۸۵	۴۹	۷/۲۴	۵/۳۴	۱/۷۱	۳۸۲
۴	۴۷/۴۵	۵۱	۸/۹۷	۷/۱۰	۲/۱۳	۳۶۱
۵	۵۶/۴۵	۵۰	۸/۹۲	۶/۸۶	۲/۰۵	۳۶۶
۶	۵۴/۲۱	۵۱	۸/۲۸	۵/۹۲	۱/۷۱	۳۸۵
۷	۵۶/۴۵	۴۹	۱۰/۱۵	۷/۴۲	۲/۰۴	۳۷۶
۸	۵۷/۱۳	۵۱	۱۱/۴۵	۸/۲۵	۲/۱۳	۳۷۶
۹	۵۹/۸۶	۵۲	۱۸/۵۱	۱۰/۶۰	۲/۵۷	۴۳۹

بررسی اثر دوده بازیافتی بر روی ویژگی‌های رئولوژیکی آمیزه‌های تهیه شده با دوده بازیافتی

همان‌گونه که در جدول ۳ مشاهده می‌شود:

۱- عامل MH-ML که نشان دهنده تغییرات گشتاور آمیزه در حین پخت، تعداد پیوندهای عرضی ایجاد شده و چگونگی برهم‌کنش اجزای آمیزه است، با افزایش درصد دوده بازیافتی به عنوان پر کننده در آمیزه‌های ساخته شده نسبت به آمیزه حاوی ۱۰۰٪ دوده صنعتی تغییرات قابل توجهی را نشان نمی‌دهد. این نتیجه بیانگر آن است که کارایی آمیزه‌ی تهیه شده مشابه دوده بازیافتی با دوده تجاری است.

۲- عامل TC_{90} که یکی از مهم‌ترین عامل‌ها در پخت آمیزه لاستیکی بوده و بیانگر مدت زمانی است که ۹۰٪ پخت آمیزه انجام شده، در آمیزه‌های پر شده با دوده بازیافتی کاهش قابل توجهی یافته است. این امر در صنعت لاستیک بسیار مطلوب بوده چون موجب کاهش انرژی مصرفی و زمان پخت می‌شود. توزیع بهتر پرکننده‌ها در آمیزه‌ی لاستیکی موجب افزایشِ توزیع عوامل پخت در زمان اختلاط شده و مشارکت بهتر این عوامل در پخت، موجب کاهش زمان پخت شده و فرایند ولکانیزاسیون را تسریع می‌نماید.

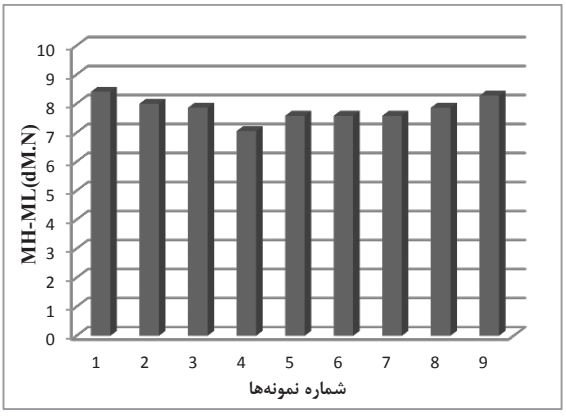
۳- عامل TS_2 که نشان دهنده زمان برشتگی آمیزه است. در این زمان پس‌از دمایی مشخص، آمیزه شروع به پخت شدن می‌کند و نخستین پیوندهای عرضی در آن تشکیل شود. نتیجه‌های به‌دست آمده بیانگر کاهش زمان مورد نظر در آمیزه حاوی دوده بازیافتی است.

۴- عامل CRI که یکی از عامل‌های قابل بحث در پخت آمیزه لاستیکی بوده و بیانگر شیب سرعت پخت است، در آمیزه‌های حاویِ پرکننده بازیافتی، تا حدودی افزایش یافته است (جدول ۳). شاید نتوان این روند را در همه موارد مصرف آمیزه تاکیدی بر بهبود این ویژگی دانست ولی در کل می‌توان نتیجه گرفت که این امر موجب کاهش انرژی مصرفی برای پخت آمیزه‌هاست. از طرفی کوتاه شدن زمان پخت تأکیدی بر این روند دارد.

