مطالعه و بررسی اثر جایگزینیSBR با PU در خواص آمیزه لاستیکی

Studying and Analyzing the Effect of SBR Substitution by PU in Rubber Compounds Properties

مهدی باریکانی *[1]، علی احمدزاده[2]، مژگان میرزاطاهری[1]

۱- تهران، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران ،پژوهشکده علوم، صندوق پستی ۱۴۹۶۵/۱۱۵

۲ - بابل ، دانشگاه علوم و فنون مازندران، صندوق پستی ۷۳۴

دریافت : ۸۰/۲/۱۶، پذیرش : ۸۱/۶/۱۰

چکیده

الاستومرهای پلی‌یورتانی به علت داشتن مقاومت عالی در برابر سایش، پارگی، اکسایش، ازون و حلالها و همچنین استحکام و قدرت تحمل بار زیاد همواره مطرح بوده‌اند. در این پژوهش با توجه به مقاومت سایشی بسیار خوب ترکیبات پلی‌یورتان چگونگی استفاده از آلیاژ آنها در آمیزه‌های لاستیکی از جمله در آمیزه رویه تایرهای خارج از جاده بررسی می‌شود. بدین منظور آمیزه خالص و آلیاژهایPU/SBR در نسبتهای مختلف تهیه و خواص آنها آزمایش شد. سیستمهای مختلف پخت جهت هماهنگ کردن آهنگ پخت آمیزهPU/SBR با نسبت ۲۵/۷۵ با سایر اجزای تایر نیز بررسی شد. خواص نمونه‌های تهیه شده از آمیزهPU/SBR با سیستم پخت هماهنگ با دیگر اجزای تایر از نظر مقاومت کششی، سایشی، پارگی، زمانمندی و دیگر خواص فیزیکی و مکانیکی باSBR خالص بررسی و مقایسه شد.

(مجله علوم و تکنولوژی پلیمر ، سال پانزدهم، شماره ۵ ، صفحه ۳۱۴-۳۰۷، ۱۳۸۱)

واژه‌های کلیدی

پلی‌یورتان، SBR، آلیاژ، مقاومت سایشی، سیستم پخت

Key words

polyurethane, SBR, alloy, abrasion resistance, cure system

مقدمه

پدیده سایش در تایر وسایل نقلیه از مسائل مهمی است که تولید کنندگان همواره با آن روبرو بوده‌اند. فرسایش تایرها هر ساله موجب از بین رفتن صدها هزار تن لاستیک می گردد و نتایج بررسیهای بعمل آمده نشان می دهد که ۶۰ تا ۹۰ درصد تایرها به دلیل سایش رویه بدون استفاده می شوند[۱]. بنابراین، افزایش عمر مفید تایر حتی به میزان ۱۰ درصد باعث صرفه جویی فراوانی در مواد، نیرو و هزینه ها خواهد شد.

از میان پلیمرها، ترکیبات پلی یورتان به

* مسئول مکاتبات، پیام نگار: m.barikani@ipi.ac.ir

دلیل خواص فیزیکی و مکانیکی خوب از جمله مقاومت سایشی، مقاومت پارگی، مقاومت در برابر اوزون و عوامل محیطی و قدرت تحمل بار بیشتر همواره مورد توجه بوده‌اند [۲،۳] . بکارگیری و استفاده از ترکیبات یورتان در تایر به دلیل خواص سایشی خوب همواره مطرح بوده و به شکلهای مختلف از آنها استفاده شده است. ساخت تایرهایی با استفاده از سیستم قالبگیری تزریقی واکنشی (RIM) انجام و گزارش شده است[۴،۵]. تایرهایی که باروش RIM ساخته می شوند علاوه بر اینکه به تجهیزات ویژه برای ساخت نیاز دارند در موارد کاربرد خاصی نیز بکار گرفته می شوند. استفاده از انواع دیگر ترکیبات یورتان از جمله یورتانهای غلتک پذیر نیز در تهیه تایر به صورت مستقل [۶،۷] یا همراه با دیگر الاستومرها به منظور بهبود خصوصیات الاستومرهای عادی یا ارزان سازی آمیزه های یورتانی نیز مورد توجه قرار گرفته و تهیه آلیاژ از الاستومرهای یورتانی با الاستومرهای طبیعی و مصنوعی بررسی و گزارش شده است [۸-۱۲] . یکی از این آلیاژها، آلیاژ شبکه‌ای شده گرمایی پلی یورتان و الاستومر کلروبوتیل است که با عامل پخت گوگردی پخت شده و درباره آن مطالعه شده است[۱۳] . این آلیاژها با سه روش مختلف آلیاژسازی تهیه می شوند و خواص آنها نشان می دهد که روش آلیاژسازی نقش مهمی در خواص آلیاژها ایفا می کند. مطالعات IR و بررسی طیفهای بدست آمده نیز حاکی از ایجاد پیوند عرضی در این آلیاژهاست که باعث بهبود خواص گرمایی آنها می گردد.

در این پژوهش، آلیاژ یک الاستومر پلی‌اتر یورتان غلتک‌پذیر با لاستیک استیرن بوتادی‌ان(SBR ۱۵۰۲) با عامل پخت گوگردی مورد مطالعه قرار گرفته و اثر نسبتهای مختلف اجزای همراه با سیستم پخت متفاوت بررسی شده است.

