

مطالعه‌ی تأثیر نسبت گوگرد به شتاب‌دهنده بر مشخصات پخت و رفتار مکانیکی گونه‌های مختلف SBR

The Effects of Sulphur/Accelerator Ratio on the Cure Properties and Mechanical Behavior of Various Grades of Styrene-Butadiene-Rubber

چکیده:

در این فعالیت پژوهشی، انواع کائوچوی استایرن بوتادین تولید پتروشیمی بندر امام، توسط سیستم‌های مختلف پخت گوگردی معمولی، نیم کارآمد و کارآمد، پخت شدند و مشخصات پخت و خواص مکانیکی آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفت. انواع مختلف کائوچوی استایرن بوتادین ۱۵۰۰، ۱۵۰۲ و ۱۷۱۲ دارای زمان و سرعت پخت نسبتاً یکسانی بودند اما نوع ۱۷۱۲ که حاوی روغن آروماتیک است، گشتاور پخت کمتری از دو گرید دیگر داشت. با افزایش میزان شتاب‌دهنده در سامانه‌ی پخت، گشتاورهای ویسکوز و الاستیک پخت تغییرات محسوسی نشان داد و به‌طور چشمگیری زمان پخت کاهش و سرعت پخت افزایش داشت. آمیزه‌های حاوی سیستم پخت فعال‌تر، مدول کششی بیشتری داشته و ازدیاد طول در نقطه‌ی پارگی کمتری دارا بودند. سختی با تغییر در سیستم پخت به ترتیب معمولی، نیم کارآمد و کارآمد افزایش نشان داد و عمر خستگی به همین ترتیب کاهش داشت. نوع ۱۵۰۲ بیشترین مقدار مدول کششی را دارا بود که با سیستم پخت به ترتیب معمولی، نیم کارآمد و کارآمد افزایش یافت. آمیزه‌های بر پایه‌ی گرید ۱۷۱۲ با توجه به وجود روغن در این گرید که سبب نرم‌تر شدن آن است، کمترین مقدار سختی را دارا بود.

واژه‌های کلیدی: الاستومر استایرن بوتادین، پخت گوگردی آمیزه‌ی لاستیکی، آزمون‌های مکانیکی، مشخصات پخت.

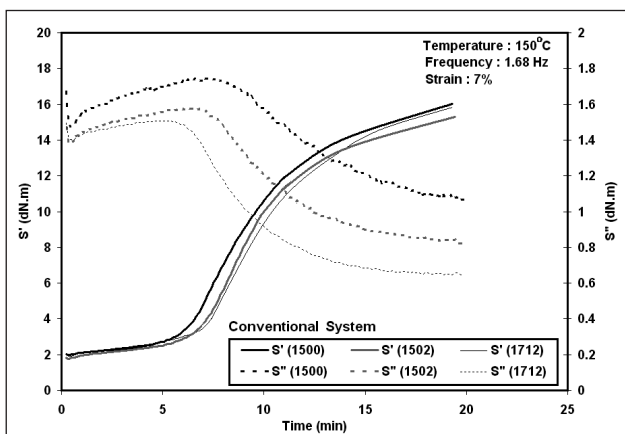
| | | |
|--|--|---|
| <p>نوع مقاله: پژوهشی</p> <p>سمیه محمدیان‌گزاز دانشگاه پیام نور، بخش فنی مهندسی، گروه مهندسی شیمی، تهران، ایران</p> <p>* عهده دار مکاتبات: s.mohammadian@pnu.ac.ir</p> <p>تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۱۹ تاریخ بازنگری: ۹۶/۲/۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۱۶</p> | <p>مقدمه</p> <p>آمیزه‌های لاستیکی کاربرد گسترده‌ی در صنایع گوناگون دارد. چگونگی انجام واکنش پخت، مناسب بودن و کنترل آن، بر فرایند شکل‌دهی آمیزه‌ی لاستیکی تأثیر بسیار دارد. زمان و دما و سایر شرایط پخت در قالب باید مقدار مناسبی باشد تا شکل‌گیری آمیزه‌ی لاستیکی در قالب</p> | <p>به نحو مطلوب صورت پذیرد و خواص نهایی موردنظر حاصل گردد. از طرف دیگر، ولکانیزاسیون باید با سرعت مناسبی انجام شود تا فرایند از نظر اقتصادی نیز به‌صرفه باشد. بنابراین مطالعه‌ی خواص پخت (زمان پخت زودرس، زمان پخت، گشتاور پخت، سرعت پخت) برای پیش‌بینی رفتار پخت آمیزه در فرایند</p> |
|--|--|---|

