

استفاده از پلی سیلیکات روی به عنوان جایگزینی برای اکسید روی در تایرهای سواری

محمدامین زارع^{*}، معصومه حیدری و محدثه قاسمی
کارشناس ترکیبات مواد، شرکت لاستیک سازی البرز (کیان تایر)
Mohammadaminzare351@gmail.com

چکیده: اکسید روی یا به اختصار ZnO، به عنوان پرکاربردترین فعال کننده در فرایند ولکانیزاسیون لاستیک شناخته می شود که با تأثیر بر سینتیک واکنش پخت، تشکیل پیوندهای دی سولفیدی کوتاه را تسهیل کرده و به افزایش چگالی پیوندهای عرضی در ترکیبات لاستیکی کمک کرده و در فرایند پخت، خواص فیزیکی - مکانیکی لاستیک را نیز بهبود می بخشد. با این حال، به دلیل سمیت آن برای سلامت انسان و محیط زیست، به ویژه برای حیات آبریان، میزان استفاده از اکسید روی در ترکیبات لاستیکی باید به حداقل برسد. یکی از راه کارهای کاهش سطح اکسید روی، استفاده از مواد کامپوزیتی ZnO است که در آن ذرات اکسید روی با پوشش هایی مانند اسید استئاریک یا سیلان ها اصلاح سطحی می شوند تا از تجمع آن ها جلوگیری شده و توزیع یکنواخت تری در ماتریس لاستیکی داشته باشند. در این مطالعه، از ماده پلی سیلیکات روی به عنوان جایگزینی برای اکسید روی استفاده شده و مشخصه های رئولوژیکی و خواص فیزیکی - مکانیکی آن مورد بحث قرار گرفته است. در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده، بهترین ترین فرمولاسیون انتخاب و جهت تولید تایرهای سواری در خط تولید شرکت کیان تایر مورد استفاده قرار گرفت.

واژه های کلیدی: پلی سیلیکات روی، عملکرد تایر، صنعت تایر سازی، فعال کننده دوست دار محیط زیست

مقدمه

امروزه لاستیک ها به دلایلی همچون خاصیت ارتجاعی خوب، سختی مناسب، ازدیاد طول بالا در هنگام پارگی، مقاومت خوب در برابر مواد شیمیایی خورنده و غیره کاربردهای گسترده ای مانند تایرها، دستکش ها، کفش و غیره دارد. اگرچه تایرها و سایر محصولات لاستیکی از نظر فناوری پیشرفته هستند، اما پایداری تولید، استفاده، دفع و استفاده مجدد از آن ها به مسائل اصلی در چارچوب مدل اقتصاد چرخشی تبدیل شده است [۱].

در ترکیبات آمیزه های لاستیکی به همراه شتاب دهنده های آلی ولکانیزاسیون، استفاده از فعال کننده های آلی و یا معدنی برای دستیابی به پتانسیل و کارایی کامل آن ها ضروری است. فعال کننده ها همان طور که از نامشان مشخص است، شامل موادی هستند که ضمن اصلاح برخی پارامترهای خواص فیزیکی - مکانیکی، باعث کاهش زمان پخت و در نهایت رسیدن به تعداد مشخص میزان مطلوب پخت می شود. این مواد با شتاب دهنده ها یک کمپلکس واسطه ایجاد کرده و سرانجام تبدیل گوگرد حلقوی به گوگرد اتمی را تسریع می کند و بدین جهت باعث افزایش سرعت پخت و در نتیجه کاهش زمان پخت می شوند. اکسید روی، مهم ترین و معمول ترین آن ها است. از نظر شیمیایی اکسید روی یک اکسید بازی بوده و معمولاً به صورت ترکیب با اسید چرب به کار می رود. در حال حاضر یکی از نگرانی های زیست محیطی در فرایند ولکانیزاسیون آمیزه های لاستیکی، استفاده از اکسید روی به عنوان فعال کننده است.

یکی از مواد قابل استفاده به عنوان فعال کننده جهت جایگزینی برای اکسید روی، پلی سیلیکات روی است [۲]. به علت اینکه هر دو ماده دارای یکسری فازهایی بر مبنای Zn^{2+} دارند شباهتهایی را می توان در این ماده از نظر خواص مشاهده کرد. این ماده عاری از فلزات سمی مانند سرب و کادمیوم بوده و همچنین خاصیت آنتی باکتریال دارد [۳].