تجربی

مواد

در این پژوهش پلی‌اتر یورتان غلتک‌پذیر Urepane 50L06 G از شرکت راین شیمی(Rhein Chemie)، کائوچوی استیرن ـ بوتادی ان، دوده N 330 و N 339، روغن آروماتیک 290 بهران تایر، روی استئارات، استئاریک اسید، روی اکسید و گوگرد به ترتیب از شرکتهای کربن اهواز، بهران، کمال ایران، کالدیک، رنگینه پارس و استاگ ایران تهیه شد. همچنین، شتاب دهنده‌های Rhenocure AUR، دی فنیل گوانیدین(NOBS) و دی بنزوتیازول دی سولفید(MBTS) شرکت بایر(Bayer) و مرکاپتوبنزوتیازول(MBT) و دی فنیل گوانیدین(DPG) شرکت فلکسیس(Flexsys) استفاده شد.

دستگاهها

دستگاههای مورد استفاده در این پژوهش عبارتند از: بنبوری آزمایشگاهی، غلتک آزمایشگاهی، رئومتر Monsanto 2000 ODR، دستگاه سایش Pico، آزمون پارگی به روش modified trouser tear، دستگاه آزمون کشش Instron ، دستگاه DMTA از شرکت Polymer Lab .

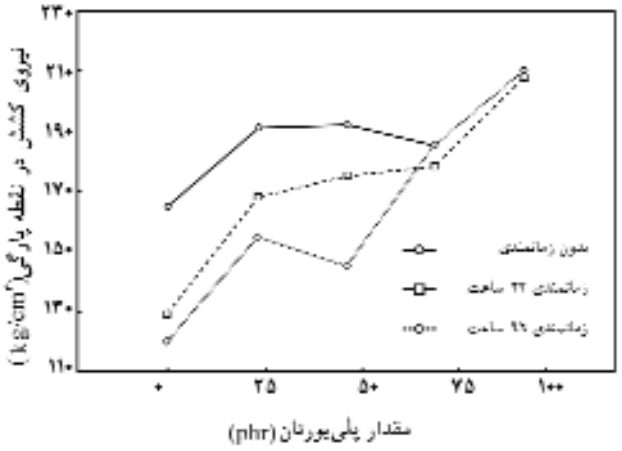
روشها

روش تهیه آمیزه‌ها

آمیزه‌ها در دو مرحله پیمانه اصلی و نهایی تهیه شدند. آمیزه‌های پیمانه اصلی در بنبوری آزمایشگاهی با ۷۶ rpm مخلوط شدند. دمای بنبوری در زمان شروع اختلاط ۴۵°C بود. بدین ترتیب، ابتدا کائوچو و سایر مواد بجز دوده و روغن در بنبوری ریخته شد و سپس در دقیقه اول روغن و دوده اضافه گردید و در دمای ۱۵۰°C آمیزه تخلیه شد. زمان اختلاط هر پیمانه تقریباً سه دقیقه بود. آمیزه‌های نهایی روی آسیاب دو غلتکی با اضافه کردن مواد پخت تهیه شدند. از آمیزه‌های ساخته شده به کمک رئومتر ODR 2000 منحنی پخت تهیه شد و از روی آن، زمان پخت نمونه ها معین گردید. فرمولبندی آمیزه های تهیه شده در جدول ۱ آورده شده است.

در جدول ۱ آمیزه های T و H، آمیزه هایی هستند که در مراجع برای رویه تایرهای خارج از جاده (off road tire, OTR) پیشنهاد شده‌اند و در آلیاژهای C-F مقدار درصد یکی از دو الاستومر مثلاً PU نسبت به الاستومر دیگر مثلا SBR تغییر یافته است.

در این آمیزه ها با توجه به میزان کم پیوندهای سیر نشده پلی یورتان از سیستم پخت مؤثر با شتاب دهنده‌های سریع ویژه یورتان استفاده شده است. در این فرمولبندیها همه مواد بجز یورتان و SBR ثابت‌اند.



شکل۱ - مقایسه استحکام کششی در آمیزه های PU/SBR با سیستم پخت PU (C-F).

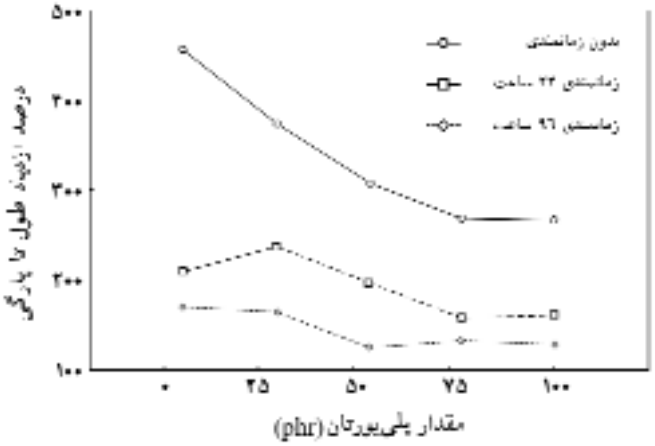
جدول ۱ - فرمولبندی آمیزه ها (مقدار مواد برحسب phr است).