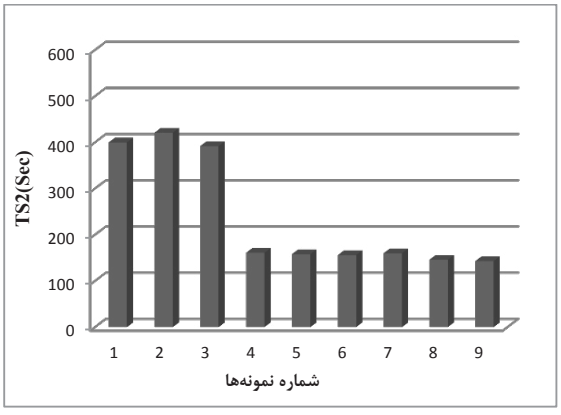
نمودارهای شکل‌های ۲ تا ۵ چگونگی تغییر ویژگی‌های متفاوت رئولوژیکی آمیزه‌ها را با تغییر درصد دوده بازیافتی نشان می‌دهد.

www.SID.ir

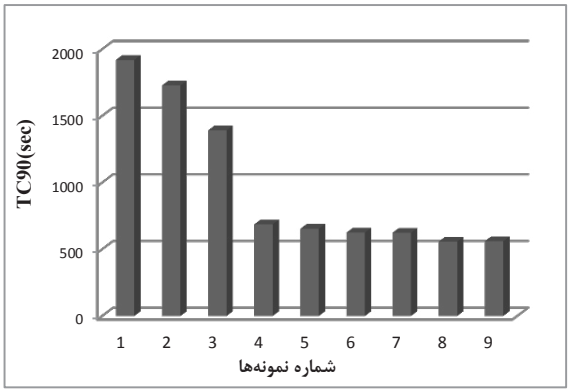
Archive of SID



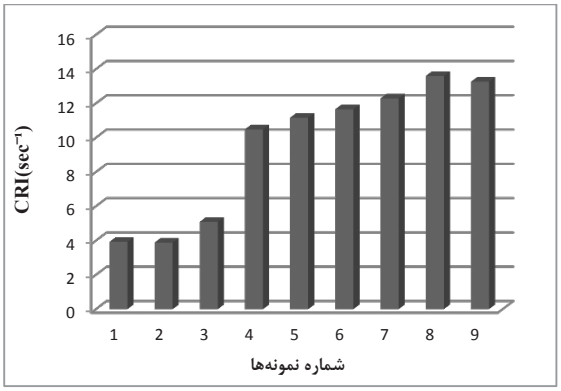
شکل۲ تغییرات چگالی پیوندهای عرضی آمیزه‌ها با افزایش مقدار دوده بازیافتی



شکل ۴ تغییرات زمان برشتگی آمیزه‌ها با افزایش مقدار دوده بازیافتی



شکل ۳ تغییرات زمان بهینه پخت آمیزه‌ها با افزایش مقدار دوده بازیافتی



شکل ۵ تغییرات سرعت پخت آمیزه‌ها با افزایش مقدار دوده بازیافتی

بررسی ویژگی‌های فیزیکی- مکانیکی آمیزه‌های تهیه شده با پرکننده‌های متفاوت

نتیجه‌های به‌دست آمده از آزمون‌های انجام شده برای تعیین ویژگی‌های فیزیکو-مکانیکی آمیزه‌های حاوی درصدهای متفاوت دوده بازیافتی در جدول ۴ آورده شده است. همان‌طور که از نتیجه‌ها مشاهده می‌شود:

۱- استحکام کششی که انرژی مورد نیاز برای اعمال تنش کششی بر روی آمیزه تا زمان پارگی است در نمونه‌های پر شده با درصدهای متفاوت دوده بازیافتی، نشاندهنده‌ی تقویت آمیزه به دلیل توزیع قابل قبول پرکننده (شکل ۲)، و افزایش کارایی فرایند پخت به دلیل توزیع بهتر عوامل پخت همراه با پرکننده و رابرایز شدن آمیزه‌ها بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده از آزمون کائوچوی پیوندی است.

۲- ازدیاد طول در نقطه پارگی که نمایانگر درصد افزایش طولی است که آمیزه در زمان پاره شدن پیدا می‌کند نیز با استفاده از دوده بازیافتی تغییرات قابل توجهی را نشان نمی‌دهد که این نشان از کارآیی مشابه دوده بازیافتی با دوده تجاری دارد. بنابراین، نتیجه‌ها در گستره قابل پذیرش قرار می‌گیرد.

