

بررسی خواص مکانیکی پلی بوتادیان پخت شده با سامانه پراکسیدی (DTBPH) و کمک واکنشگر متاکریلاتی (ZDMA)

ایمان عباسی شاهدهی^۱، عباس شیخ^{۲*}، مریم کلانتری پور^۲

۱- گروه مهندسی پلیمر، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران

a.sheikh@modares.ac.ir

چکیده: در این پژوهش، اثر نوع و مقدار کمک واکنشگر روی دی متاکریلات (ZDMA) سنتزی بر خواص مکانیکی لاستیک پلی بوتادیان (BR) پخت شده با سامانه پراکسیدی دی ترشیاری بوتیل پراکسید هگزان (DTBPH) بررسی شد. نمونه ها در شرایط یکسان اختلاط و پخت تهیه شدند و رفتار پخت آن ها با استفاده از داده های رئومتر تحلیل شد. سپس ارتباط بین ویژگی های رئولوژیکی مرحله پخت و خواص مکانیکی نظیر استحکام کششی، ازدیاد طول در نقطه شکست و سختی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد با افزایش درصد ZDMA، سختی و استحکام کششی افزایش و ازدیاد طول در نقطه شکست کاهش می یابد که ناشی از افزایش چگالی پیوند عرضی و تشکیل نواحی شبه پرکننده با مدول بالا است. همچنین مشاهده شد نمونه هایی که دارای گشتاور نهایی بالاتر و زمان پخت کوتاه تری بودند، عملکرد مکانیکی بهتری از خود نشان دادند. به طور کلی، استفاده هم زمان از ZDMA و پراکسید منجر به ایجاد شبکه ای مقاوم تر و بهبود قابل توجه در خواص مکانیکی لاستیک بوتادیان شد.

واژه های کلیدی: لاستیک بوتادیان، پخت پراکسیدی، کمک واکنشگر پخت، خواص مکانیکی لاستیک بوتادیان رابر، سامانه پخت DTBPH/ZDMA

مقدمه

دادن به نمونه ها، آزمون سختی Shore A طبق استاندارد ASTM D2240 و آزمون کشش جهت تعیین استحکام و ازدیاد طول تا شکست مطابق ISO37 انجام گرفت.

نتیجه ها و بحث

نتایج داده های رئومتر پخت و خواص مکانیکی در جدول (۱) ارائه شده است. داده های رئومتر پخت نشان دادند که با افزایش مقدار کمک واکنشگر ZDMA، گشتاور نهایی به طور محسوسی افزایش و زمان پخت (T_{c90}) کاهش یافت. این رفتار ناشی از افزایش بازده واکنش های پیوند عرضی در حضور گروه های متاکریلاتی با قابلیت هم پخت و تشکیل پیوندهای کووالانسی و یونی بین زنجیرهای BR و یون های روی است. در واقع ZDMA ضمن مهار واکنش های جانبی رادیکالی، موجب شکل گیری شبکه ای متراکم تر با مدول بالاتر می شود. همچنین با افزایش میزان پراکسید (DTBPH) از ۰.۵ به ۱ phr، گشتاور نهایی افزایش یافت، اما در مقادیر بالاتر به دلیل واکنش های تخریبی زنجیرهای پلیمر، کارایی پیوند عرضی کاهش نشان داد.

رفتار خواص مکانیکی نیز با نتایج رئومتر هم خوانی نسبتاً خوبی نشان داد. افزایش ZDMA موجب افزایش چشمگیر سختی و استحکام کششی شد که نتیجه مستقیم افزایش چگالی پیوند عرضی و ایجاد نواحی شبه پرکننده درون بستر لاستیکی است. این نواحی با محدود کردن حرکت زنجیرها، سبب افزایش مدول و سختی شبکه می شوند. در مقابل، ازدیاد طول در نقطه شکست با افزایش ZDMA کاهش یافت که ناشی از کاهش انعطاف پذیری زنجیرها در شبکه متراکم تر است. در ترکیبات فاقد ZDMA، افزایش مقدار DTBPH ابتدا باعث بهبود خواص مکانیکی شد اما در مقادیر بالاتر اثر عکس داشت؛ زیرا افزایش بیش از حد پراکسید، افزون بر افزایش پیوند عرضی، موجب تخریب زنجیرهای اصلی و کاهش استحکام می شود. در حضور ZDMA این اثر منفی تا حد زیادی جبران شد، زیرا ZDMA با ایجاد پیوندهای پایدار و ساختارهای شبه پلیمری، مانع از تضعیف شبکه در اثر تخریب زنجیرها شد.