مواد اولیه / آمیزه ها	T	C	D	E	F	H	M_1	M_2	N
SBR	۱۰۰	۷۵	۵۰	۲۵	۰	۰	۷۵	۷۵	۷۵
PU	-	۲۵	۵۰	۷۵	۱۰۰	۱۰۰	۲۵	۲۵	۲۵
N 375	۷۰	-	-	-	-	-	۵۲/۵	۵۲/۵	۵۲/۵
N 330	-	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۲/۵
AROIL	۲۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	-	۱۵	۱۵	۱۵
STAC	۲	-	-	-	-	۰/۵	۱/۶۲۵	۱/۶۲۵	۲
ZnO	۴	-	-	-	-	۰/۵	۳/۱۲۵	۳/۱۲۵	۴
ANTIDEGRADANT	۵	-	-	-	-	-	-	-	-
NOBS	۱/۲	-	-	-	-	-	۰/۹	۰/۹	۱/۲
DPG	۰/۴	-	-	-	-	-	۰/۳	۰/۳	۰/۴
S	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۲
MBT	-	۲	۲	۲	۲	۲	۰/۵	۰/۵	-
MBTS	-	۴	۴	۴	۴	۴	۱	۱	-
RHENOCURE-AUR	-	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۲۵	۰/۰۸۷۵	-
PVI	۰/۱	-	-	-	-	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱

آمیزه‌هایM_1-N براساس آمیزهC و با تغییر مواد پخت تهیه شده‌اند. در این آمیزه‌ها مقدار پلی یورتان در حد ۲۵ درصد ثابت نگه داشته شده است.

نتایج و بحث

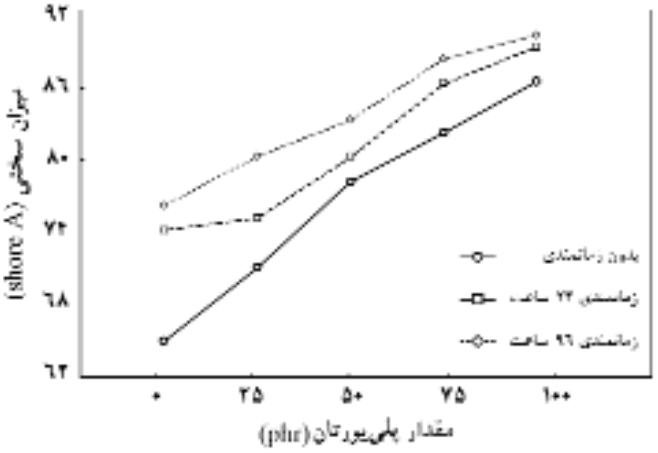
خواص آمیزه‌های تهیه شده با خواص آمیزه‌های SBR و PU خالص قبل و بعد از زمانمندی گرمایی در دمای$^{\circ}C$ ۱۰۵ مقایسه شده است. شکل ۱ مقایسه مقاومت کششی آمیزه‌های PU/SBR را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، استحکام کششی با افزایش پلی‌یورتان در آمیزه افزایش می‌یابد. سرعت افزایش در مقادیر کم پلی‌یورتان بیشتر از مقادیر زیاد آن است. علت افزایش استحکام کششی آمیزه‌ها، شکل‌شناسی خاص الاستومرهای پلی‌یورتان است که پیوند هیدروژنی را در آمیزه‌ها افزایش می‌دهد و به همین دلیل است که استحکام کششی الاستومرهای خالص یورتان از SBR خالص و آلیاژهای آن با PU بیشتر است(شکل ۱). شکل ۲ درصد ازدیاد طول تا پارگی آمیزه‌ها را نشان می‌دهد که با افزایش پلی‌یورتان کاهش می‌یابد. آمیزه‌های فوق در شرایط زمانمندی گرمایی در دمای ۱۰۵°C قرار گرفته و پس از ۲۴ و ۹۶ ساعت دوباره خواص آنها بررسی شده است. روند افزایش یا کاهش خواص پس از شرایط زمانمندی نیز همچنان برقرار



شکل ۲ - مقایسه ازدیاد طول تا پارگی آمیزه های PU/SBR با سیستم پخت PU (C-F).

است و اعمال زمانمندی گرمایی تنها خواص یاد شده را بطور نسبی کاهش می دهد.