بخش تجربی

در ابتدا برای هر دو کامپاند از ۱۰۰٪ اکسید روی استفاده و سپس نسبت های مذکور ماده پلی سیلیکات روی و اکسید روی در چهار سطح متفاوت (جدول های ۱ و ۲) اعمال شد. همچنین خواص هر دو کامپاند براساس مقدار پلی سیلیکات

روی جایگزین شده مورد بررسی قرار گرفت.

فرمولاسیون های ارائه شده در دو مرحله مستر و فاینال در بنبوری آزمایشگاهی با حجم ۳ لیتر ترکیب و تولید شدند. در مرحله تولید مستر، کائوچو به همراه روغن و مواد افزودنی ترکیب و در نهایت، مستر به همراه مواد پخت شامل گوگرد، شتاب دهنده و همچنین بازدارنده مخلوط و آمیزه فاینال تولید شد. توده استخراج شده از بنبوری توسط میل دوغلتکی به صورت ورقه ای درآمده و جهت گذشت زمان آسودگی کامپاندهای تولید شده برای مدت زمان مشخصی نگهداری شدند. در نهایت نمونه ها جهت انجام تست آزمون های رئولوژیکی اخذ شد و جهت بررسی خواص فیزیکی - مکانیکی به مدت ۲۰ دقیقه و در دمای ۱۴۹ درجه سانتی گراد قالب گیری و ولکانیزه شدند.

جدول ۱- فرمولاسیون آمیزه های مرجع و تهیه شده آج تایر (واحد phr)

مواد اولیه	نمونه ها			
	نمونه مرجع	نمونه اول	نمونه دوم	نمونه سوم
کائوچو	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳	۱۰۳
دوده	۷۷	۷۷	۷۷	۷۷
روغن	۳۰/۱۰	۳۰/۱۰	۳۰/۱۰	۳۰/۱۰
اکسید روی	۲	۱/۸۰	۱/۲۰	۰/۶۰
پلی سیلیکات روی	۰	۰/۲۰	۰/۸۰	۱/۴۰
مواد ریز	۱۲،۶۶	۱۲،۶۶	۱۲،۶۶	۱۲،۶۶

جدول ۲- فرمولاسیون آمیزه های مرجع و تهیه شده لایه میانی تایر (واحد phr)

مواد اولیه	نمونه ها			
	نمونه مرجع	نمونه اول	نمونه دوم	نمونه سوم
کائوچو	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۵
دوده	۳۱/۱۶	۳۱/۱۶	۳۱/۱۶	۳۱/۱۶
روغن	۶/۲۱	۶/۲۱	۶/۲۱	۶/۲۱
اکسید روی	۳	۲/۷۰	۱/۸۰	۰/۹۰
پلی سیلیکات روی	۰	۰/۳۰	۱/۲۰	۲/۱۰
مواد ریز	۷،۱۷	۷،۱۷	۷،۱۷	۷،۱۷

نتیجه‌ها و بحث

ویژگی‌های رئولوژیکی آمیزه‌های لاستیکی از زمان شروع تا پایان پخت توسط رنومتر Monsanto ODR-2000 مطابق ASTM D2084 و زمان ایمنی در دمای ۱۳۹ درجه توسط دستگاه Monsanto mv 2000 مطابق ASTM 1646، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون انجام‌شده روی نمونه مرجع و آزمایشی به‌ترتیب در جدول (۳) و (۴) نشان داده‌شده است. همچنین براساس استاندارد ASTM D638، نمونه‌های دمیل شکل از ورق‌های ولکانیزه شده تهیه و پس از مشخص کردن ضخامت، با استفاده از دستگاه کشش Instron ۴۳۰۲ مورد تست قرار گرفت. همچنین آزمون سختی نیز با استفاده از سختی سنج Shore A ۷۲۰۶ براساس ASTM D2240 انجام شد. آزمون‌های مذکور برای هر نمونه چهار مرتبه تکرار شد. باتوجه به نتایج رئولوژیکی به‌دست‌آمده از زمانی ایمنی و نرخ پخت نمونه‌ها، می‌توان دریافت که با جایگزینی تدریجی پلی‌سیلیکات روی به‌جای اکسید روی، زمان ایمنی به‌طور قابل‌توجهی مخصوصاً در نمونه‌هایی که دارای سهم بیشتری از پلی‌سیلیکات روی هستند، کاهش یافته است. این پدیده و علت را می‌توان ناشی از رهاسازی اولیه سریع‌تر یون‌های Zn^{2+} از ساختار پلی‌سیلیکات روی به علت وجود پیوندهای Zn-O-Si و همچنین اثرات سطحی کاتالستی سیلیکات دانست که موجب واکنش با شتاب‌دهنده‌ها و درنهایت افزایش سرعت پخت و کاهش زمان ایمنی شده است [۴ و ۵].