جدول ۱- فرمولاسیون آمیزه‌های مورد مطالعه در این پژوهش

| SBR 1500 | | | SBR 1502 | | | SBR 1712 | | | SBR Type |
|----------|------|------|----------|------|------|----------|------|------|--------------|
| ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | SBR |
| ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | ۵۰ | CB |
| ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | ۱۰ | Aro. Oil |
| ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ZnO |
| ۱٫۵ | ۱٫۵ | ۱٫۵ | ۱٫۵ | ۱٫۵ | ۱٫۵ | ۱٫۵ | ۱٫۵ | ۱٫۵ | Stearic Acid |
| ۱٫۰ | ۱٫۰ | ۱٫۰ | ۱٫۰ | ۱٫۰ | ۱٫۰ | ۱٫۰ | ۱٫۰ | ۱٫۰ | TMQ |
| ۱٫۲۵ | ۱٫۷۵ | ۱٫۵ | ۱٫۲۵ | ۱٫۷۵ | ۱٫۵ | ۱٫۲۵ | ۱٫۷۵ | ۱٫۵ | TBBS |
| ۲٫۰ | ۱٫۷۵ | ۱٫۷۵ | ۲٫۰ | ۱٫۷۵ | ۱٫۷۵ | ۲٫۰ | ۱٫۷۵ | ۱٫۷۵ | Sulphur |
| - | - | ۰٫۷۵ | - | - | ۰٫۷۵ | - | - | ۰٫۷۵ | TMTD |

نتیجه‌ها و بحث

آزمون‌های پخت روی هر ۹ نمونه در دمای ۱۵۰ °C، فرکانس ۱٫۶۸ Hz و برش ۷٪ انجام شد. شکل (۱) تفاوت بین منحنی‌های گشتاور پخت انواع SBRهای بندر امام را نشان می‌دهد. مقادیر گشتاور به ترتیب برای SBR 1712، SBR 1502، SBR 1500 و افزایش می‌یابد. با توجه به آنکه نوع 1712 حاوی روغن آروماتیک است و وجود روغن سبب آسان‌تر شدن حرکت زنجیرهای پلیمری می‌گردد، این گرید از SBR کمترین گشتاور پخت را دارا است.



شکل ۱- رفتار پخت SBRهای مختلف حاوی سیستم پخت معمولی

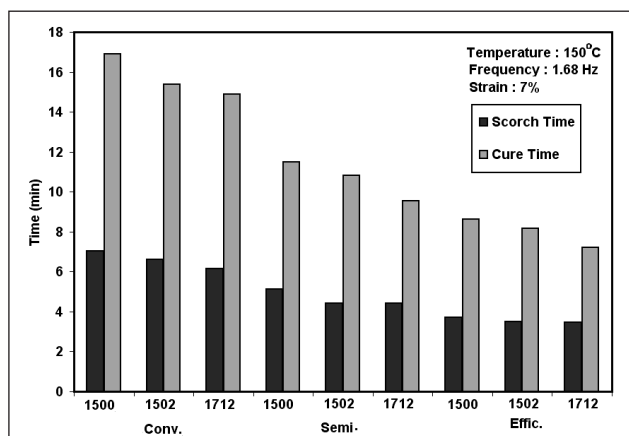
امری اجتناب‌ناپذیر است [۱ و ۲]. الاستومر SBR شامل انواع متفاوتی است که از میان آن‌ها، در حال حاضر در مجتمع پتروشیمی بندر امام سه نوع 1500، 1502 و 1712 تولید می‌گردد که نوع 1712 حاوی روغن آروماتیک است. یک آمیزه الاستومری مجموعه‌ای از اجزای گوناگون است که هر یک نقش ویژه‌ای را در آن ایفا می‌نماید که مهم‌ترین آن‌ها سیستم پخت است [۲ و ۴]. معمول‌ترین نوع سیستم پخت که برای بیشتر الاستومرها مورد استفاده دارد، سیستم پخت گوگردی است که خود بسته به نسبت گوگرد به شتاب‌دهنده، شامل سه نوع معمولی، نیمه کارا و کارا می‌گردد [۲]. در این پژوهش آمیزه‌هایی بر پایه‌ی انواع مختلف SBR در سه نسبت مختلف گوگرد به شتاب‌دهنده تهیه شد. ابتدا خواص پخت نمونه‌ها و سپس خواص مکانیکی مهم آن‌ها بررسی شد.