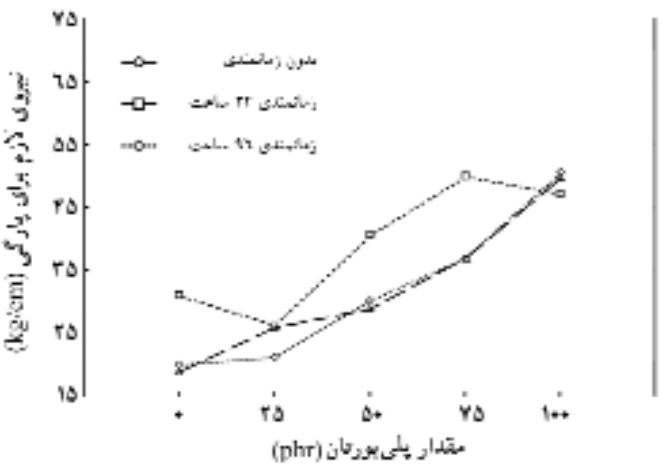
نتایج آزمونهای استحکام کششی در پارگی و درصد ازدیاد طول تا پارگی نشان می دهد که با افزایش میزان پلی یورتان ماندگاری خصوصیات بیشتر شده و هرچه زمان پیرسازی بیشتر باشد، افت خواص در آمیزه های دارای SBR بیشتر خواهد بود، به طوری که پس از ۹۶ ساعت زمانمندی، آمیزه با صد در صد SBR معادل ۳۱ درصد افت در میزان استحکام کششی در پارگی نشان می دهد، ولی آمیزه PU/SBR با ۲۵ درصد پلی یورتان افت ۱۸/۷۵ درصد و آمیزه PU/SBR با ۷۵ درصد یورتان یا ۱۰۰ درصد یورتان تقریبا هیچ افتی نشان نمی دهند. سختی نمونه ها با افزایش درصد پلی یورتان افزایش می یابد (شکل ۳) و این روند افزایش با اعمال زمانمندی همچنان ثابت می ماند. زمانمندی



شکل ۳ - مقایسه میزان سختی در آمیزه های PU/SBR با سیستم پخت PU (C-F).

شکل ۴ - مقایسه میزان سایش در آمیزه های PU/SBR با سیستم پخت PU (C-F).

بطور کلی سختی نمونه ها را افزایش می دهد. برای اندازه گیری مقاومت در برابر اوزون، روی نمونه ها به مدت ۵۰ ساعت تحت کشش ۱۵ درصد در غلظت ۵۰ppm اوزون و در دمای ۴۰°C به صورت ایستا و پویا آزمون مقاومت در برابر اوزون انجام گرفت. در آزمون پویا در نمونه خالص پلی یورتان هیچ گونه اثر ترکی مشاهده نمی شود، ولی در آمیزه های دارای SBR موارد ترک و پارگی دیده می شود، اما در تمام نمونه های آلیاژ مقاومت در برابر اوزون بهتری را نسبت به SBR خالص می توان مشاهده کرد. آزمون ایستا نیز مؤید همین نظر است که با افزایش پلی یورتان مقاومت در برابر اوزون افزایش می یابد. در حالی که در نمونه های SBR خالص از مقدار phr ۵ مواد مقاوم کننده در برابر اوزون، اکسایش و گرما به صورت مواد ضد تخریب استفاده شده در نمونه های آلیاژی پلی یورتان به هیچ وجه از این مواد استفاده نشده است. نتایج



شکل ۵ - مقایسه مقاومت پارگی در آمیزه های PU/SBR با سیستم پخت PU (C-F).

جدول ۲ - نتایج آزمون مقاومت در برابر اوزون واندازه گیری پراکندگی دوده.

نمونه	T		C		D		E		F	
درصدپراکندگی دوده	۶		۷		۷-۸		۸		۸-۹	
مقاومت در برابراوزون	پویا	ایستا	پویا	ایستا	پویا	ایستا	پویا	ایستا	پویا	ایستا
زمان شروع ترک (ساعت)	۲	۲۳	۱۲	۱۰	۸	-	۲۰	-	-	-
زمان ترک کامل (ساعت)	۶	-	۲۰	۳۰	۱۵	-	۳۰	-	-	-
زمان پارگی نمونه (ساعت)	۲۵	-	-	-	۳۰	-	۳۵	-	-	-

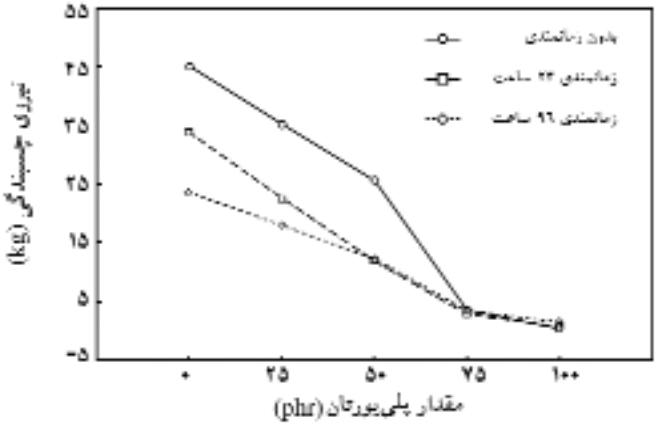
بررسیها نشان می دهد که با افزایش پلی یورتان میزان پراکندگی دوده در آمیزه بهبود می یابد که نشان دهنده دوده پذیری خوب الاستومر پلی یورتان است. این امر می تواند به وجود گروههای فعال موجود در سطح دوده و ساختار قطبی پلی یورتان مربوط باشد.

نتایج آزمون مقاومت در برابر اوزون واندازه گیری پراکندگی دوده در جدول ۲ ارائه شده و مقاومت سایشی نمونه ها در شکل ۴ نشان داده شده است. ملاحظه می شود که با افزایش پلی یورتان اصولاً میزان سایش نمونه ها کمتر می شود و در واقع مقاومت سایشی افزایش می یابد.