پلی بوتادیان (BR) از پلیمریزاسیون ۱،۳-بوتادیان به دست می آید و نوع سیس-۱،۴ آن به دلیل خاصیت کشسانی، مقاومت در برابر سایش و برگشت پذیری بالا، کاربرد گسترده ای در صنعت تایر دارد. همچون دیگر الاستومرها، BR نیازمند فرایند پخت است تا به کارایی مطلوب برسد. از این رو ایجاد پیوند عرضی بین زنجیرهای پلیمری برای بهبود خواص مکانیکی و پایداری ضروری است [۱]. در میان سامانه های پخت، گوگردی و پراکسیدی رایج ترین گزینه ها هستند. هرچند سامانه گوگردی بیشتر در صنعت به کار می رود، اما پخت پراکسیدی به دلیل ایجاد شبکه های پایدارتر و مقاومت بالاتر در برابر پیرشدگی حرارتی برای ترکیبات خاص مناسب تر است. با این حال، کارایی پراکسید به تنهایی در لاستیک بوتادیان محدود بوده و نیاز به استفاده از کمک واکنشگر دارد [۲]. در این راستا، ترکیبات متاکریلاتی چند عاملی مانند دی متاکریلات روی (ZDMA) با مشارکت در واکنش های پلیمریزاسیون رادیکالی، موجب افزایش چگالی پیوند عرضی و بهبود سختی و استحکام می شوند. در این پژوهش اثر مقدار ZDMA بر خواص مکانیکی BR پخت شده با پراکسید بررسی و ارتباط رفتار پخت با عملکرد مکانیکی تحلیل شده است [۳].

بخش تجربی

BR و DTBPH به ترتیب از پتروشیمی سازند و پلی پروپیلن لوند تهیه شد و ZDMA مورد نیاز نیز سنتز شد. برای تهیه ۹ نمونه BR با سطوح مختلف ZDMA (۰، ۱۵ و ۳۰ phr) و DTBPH (۰، ۱ و ۲ phr)، آمیزه سازی در دو مرحله انجام شد. ابتدا آمیزه اولیه شامل لاستیک و ZDMA در مخلوط کن داخلی (بنبری ۵۰ سی سی، فاکتور پرشوندگی ۰/۷ و دمای ۸۰ °C) تهیه شد و سپس آمیزه نهایی با افزودن عامل پخت DTBPH روی غلتک دوتایی در دمای محیط آماده شد تا از پیش پخت جلوگیری شود. آزمون رئومتر پخت در دمای ۱۹۰ °C تحت فرکانس ۱/۶۷ Hz و دامنه کرنش ۷٪ انجام شد. نمونه ها در قالب فلزی و تحت فشار ۳۰۰ bar در پرس پخت، براساس زمان معادل $T_{c90} \times 1/2$ (به دست آمده از داده های رئومتر) پخت شدند. پس از خنک کردن و استراحت

جدول ۱- نتایج داده های رئومتر پخت و خواص مکانیکی لاستیک بوتادی آن پخت شده

با مقادیر مختلف DTBPH/ZDMA					
sample name	TS (Mpa)	Elongation (%)	Hardness (Shore A)	TC ₉₀	ΔS' (N.m)
BR-Z0-D0.5	۱۰۴۶٫۴	۵۵٫۸	۴۶٫۸	۲٫۷۵	۱٫۳۲
BR-Z0-D1	۷۳۶٫۱	۳۰٫۱	۵۴٫۲	۲٫۵۱	۲٫۳۳
BR-Z0-D2	۹۲۰٫۷	۱۶٫۲	۶۶٫۸	۲٫۷۴	۳٫۷۶
BR-Z15-D0.5	۴۳۳۲٫۸	۶۵٫۸	۷۳٫۸	۴٫۲۲	۵٫۲۴
BR-Z15-D1	۳۷۴۰٫۳	۲۷٫۵	۷۸٫۶	۴٫۷۵	۷٫۵۲
BR-Z15-D2	۳۹۴۱٫۳	۱۴٫۱	۸۴٫۸	۴٫۲۷	۱۱٫۹۴
BR-Z30-D0.5	۵۵۰۰٫۰	۳۱٫۵	۸۷٫۰	۴٫۳۶	۱۲٫۱۰
BR-Z30-D1	۵۰۷۵٫۰	۲۲٫۳	۸۶٫۶	۴٫۲۹	۱۳٫۸۳
BR-Z30-D2	۵۸۶۶٫۸	۱۳٫۹	۹۰٫۲	۳٫۲۶	۱۷٫۸۷

نتیجه گیری

در این پژوهش اثر میزان کمک واکنشگر متاکریلاتی (ZDMA) و پراکسید

قرار گیرد

مراجع

- [1] A. Mashkriz, R. Darvishi, and A. Barati, "Preparation and investigation of mechanical properties of thermoplastic vulcanizate based on polypropylene/polybutadiene rubber in the presence of acrylic acid modified polybutadiene compatibilizer," *Advanced Materials and New Coatings*, vol. 8, no. 30, pp. 2187-2180, 2019.
- [2] J. Kruželák, R. Sýkora, and I. Hudec, "Vulcanization of rubber compounds with peroxide curing systems," *Rubber chemistry and technology*, vol. 90, no. 1, pp. 60-88, 2017.
- [3] X. Zhong, Y. Song, Q. Zheng, and W. Wang, "Influence of coagents on Payne effect of butadiene rubber vulcanizates," *Polymer*, vol. 212, p. 123298, 2021.