جدول ۳- مشخصه‌های رئولوژیکی و فیزیکی-مکانیکی نمونه‌های مرجع و تهیه‌شده آمیزه آج

نام مشخصه	نمونه‌ها			
	آمیزه مرجع	نمونه اول	نمونه دوم	نمونه سوم
(lb.in) ML	۸,۶۵	۷,۳۷	۸,۳۸	۷,۵۷
(lb.in) MH	۴۲,۴۸	۴۶,۷۴	۳۹,۶۹	۴۳,۶۱
(min) T ₅	۱۷,۵۲	۱۷,۴۸	۱۵,۲۶	۱۳,۳۴
(min) T ₃₅	۱۹,۵۷	۲۰,۱۵	۱۷,۳۰	۱۵,۴۳
مقاومت کششی (psi)	۱۹۴۰	۲۳۵۱	۲۰۶۹	۲۱۳۶
مدولاس ۳۰۰٪ (psi)	۱۲۱۷	۱۲۳۴	۱۰۸۵	۸۵۴
ازدیاد طول در نقطه شکست (%)	۴۵۵	۵۱۶	۵۵۲	۶۲۷
سختی (Shore A)	۶۳	۶۳	۶۲	۵۸

جدول ۴- مشخصه‌های رئولوژیکی و فیزیکی-مکانیکی نمونه‌های مرجع و تهیه‌شده آمیزه لایه میانی

نام مشخصه	نمونه‌ها			
	آمیزه مرجع	نمونه اول	نمونه دوم	نمونه سوم
(lb.in) ML	۹,۵۲	۸,۴۳	۹,۲۲	۷,۹۱
(lb.in) MH	۵۷,۶۰	۶۰,۵۶	۵۵,۳۴	۵۲,۳۲
(min) T ₅	۱۴,۰۰	۱۴,۰۱	۱۳,۴۳	۱۳,۳۸
(min) T ₃₅	۱۵,۰۲	۱۷,۵۱	۱۵,۰۷	۱۷,۰۴
مقاومت کششی (psi)	۲۹۳۰	۲۹۵۰	۳۰۴۵	۲۶۴۷
مدولاس ۳۰۰٪ (psi)	۱۰۴۵	۱۱۵۴	۱۰۰۷	۷۶۱
ازدیاد طول در نقطه شکست (%)	۵۵۵	۵۲۰	۵۷۸	۵۹۱
سختی (Shore A)	۵۶	۵۷	۵۵	۵۱

باتوجه به نتایج خواص فیزیکی-مکانیکی حاصل (جدول‌های ۳ و ۴) از آزمایش‌های انجام‌شده و مقایسه آن با نمونه مرجع می‌توان دریافت که با کاهش میزان اکسید روی و جایگزینی آن با پلی‌سیلیکات روی، پارامتر مدول و سختی کاهش یافته که بیانگری از کاهش چگالی پیوندهای عرضی بوده است. با کاهش چگالی پیوندهای

مراجع

- [1] C. Börüban Bingöl, S. Polat, and S. H. Atapek, "Ageing Behavior of Rubber Compounds Prepared with Different ZnO Types," in Journal of Physics: Conference Series, Institute of Physics, 2024. doi: 10.1088/1742-6596/2692/1/012009.
- [2] A. Krysztafkiewicz, "Modified zinc silicate-an active rubber filler," 1988.
- [3] S. L. Chia and D. T. Leong, "Reducing ZnO nanoparticles toxicity through silica coating," Heliyon, vol. 2, no. 10, Oct. 2016, doi: 10.1016/j.heliyon.2016.e00177.
- [4] A. Susanna et al., "Catalytic effect of ZnO anchored silica nanoparticles on rubber vulcanization and cross-link formation," Eur Polym J, vol. 93, pp. 63–74, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.eurpolymj.2017.05.029.
- [5] A. Susanna et al., "ZnO nanoparticles anchored to silica filler. A curing accelerator for isoprene rubber composites," Chemical Engineering Journal, vol. 275, pp. 245–252, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.cej.2015.04.017.