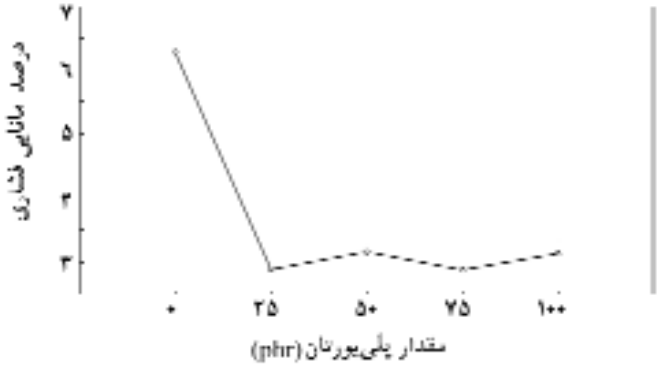
آزمون اندازه گیری مقاومت پارگی براساس استاندارد ASTM با حدیده B و روش اصلاح شده مونسانتو انجام گردید. مقاومت پارگی در آمیزه‌های با پلی یورتان کم تغییر محسوسی نسبت به آمیزه SBR خالص ندارد، اما در آمیزه‌های با پلی یورتان زیاد و خالص میزان مقاومت پارگی بهبود می یابد (شکل ۵). نیروی جاذبه بین مولکولی و شکل شناسی خاص ترکیبات پلی یورتان می تواند موجب این بهبود مقاومت باشد.

با توجه به اینکه چسبندگی رویه به منجید از پارامترهای مهم است، بنابراین میزان چسبندگی آلیاژ مورد نظر به دیگر اجزای تایر از جمله منجید نیز بررسی و مشاهده شد که با افزایش مقدار پلی یورتان چسبندگی به لایه کاهش می یابد و در آمیزه یورتانی خالص این مقدار تقریبا به صفر می رسد که حاکی از عدم اتصال مناسب پس از پخت با الاستومر عادی است. اما، میزان چسبندگی در آمیزه C به گونه ای است که در تایر قابل استفاده است (شکل ۶). آزمون چسبندگی براساس آزمون چسبندگی نواری طبق روش F 1503 شرکت جنرال تایر انجام شده است.

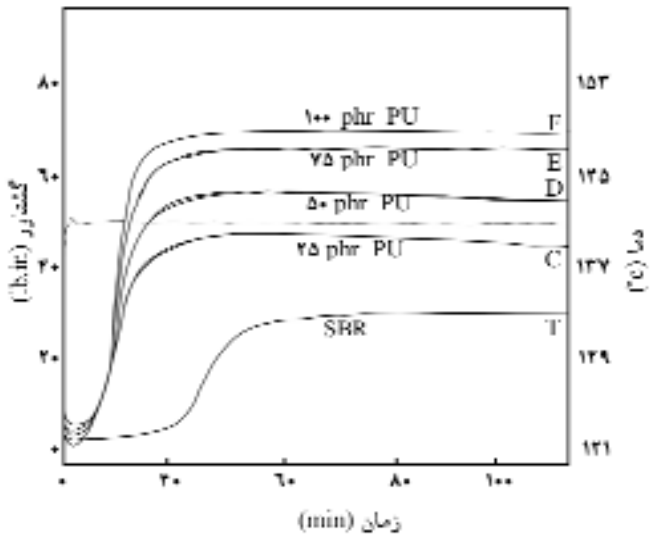
نتایج بررسیهای آزمون مانایی فشاری که براساس روش ASTM D 395-89 انجام گرفت نشان می دهد که در آمیزه‌های شامل پلی یورتان مقدار مانایی فشاری تقریبا مساوی با هم و برابر با نصف مانایی فشاری در آمیزه SBR خالص است (شکل ۷).



شکل ۶ - میزان چسبندگی به لایه.

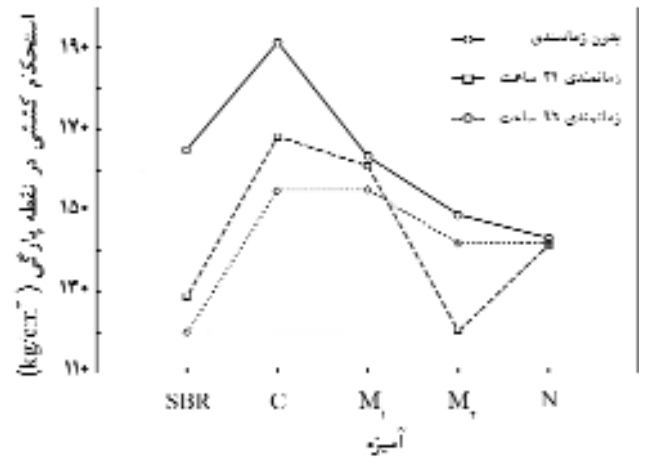


شکل ۷ - مقایسه مانایی فشاری در آمیزه های PU/SBR با سیستم پخت PU (C-F).