۳- تغییرات مدولوس که بیانگر انرژی مورد نیاز برای کشیدن نمونه برای رسیدن ابعاد آن به چند برابر ابعاد اولیه است برای مدولوس ۱۰۰٪ در آمیزه‌های ساخته شده با درصد متفاوت از دوده بازیافتی با آمیزه شاهد تفاوت زیادی نداشته ولی برای مدولوس ۳۰۰٪، در آمیزه‌های پرشده با دوده بازیافتی به نحوی افزایش یافته است، که با توجه به‌کاربرد فرمولاسیون

www.SID.ir

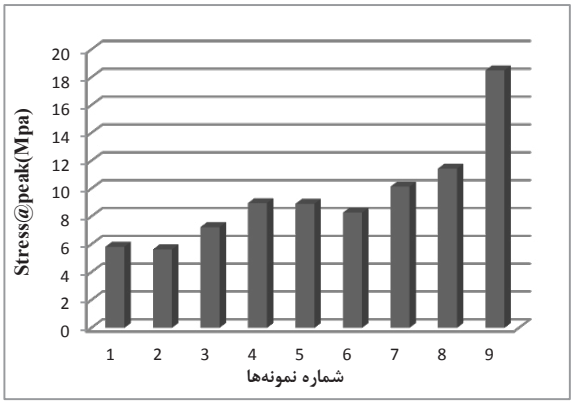
Archive of SID

اعمال شده که مربوط به عاج تایر است می‌توان این افزایش را در گستره قابل پذیرش در نظر گرفت.

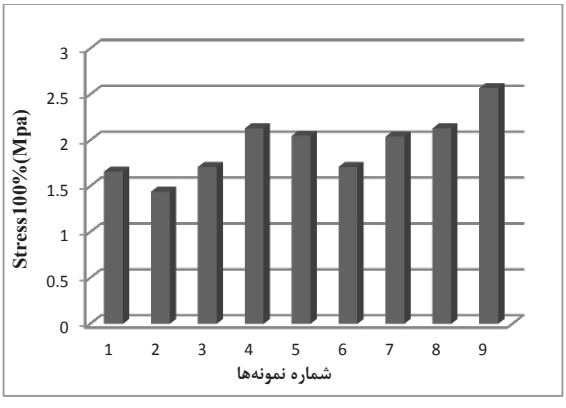
۴- سختی آمیزه‌های پر شده با دوده بازیافتی تغییرات قابل توجهی را نشان نمی‌دهد و در گستره قابل پذیرش قرار می‌گیرند.

۵- جهندگی که نشان‌دهنده حالت الاستیسیته‌ی آمیزه است نیز با استفاده از پرکننده بازیافتی افزایش یافته است. این ویژگی با توجه به عدم کاهش سختی آمیزه قابل توجه بوده و می‌تواند نشان‌دهنده پخش بهتر اجزای آمیزه و امکان توزیع نیروی وارده، به‌وسیله‌ی ترکیب پر شده با دوده بازیافتی باشد.

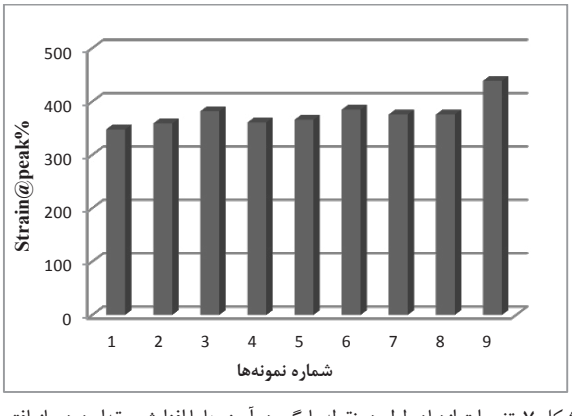
۶- نمودار شکل‌های ۶ تا ۱۱ چگونگی تغییر ویژگی‌های مکانیکی آمیزه‌ها را با تغییر درصد دوده بازیافتی نشان می‌دهد. با توجه به موارد ذکر شده می‌توان گفت از آن‌جایی‌که پرکننده‌ها یکی از عامل‌های مهم آمیزه‌کاری در صنعت تایر هستند، بازیافت این ماده و کاربرد دوباره آن در تهیه تایرهای جدید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این طرح پژوهشی، بررسی امکان استفاده از دوده بازیافتی به‌دست آمده از تایرهای فرسوده در تهیه آمیزه‌های لاستیکی تایر و بررسی ویژگی‌های آمیزه‌ها و مقایسه آن‌ها با استانداردهای موجود، نشان داد که می‌توان انتظار داشت رفتارهای رئولوژیکی و فیزیکو- مکانیکی آمیزه‌های لاستیکی ساخته شده بر پایه NR با استفاده از دوده بازیافتی در گستره قابل قبولی در مقایسه با دوده تجاری قرار دارد.