بخش تجربی

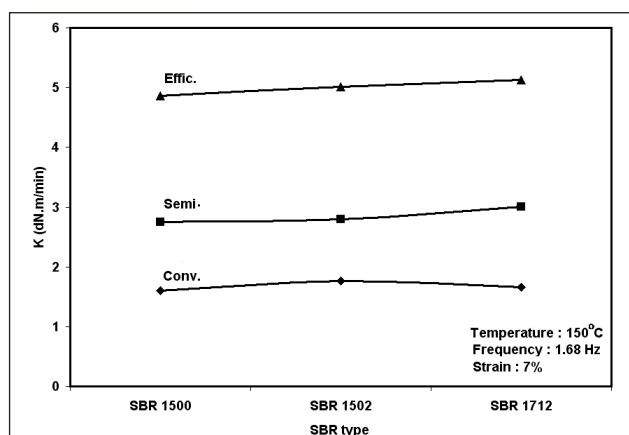
جدول (۱) فرمولاسیون نمونه‌ها را نشان می‌دهد که دارای انواع سیستم پخت گوگردی معمولی، نیمه‌کارا و کارا، بر پایه‌ی سه گونه SBR هستند. آمیزه‌ها به وسیله‌ی غلتک 200L polymix ساخت شرکت Schwabenthan تهیه شد. عملیات آمیزه‌سازی به مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه روی غلتک با سرعت ۱۵ rpm دور انجام شد.

به منظور مطالعه‌ی رفتار پخت آمیزه‌ها، آزمون پخت توسط دستگاه آنالیزگر فرایند لاستیک (RPA) انجام شد. به علاوه خواص فیزیکی مکانیکی نمونه‌ها نیز اندازه‌گیری شد. آزمون‌های خواص مکانیکی انجام شده روی نمونه‌های پخت شده شامل آزمایش‌های کشش (ASTM 412)، سختی (ASTM D2240) و خستگی (ASTM D430) بود. نمونه‌های مربوطه، قطعات پخت شده حاصل از قالب‌گیری فشاری بود که در دمای ۱۶۰ °C و فشار ۱۵۰ Kg/cm² تهیه شد. در هر مورد، شکل و تعداد نمونه‌های آزمون مطابق با استاندارد آزمون مربوطه بود.

افزایش می‌یابد. استحکام کششی با میزان پخت و مقاومت ماده در برابر تنش کششی اعمالی ارتباط دارد. وجود پیوندهای عرضی مونو سولفایدی موجب سختی و مقاومت بیشتر نمونه‌ها در برابر کشش می‌شود، درحالی‌که با تغییر پیوندهای عرضی به دی سولفایدی و پلی سولفایدی، انعطاف‌پذیری آمیزه‌ی پخت شده بیشتر شده و مقاومت در برابر تغییر شکل و در نتیجه مدول کاهش می‌یابد. ازدیاد طول در نقطه‌ی پارگی نیز با همین پدیده مرتبط است که برای آمیزه‌های مورد مطالعه در شکل (۶) آمده است. این مقدار با تغییر سیستم پخت به ترتیب معمولی، نیمه‌کارا و کارا کاهش یافته است، اما با نوع SBR تغییر چندانی نکرده است. آمیزه‌های حاوی سیستم پخت فعال‌تر ازدیاد طول در پارگی کمتری دارند.