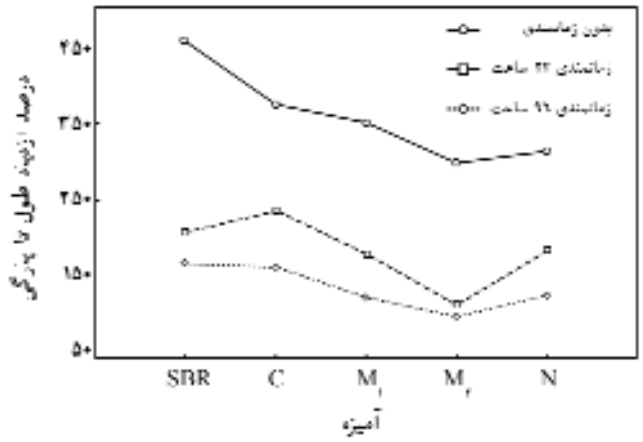


شکل ۸ - منحنی پخت (رئومتر) آمیزه‌های PU/SBR با سیستم پخت (C-F)PU.

سرعت و زمان پخت نمونه‌ها به کمک دستگاه رئومتر ODR 2000 انجام شد. با توجه به منحنی‌های پخت حاصل هیچ یک از آمیزه‌های ساخته شده از نظر سرعت پخت با دیگر اجزای تایر هماهنگی مطلوبی ندارند (شکل ۸). خصوصیات رئومتری آمیزه‌ها مانند گشتاور مینیمم (ML) ، گشتاور ماکسیمم (MH) ، زمان برشتگی اولیه (Ts_1)، زمان برشتگی نهایی (Ts_2)، زمان پخت ۲۵ درصد (T_{25})، زمان پخت ۵۰ درصد (T_{50}) و زمان پخت ۹۰ درصد (T_{90}) در جدول ۳ آورده شده است. باتوجه به چسبندگی قابل قبول آمیزه C برای استفاده احتمالی در رویه تایر، موضوع مهم دیگر مسئله هم پختی آلیاژ مورد نظر با دیگر اجزای تایر است که ضرورت اصلاح پخت آمیزه C را متناسب با دیگر اجزای



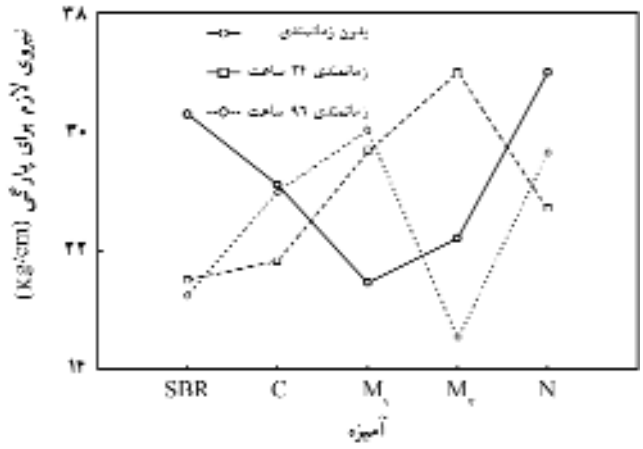
شکل ۹ - مقایسه استحکام کششی آمیزه های دارای ۲۵ قسمت وزنی پلی یورتان و آمیزه مبنا.



شکل ۱۰ - مقایسه ازدیاد طول تا پارگی آمیزه‌های دارای ۲۵ قسمت وزنی پلی یورتان و آمیزه مبنا.

تایر اجتناب ناپذیر می‌کند. بنابراین، برای استفاده از آمیزه‌های یاد شده در رویه تایر باید منحنی پخت آنها تغییر کرده و با دیگر اجزای تایر OTR هماهنگ شود. با عنایت به این مطلب و به منظور ایجاد شرایط مناسب و بدست آوردن پخت بهینه، آمیزه‌های M_1، M_2 و N طراحی و تهیه شدند. در تمام این آمیزه‌ها نسبت درصد PU/SBR برابر با ۲۵/۷۵ بوده و تنها مواد پخت در آنها برای دستیابی به پخت مناسب و هماهنگ با دیگر اجزای تایر تغییر کرده است.

در نمونه M_1 برای هر یک از اجزای آلیاژ مواد پخت خاص خود بکار برده شده و نسبت مواد پخت آمیزه متناسب با نسبت هر الاستومر در آلیاژ بوده است (جدول ۱)، بدین معنی که براساس فرمولبندی مبنای C مواد پخت طوری انتخاب شده‌اند که ۲۵ درصد آنها مواد پخت PU براساس فرمول H و ۷۵ درصد آنها مواد پخت SBR بر اساس فرمول T باشد.



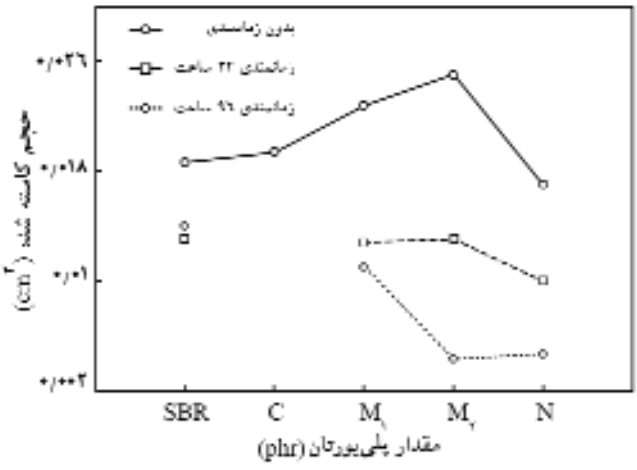
شکل ۱۱ - مقایسه مقاومت پارگی آمیزه های دارای ۲۵ قسمت وزنی پلی یورتان و آمیزه مبنا.