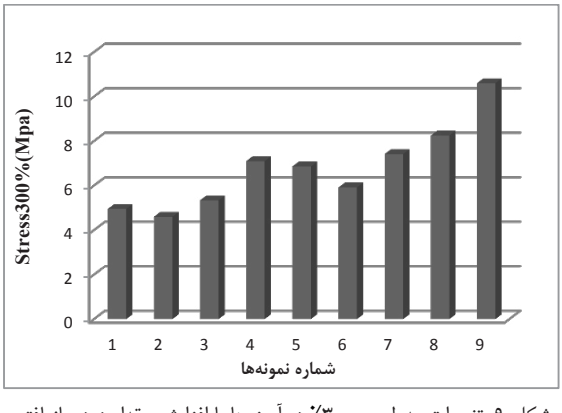
شکل ۶ تغییرات استحکام کششی در آمیزه‌ها با افزایش مقدار دوده بازیافتی



شکل ۸ تغییرات مدولوس ۱۰۰٪ در آمیزه‌ها با افزایش مقدار دوده بازیافتی



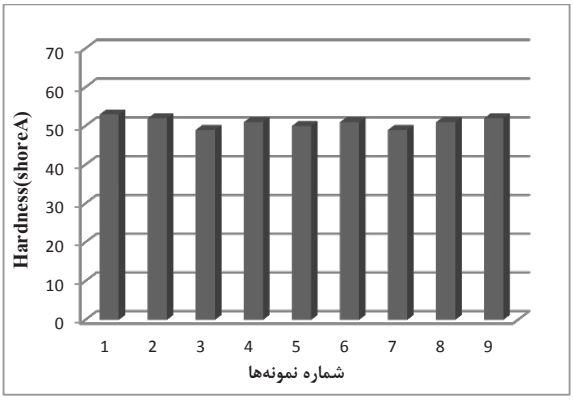
شکل ۷ تغییرات ازدیاد طول در نقطه پارگی در آمیزه‌ها با افزایش مقدار دوده بازیافتی



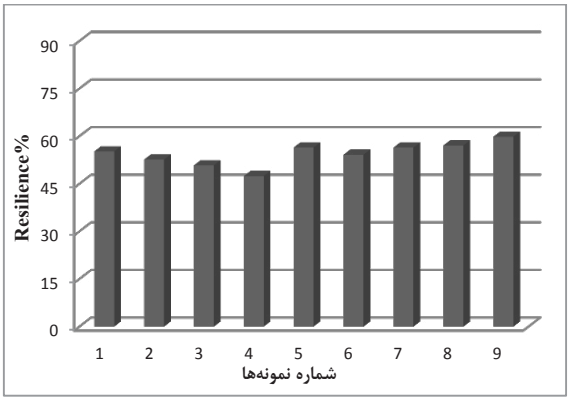
شکل ۹ تغییرات مدولوس ۳۰۰٪ در آمیزه‌ها با افزایش مقدار دوده بازیافتی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰ تغییرات سختی در آمیزه‌ها با افزایش مقدار دوده بازیافتی



شکل ۱۱ تغییرات جهندگی در آمیزه‌ها با افزایش مقدار دوده بازیافتی

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، استفاده از دوده گرماکافتی به جای دوده تجاری بررسی شد. ویژگی‌های دوده گرماکافتی داخلی به‌دست آمده از تایرهای فرسوده با استانداردهای موجود برای دوده مصرفی در صنعت لاستیک تطابق قابل قبولی داشت. نتیجه‌های به‌دست آمده از بررسی رفتار رئولوژیکی آمیزه‌ها نشان داد که با افزایش درصد دوده بازیافتی به عنوان پر کننده در آمیزه‌های ساخته شده تغییرات قابل توجهی مشاهده نمی شود که این نشان دهنده کارآیی مشابه دوده بازیافتی با دوده تجاری (N660) است. نتیجه آزمون‌های مکانیکی نشان‌دهنده‌ی تقویت آمیزه به دلیل توزیع قابل قبول پرکننده (شکل ۲)، و افزایش کارایی فرایند پخت به دلیل رابرایز شدن آمیزه‌ها بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده از آزمون کائوچوی پیوندی است. افزایش نسبی جهندگی آمیزه‌ها با توجه به عدم کاهش سختی آن‌ها قابل توجه بوده، و می‌توان انتظار داشت رفتارهای رئولوژیکی و فیزیکو- مکانیکی آمیزه‌های لاستیکی ساخته شده بر پایه NR با استفاده از دوده بازیافتی در گستره قابل قبولی در مقایسه با دوده تجاری قرارگیرد. لذا می‌توان ضمن استفاده بهینه از ضایعات لاستیکی، از آلودگی‌های محیطزیست نیز جلوگیری کرد.