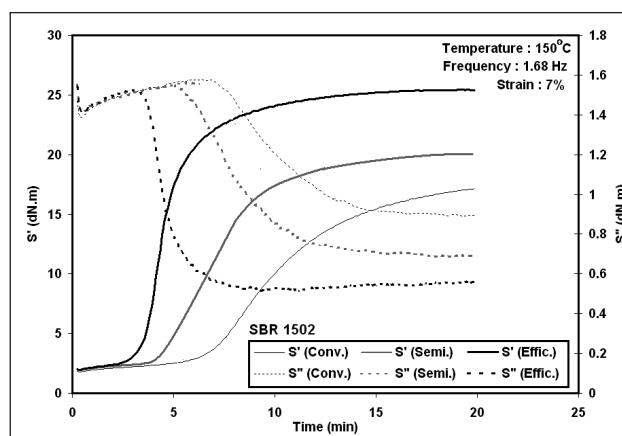


شکل ۳- زمان اسکورچ و پخت برای SBRهای مختلف حاوی سیستم‌های پخت متفاوت



شکل ۴- سرعت پخت برای SBRهای مختلف حاوی سیستم‌های پخت متفاوت

منحنی‌های پخت آمیزه‌های دارای سیستم پخت متفاوت بر پایه‌ی SBR 1502 در شکل (۲) آورده شده است. رفتار پخت مشاهده شده با توجه به میزان کارایی سیستم پخت‌های معمولی ($S/ACC > 1$)، نیمه‌کارا ($S/ACC = 1$) و کارا ($S/ACC < 1$) قابل توجیه است. با کاهش نسبت S/ACC در نمونه‌ها، منحنی‌های پخت به زمان‌های کمتری منتقل می‌شود. در واقع با حضور مقدار بیشتر شتاب‌دهنده در مقایسه با سولفور در سیستم پخت، مقدار سولفور در دسترس زودتر پایان می‌یابد، بنابراین پخت در زمان کوتاه‌تر و سریع‌تری رخ می‌دهد.

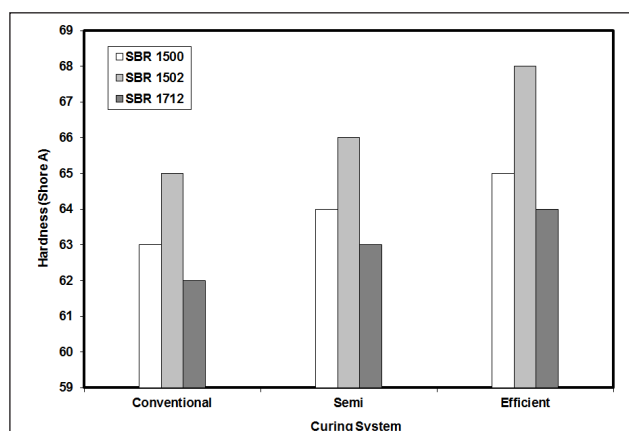


شکل ۲- رفتار پخت آمیزه‌های حاوی سیستم‌های پخت متفاوت بر پایه‌ی SBR 1502

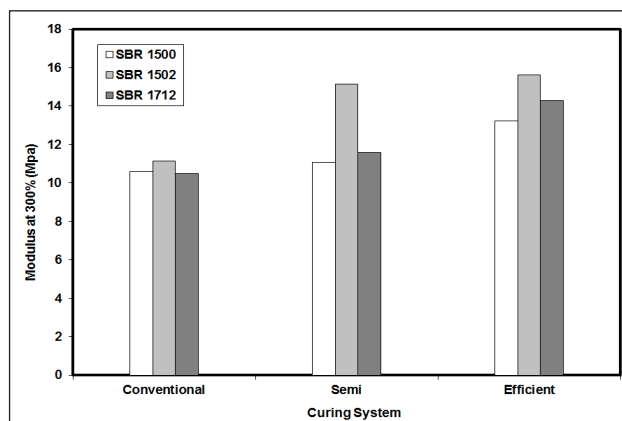
شکل‌های (۲) و (۴) ویژگی‌های پخت نمونه‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که بحث شد، با تغییر سیستم پخت به ترتیب معمولی، نیمه‌کارا و کارا، زمان پخت زودرس و پخت (شکل (۳)) کاهش، و سرعت پخت (شکل (۴)) افزایش پیدا می‌کند. خواص پخت آمیزه‌ها با تغییر در نوع SBR، تقریباً ثابت مانده و تفاوت نمی‌کند.