جدول ۳ - نتایج پخت آمیزه های ۲۵ قسمتی پلی یورتان و آمیزه های مبنا.

خواص / نام آمیزه	T	H	C	M_1	M_2	N
ML (1b/in)	۵/۲۸	۵/۱۵	۷/۵۸	۷/۷۳	۷/۸۳	۷/۷۹
MH (1b/in)	۳۱/۸۰	۷۲/۸۰	۴۷/۵۲	۴۱/۱۳	۴۰/۴۵	۳۷/۵۹
T_{S_1} (min)	۱۷/۲۱	۳/۸۸	۴/۸۸	۶/۴۲	۶/۶۹	۱۶/۹۳
T_{S_2} (min)	۲۳/۵۹	۵/۰۲	۶/۰۹	۷/۸۴	۸/۰۵	۲۱/۸۵
T_{25} (min)	۲۹/۲۹	۱۰/۳۵	۹/۵۶	۱۱/۵۵	۱۱/۷۶	۲۸/۴۲
T_{50} (min)	۳۲/۸۴	۱۲/۹۱	۱۱/۸۳	۱۴/۳۹	۱۴/۵۷	۳۱/۷۷
T_{90} (min)	۴۵/۴۳	۲۴/۲۶	۲۲/۲۳	۲۲/۲۶	۲۱/۴۵	۴۳/۰۶

نتایج رئومتری نشان می‌دهد که هیچ بهبود خاصی در جهت هماهنگی پخت آمیزه با دیگر اجزای تایر در نمونه M_1 مشاهده نشده در ضمن، براساس نتایج آزمون استحکام کششی مشاهده شد که استحکام کششی نیز کاهش یافته است و همچنین درصد ازدیاد طول تا پارگی نیز کمتر شده است و مقاومت‌های پارگی و سایشی نیز کاهش یافته‌اند (شکلهای ۱۱-۹).

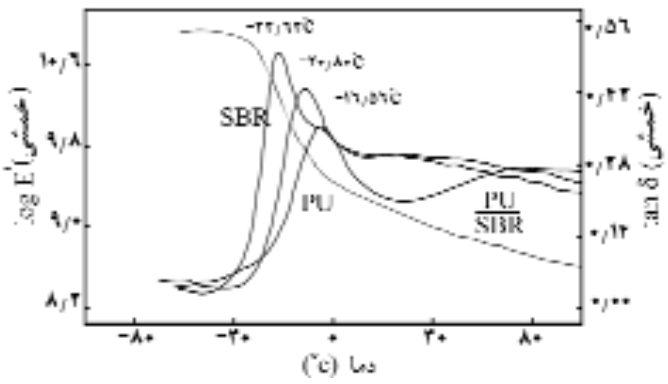
با توجه به نتایج بدست آمده بنظر می‌رسد که وقتی دو سیستم پخت با هم مخلوط می‌شوند، آمیزه‌های SBR و پلی یورتان هر کدام با مواد پخت خود به صورت مجزا واکنش می دهند و به صورت دو فاز جدا از هم پخت می‌شوند. در این مرحله با کاهش شتاب‌دهنده Rhenocure AUR که نقش عمده‌ای در سرعت پخت آمیزه دارد، سرعت پخت کاهش داده شد و دوباره آمیزه‌ای از هر دو الاستومتر



شکل ۱۲ - مقایسه میزان سایش آمیزه‌های دارای ۲۵ قسمت وزنی پلی یورتان و آمیزه مبنا.

PU/SBR با نسبت ۷۵ / ۲۵ و مقدار جدید شتاب دهنده تهیه گردید (فرمول M_2 در جدول ۱).

برخلاف انتظار مشاهده شد که سرعت پخت در نمونه M_2 هیچ تغییر محسوسی هماهنگ با سرعت پخت سایر اجزا پیدا نکرد (جدول ۳) و خصوصیات آمیزه جدید نسبت به آمیزه M_1 نیز افت نشان داد. با جمع بندی نتایج فوق چنین بنظر می‌رسد که در رقابت بین SBR و پلی یورتان در مصرف مواد پخت، SBR با مواد پخت یورتان واکنش می‌دهد و آن را مصرف می‌کند و پلی یورتان که سرعت پخت کمتری دارد با شتاب دهنده‌های کند SBR واکنش می دهد که در زمان داده شده برای پخت در رئومتر عملا پلی یورتان به پخت بهینه نمی‌رسد. هر چند پلی یورتان با سیستم پخت غیر مؤثر و شتاب دهنده‌های مورد استفاده برای SBR بسیار کند پخت می شود و پخت آن در قالب با مشکل مواجه می شود، اما باید از سیستم پختی استفاده شود که هر دو آمیزه SBR خالص و PU خالص با آن سرعت پخت آهسته‌ای را داشته باشند. بدین



شکل ۱۳ - نتایج آزمون DMTA.