سپاسگزاری

این پژوهش برگرفته از طرح پژوهشی "آمیزه‌های لاستیکی پر شده با دوده به‌دست آمده از گرماکافت تایرهای فرسوده" است که با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال به اجرا در آمده است، بدین وسیله از آن واحد دانشگاهی تقدیر به عمل می‌آید. هم‌چنین از زحمات بی دریغ جناب آقای دکتر سعید تقوایی و مرکز تحقیقات صنایع لاستیک ایران در راستای به ثمر رسیدن این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

1. Tanthapanichakoon, W.; Ariyadejwanich, P.; Japthong, P.; Nakagawa, K.; Mukai, S.R.; Tamon, H.; Water. Res., 39: 1347-1353, 2005.
2. Shah, J.; Rasul-Jan, M.; Mabood, F.; Shahid, M.; J. Chinese Chemical Society, 53, 1085-1089, 2006.
3. Skodras, G.; Diamantopoulou, I.; Zabaniotou, A.; Stavropoulos, G.; Sakellaropoulos, G.P.; Fuel Process. Technol., 88: 749-758, 2007.
4. Li, L.; Liu, S.; Zhu, T.; J. Environ. Sci., 22(8), 1273-1280, 2010.
5. Hofman, M.; Pietrzak, R.; Chem. Eng. J., 170(1): 202-208.
6. Troca-Torrado, C.; Alexandre-Franco, M.; Fernandez-Gonzalez, C.; Alfaro-Dominguez,

www.SID.ir

Archive of SID

M.; Gomez-Serrano, V.; Fuel Process. Technol., 99: 206-212, 2011.
7. Chan, O.S.; Cheung, W.H.; McKay, G.; Chem. Eng. J. 191, 162-170, 2012.
8. Pantea, D.; Darmstadt, H.; Kaliaguine, S.; Roy, Ch.; J. Analytical and Applied Pyrolysis, 67(1), 55-76, 2003.
9. González, J.F.; Encinar, J.M.; González-García, C.M.; Sabio, E.; Ramiro, A.; Canito, J.L.; Gañán, J.; Applied Surface Science, 252(17), 5999-6004, 2006.
10. Du, A.; Wua, M.; Sua, C.; Chena, H.; Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics, 47(2), 268-275, 2008.
11. Du, A.; Zhang, Z.; Wua, M.; Express Polymer Letters, .3(5), 295–301. 2009.
12. Jie, Z.; Shegji, W.; Tianming, Y.; Zhengmiao, X.; "Modified Pyrolytic Carbon Black from Scrap Tires and Its Reinforcement Performance in Natural Rubber", International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring (CDCIEM), Changsha, 2011.
13. Pilusa, J.; Muzenda, E.; Interational Journal of Chemical, Materials Science and Engineering, 7(10), 155-159, 2013.
۱۴- "مقدمه‌ای بر مبانی آمیزه‌کاری و تکنولوژی لاستیک"، شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک، تهران، ۱۳۷۵.
15. Hofmann, W.; "Rubber Technology Handbook", Hanser Publishers, New York, 1994.

www.SID.ir

Archive of SID

JARC

Investigation of rheological and physico-mechanical properties of rubber blends treated by carbon black obtained via pyrolysis of waste tire

F. Motiee* and M. Malek-Zadeh

Assistant Prof. of Applied Chemistry, Faculty of Chemistry, Tehran North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Recieved: May 2013, Revised: May 2013, Accepted: June 2013

Abstract: As carbon black is the major component in the tire formulation, recycling and reuse of it for the preparation of the new tires is very important. The basic properties of PCB were characterized. The results show that these properties are within acceptable limits for carbon black that is used in the tire industry. The effects of PCB on the processing properties of rubber compounds based on NR and the mechanical properties of vulcanizates were investigated and compared with other traditional fillers. The effect of PCB on the processing properties of compounds was similar to that of other fillers. This project gives a unique eco-friendly solution to manage waste rubbers which currently create environmental problems.

Keywords: Rubber compound, Rheological, Physico-mechanical, Scrap tire, Carbon black, Pyrolysis

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

www.SID.ir