مدول کششی در ۳۰۰ درصد ازدیاد طول، یکی از مهم‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی آمیزه‌های لاستیکی ولکانیزه شده به شمار می‌رود. مطابق با شکل (۵)، این کمیت در SBRهای مختلف نسبتاً ثابت است، SBR 1502 بیشترین مقدار مدول را داراست که با سیستم پخت به ترتیب معمولی، نیمه‌کارا و کارا

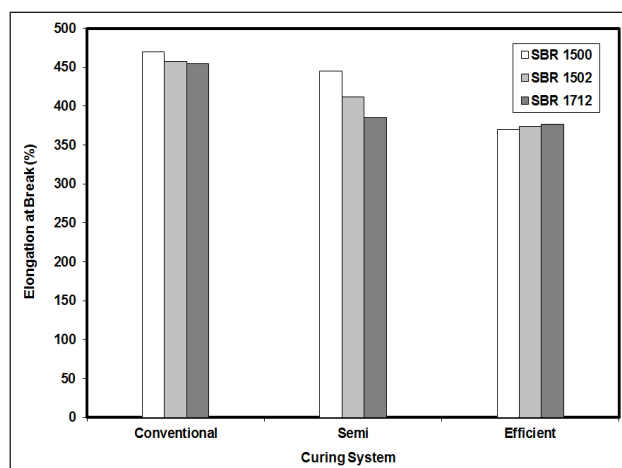
مونو سولفایدی افزایش می‌یابد، سختی آمیزه‌ها بیشتر می‌شود. آزمون آخر، آزمون خستگی‌ست که از نوع دینامیک بوده و در آن کرنش به‌طور پیوسته روی نمونه تکرار می‌شود و تعداد سیکل‌های ازدیاد طول مشخص در زمان آزمون تا هنگام پاره شدن نمونه به‌عنوان مقاومت خستگی گزارش می‌شود. اهمیت آزمون خستگی در آن است که می‌توان به‌وسیله آن رفتار لاستیک را تحت شرایط دینامیک مطالعه کرد. برخلاف آزمون‌های دیگر که در حالت استاتیک انجام می‌شوند، این آزمون می‌تواند به‌منظور پیش‌بینی عملکرد محصول لاستیکی پخت شده تحت نیروهای دینامیکی هنگام سرویس‌دهی، مورد استفاده قرار گیرد. پارامترهای مختلف نظیر نوع الاستومر، سیستم پخت و ... بر رفتار دینامیک آمیزه‌ی لاستیکی پخت شده بر نتیجه‌ی این آزمون مؤثر است. خستگی یک نمونه بستگی بسیاری به میزان قابلیت خمش و کشش و مقاومت آن در برابر تنش‌های دینامیک دارد. شکل (۸) مقادیر به‌دست آمده از این آزمایش را برای نمونه‌ها نشان می‌دهد. مجدداً اثر روغن در SBR 1712 به‌صورت اثر کاهشی مشاهده می‌شود. آمیزه‌های پخت‌شده‌ی دارای پیوندهای عرضی مونو و دی سولفایدی نسبت به آمیزه‌های حاوی پیوندهای عرضی پلی سولفایدی عمر خستگی کمتری دارد. به‌عبارت‌دیگر، با تغییر در سیستم پخت به ترتیب از معمولی به نیمه‌کارا و کارا عمر خستگی کمتر می‌گردد.



شکل ۷- تغییرات میزان سختی در نمونه‌ها



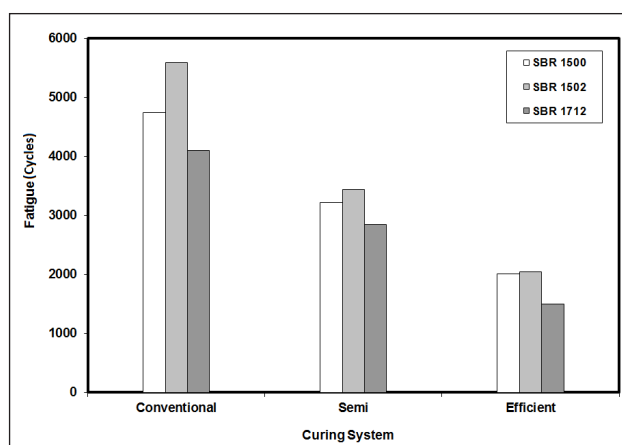
شکل ۵- مدول نمونه‌ها در ۳۰۰ درصد ازدیاد طول