منظور و برای رسیدن به این هدف آمیزه N با سیستم پخت همانند SBR طراحی و ساخته و خواص آن بررسی شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که:

الف-آمیزه دارای سرعت پخت متناسب با دیگر اجزای تایر است (جدول ۳).

ب- استحکام کششی کاهش یافته است که البته با توجه به اینکه سیستم پخت به یک سیستم تقریبا سنتی تبدیل شده، افت استحکام کششی طبیعی است.

ج- مقاومت پارگی آلیاژ بهبود یافته و میزان افت خصوصیات بر اثر زمانمندی در مقایسه با SBR کمتر شده است (شکل ۱۱).

د- مقاومت سایشی بهبود می‌یابد و بر اثر زمانمندی بهبود بیشتری مشاهده می‌شود (شکل ۱۲).

هـ - منحنی DMTA نشان می‌دهد، مشکل عدم سازگاری دو الاستومر در آمیزه وجود ندارد (شکل ۱۳).

با توجه به نتایج بالا بنظر می‌رسد که با فرمولبندی N نمونه مناسبی از آلیاژ PU/SBR برای استفاده در رویه تایرهای OTR بدست می‌آید.

نتیجه‌گیری

استفاده از آلیاژ پلی یورتان به عنوان رویه، چسبندگی به منجید را کاهش می‌دهد. اما، این کاهش در درصدهای کم یورتان با عنایت به بهبود دیگر خواص کاربردی آلیاژها در حد قابل قبول است، بطوری که می‌توان این آلیاژها را به تنهایی هم در آج تایر بکار برد. میزان چسبندگی با افزایش مقدار درصد پلی یورتان روندی نزولی خواهد داشت.

درصد ازدیاد طول تا پارگی آمیزه‌ها با افزایش پلی یورتان کاهش و سختی آمیزه‌ها با افزایش درصد یورتان افزایش می‌یابد. آلیاژ PU/SBR با نسبت درصد ۲۵/۷۵ دارای سختی ثابت حدود ۷۰ (Shore A) است.

استحکام کششی آمیزه‌ها بر اثر افزایش پلی یورتان افزایش می‌یابد. استحکام کششی با زمانمندی کاهش می‌یابد و با افزایش درصد یورتان از میزان کاهش نسبی کاسته می‌شود.

با استفاده از سیستم پخت سنتی در این آلیاژها خصوصیات سایشی و پارگی آمیزه‌ها بهبود می‌یابد و در اصل می‌توان از مزایای پخت سنتی در این آمیزه‌ها استفاده کرد و به سیستم پختی متناسب با دیگر اجزای تایر دست یافت، در حالی که در آمیزه یورتانی خالص از سیستم پخت سنتی استفاده نمی‌شود. با استفاده از پلی یورتان در آمیزه‌ها مقاومت زمانمندی آنها افزایش می‌یابد.

مطالعات DMTA نشان دهنده سازگاری نسبی دو سیستم آمیزه با هم است. با استفاده از پلی یورتان در آمیزه‌ها بطور کلی مقاومت سایشی و پارگی بهبود می‌یابد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از آقای مهندس رحیم رحمانی که در انجام این پژوهش نهایت همکاری را داشته‌اند صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

مراجع

۱- کیقبادی آذر شهره و موحد وحیده، "پدید فرسایش رویه تایر، معاونت تحقیقات و توسعه"، شرکت تولیدی ایران تایر، ۱۳۶۸.

2. Wright P. and Cumming A.P.; *Solid Polyurethane Elastomer;* Gordon & Breach, USA, 1969.

3. Barikani M.; *Polyurethane Chemistry, Property, Application and Aging;* Iran Polymer Institute (IPI), 1997.

4. Marchiando R., "Lim Molded Tire Technology Strategic Consideration", 8th International Technical Marketing Conference, California, Nov. 1983.

5. Pajtas S.R., "Process for Making a Multiple Nonpneumatic Tire", *US Pat. 5, 676, 900*; 1977.

6. Dombrow B.A.; *Polyurethane;* Reinhold, New York, 2nd ed., 1965.

7. Chodha C.; *Polyurethane;* UKI Uniroyal Technical Paper, 2000.

۸ - پارسا مهرداد، "طراحی و بهینه سازی الاستومرهای طبیعی و پلی یورتان براساس خواص مکانیکی و شیمیایی"، دانشگاه صنعتی شریف، تابستان ۱۳۷۵.

9. Suresh K.I. and Thachil E.T., "Study on Blending of Millable PU Derived from Castor Oil with Natural Rubber", *Die. Angew. Makromol. Chem.;* 224, 55-60, 1995.

10. Jablonowski T.L.; *Blend of Polyurethane with Conventional Rubber;* American Chemical Society, Chicago, 1999.

11. Jablonowski T.L, "Peroxide Curing of Millable Polyurethane", *Rubber World;* 221, 25-38, 1999.

12. Kuo C.H., "Method for Making a Vulcanized Elastomer Capable of Combining with Polyurethane without Use of Adhesive and Method of Using the Elastomer so Made"; *US Pat. 6, 337, 041*; 2002.

13. Khatua B.B. and Das C.K., "Thermally Crosslinked Polymer Blends of Polyurethane and Chlorobutyl Elastomers (Sulfur Cure)", *Polym. Int.;* **50**,5,495-502, 2001.