شکل ۶- کرنش شکست نمونه‌ها

ویژگی سختی معیاری از سفتی و نفوذپذیری آمیزه‌های لاستیکی‌ست که در شکل (۷) آمده است. آمیزه‌های بر پایه‌ی SBR 1712 با توجه به وجود روغن در این گرید، که سبب نرم‌تر شدن آن است، کمترین مقدار سختی را به‌دست می‌دهد. سختی با تغییر در سیستم پخت به ترتیب معمولی، نیمه‌کارا و کارا افزایش می‌یابد. همانند آنچه پیش از این گفته شد، وجود پیوندهای عرضی مونو سولفایدی موجب سختی و استحکام کششی بیشتر نمونه‌ها می‌شود، درحالی‌که با تغییر پیوندهای عرضی به دی سولفایدی و پلی سولفایدی، انعطاف‌پذیری و نرمی نمونه‌ها بیشتر می‌گردد. در نتیجه با تغییر سیستم پخت به ترتیب از معمولی به نیمه‌کارا و کارا، که پیوندهای عرضی

زمان پخت زودرس و پخت، سرعت پخت، مدول و مقاومت کششی، سختی و خستگی نمونه‌ها تغییرات محسوسی با سیستم پخت نشان می‌دهند. سرعت و زمان پخت در انواع مختلف SBR تغییر محسوسی نشان نمی‌دهد اما میزان گشتاور نوع 1712 کمتر از دو نوع دیگر است. با افزایش میزان شتاب‌دهنده در سامانه‌ی پخت، گشتاورهای ویسکوز و الاستیک پخت تغییرات چشمگیری مشاهده شد؛ زمان پخت کاهش و سرعت پخت افزایش نشان داد. آمیزه‌ی حاوی سیستم پخت فعال‌تر، مدول کششی بیشتری داشته و ازدیاد طول در پارگی کمتری را داراست. سختی و عمر خستگی با تغییر در سیستم پخت به ترتیب از معمولی به نیمه‌کارا و کارا، افزایش و کاهش داشته است. نوع 1502 بیشترین مقدار مدول کششی را دارا بوده که با سیستم پخت معمولی، نیمه‌کارا و کارا به ترتیب افزایش یافته است. آمیزه‌های بر پایه‌ی گرید 1712 کمترین سختی را نشان داده است *IRM*



شکل ۸- تغییرات خستگی دینامیک در نمونه‌ها

نتیجگیری

در این پژوهش تأثیر انواع مختلف سیستم پخت گوگردی بر مشخصات پخت و خواص مکانیکی گونه‌های مختلف SBRهای تولیدی پتروشیمی بندر امام مورد مطالعه قرار گرفت.

مراجع

- ۱- کائوچوهای مصنوعی، خواص و کاربردها، عبدالرضا جعفری، فریبرز ملایری، شرکت مهندسی و تحقیقات لاستیک، مرکز نشر سمر، چاپ اول، ۱۳۷۵.
- ۲- تکنولوژی جامع لاستیک، هافمن، ترجمه گروه مترجمان، شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک، ۱۳۸۷.
- ۳- مقدمه‌ای بر مبانی آمیزه کاری و تکنولوژی لاستیک، گردآوری شرکت مهندسی و تحقیقات صنایع لاستیک، ۱۳۷۵.
- ۴- کشپارها و مواد آمیزه‌کاری لاستیک، تألیف: ایوان فراننا، ترجمه: عبدالرضا جعفری، وحیده موحد، محمود محراب‌زاده، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، چاپ اول، ۱۳۸۳.

The Effects of Sulphur/Accelerator Ratio on the Cure Properties and Mechanical Behavior of Various Grades of Styrene-Butadiene-Rubber

S. Mohammadian-Gezaz*

Department of Chemical Engineering, Payame noor University, Tehran, Iran

*Corresponding author Email: s.mohammadian@pnu.ac.ir

Received: February 2017, Revised: May 2017, Accepted: May 2017

Abstract: In this work, various types of styrene butadiene rubbers (SBR) were cured using different sulfur curing systems; and the vulcanization process and mechanical properties were investigated. All types of SBR, 1500, 1502 and 1712, had almost the same cure time and cure rate. Grade 1712, having aromatic oil, showed the lower cure torque than the others. With increasing accelerator amount, cure torques changed significantly, cure times decreased while cure rate increased. Compounds with more effective curing system had the greater Young's modulus and lower elongation at break. The hardness increased by increasing in Acc/S ratio, however the fatigue life decreased. SBR 1502 showed the higher modulus and SBR 1712 had the lower hardness.

Keywords: Styrene butadiene rubber, Sulfur, Accelerator, Mechanical behavior, Cure properties.