مجله علوم و تکنولوژی پلیمر ، سال هجدهم،
شماره ۱، صفحه ۶۰-۵۳، ۱۳۸۴
ISSN : 1016-3255

اثر فرمولبندی بر خواص مکانیکی و مقاومت روغنی آمیزه‌های NBR

Effect of Formulation on Mechanical Properties and Oil Resistance of NBR Compounds

طاهره دارستانی فراهانی*، غلامرضا بخشنده، مجید زحمتی
تهران، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، پژوهشکده فرایند، گروه لاستیک، صندوق پستی ۱۴۹۶۵/۱۱۵

دریافت: ۸۳/۷/۲۹، پذیرش: ۸۳/۱۰/۲۷

چکیده

هدف از انجام این پژوهش مطالعه اثر اجزای آمیزه‌کاری بر مقاومت الاستومر NBR در برابر روغنهای غیر قطبی و در نهایت طراحی آمیزه‌ای مقاوم به روغن موتور برای کاربرد در صنعت خودرو است. آمیزه‌هایی با پرکننده، روغن و افزودنیهای مختلف از الاستومر NBR تهیه شده و اثر زمانمندی در روغن موتور به مدت ۷۲ h در دمای ۱۵۰°C بر خواص آمیزه‌ها بررسی شده است. همچنین، ساز و کارجذب و نفوذ روغن در شبکه الاستومری NBR و روند تغییرات وزن و حجم نمونه‌ها مطالعه شده است. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از مخلوط دوپرکننده سیلیکا و دوده برای دستیابی به مقاومت روغنی و خواص مکانیکی بهینه مناسبتر است از هر کدام از این پرکننده‌هاست. استفاده از روغن آروماتیک معدنی نیز بهتر از روغن دی‌اکتیل فتالات است.

واژه‌های کلیدی

NBR ، مقاومت روغنی، زمانمندی، پرکننده، آمیزه‌کاری

Key Words

NBR, oil resistance, aging, filler, compunding

مقدمه

الاستومر آکریلونیتریل - بوتادی‌ان (NBR) به دلیل وجود گروههای قطبی آکریلونیتریل در واحد تکرار شونده، در برابر نفوذ مواد و مایعات غیرقطبی مقاوم است و بطور عمده در کاربردهایی که به مقاومت در برابر مواد غیرقطبی نیاز است از این الاستومر استفاده می‌شود. در ضمن، از این الاستومر برای اصلاح مقاومت سایر مواد پلیمری مانند لاستیک طبیعی (NR)، لاستیک کلروپرن (CR)، لاستیک SBR و گرمانرم پلی پروپیلن (PP) در برابر مواد غیرقطبی بویژه روغنهای غیر قطبی استفاده می‌شود. لاستیک NBR به تنهایی نیز

* مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: T.darestani@ippi.ac.ir

کاربردهای بسیار زیادی دارد. یکی از کاربردهای ویژه این الاستومر در ساخت قطعات مقاوم به روغن در خودرو است [۹-۱].

افزون بر نوع الاستومر، اجزای آمیزه‌کاری لاستیکها از جمله نوع پرکننده، نوع روغن و سایر افزودنی نیز بر مقاومت روغنی آمیزه‌های لاستیکی اثر دارند. پژوهشهای متعددی روی اثر این اجزا بر مقاومت روغنی و گرمایی و تخریب وولکانیده‌های لاستیک NBR و آلیاژهای آن انجام شده است [۱۶-۱۰]. اما، پژوهشهای انجام شده روی ساز و کار جذب روغن در وولکانیده های NBR یا آلیاژهای آن بسیار کم است.

ساز و کار جذب روغن راهنمای بسیار خوبی برای طراحی فرمولبندی آمیزه‌های لاستیکی است [۱۷]. درضمن، در اغلب مقالات تنها تغییرات وزن نمونه‌ها در نظر گرفته شده و به تغییرات ابعاد آن توجهی نشده است، درحالی که در کاربردهایی نظیر واشرها تغییرات حجم نیز اهمیت دارد. یکی از اهداف این پژوهش، مقایسه ساز و کار تغییرات وزن وحجم نمونه و اثر اجزای آمیزه کاری برآن است.

در این پژوهش، علاوه بر بررسی اثر نوع پرکننده، روغن و سایر افزودنیها بر مقاومت روغنی و خواص مکانیکی وولکانیده‌های لاستیک NBR، اثر این اجزا بر ساز و کار جذب روغن نیز بررسی شده است. هدف نهایی این پژوهش طراحی آمیزه‌ای مقاوم در برابر روغنهای غیرقطبی بویژه در دماهای بالا برای کاربرد در صنعت خودرو است.

تجربی

مواد

فرمولبندی آمیزه‌های تهیه شده برای بررسی اثر اجزای آن بر خواص و زمانمندی NBR در جدول ۱ نشان داده شده است.

دستگاهها

در این پژوهش، مخلوط کردن آمیزه‌ها روی غلتک انجام شد. به این منظور غلتک آزمایشگاهی Polymix مدل ۲۰۰L و بنبوری آزمایشگاهی مدل BS-۱۶۷۴ ساخت شرکت فارل انگلیس بکار گرفته شد. همچنین، از پرس Deventest با ظرفیت ۲۵ تن برای قالبگیری، رئومتر مدل ۴۳۰۹ ساخت زوئیک برای تعیین مشخصه‌های پخت، سختی‌سنج ساخت شرکت Frank آلمان برای اندازه‌گیری سختی، دستگاه کشش MTS مدل ۱۰/M برای بررسی خواص کششی و برای اندازه‌گیری میزان جهندگی و مقاومت سایش از دستگاههای ساخت شرکت Frank آلمان استفاده شد.

روشها

اختلاط

در مرحله اول لاستیک NBR به همراه روغن، پرکننده و ضد اکسنده با

جدول ۱ فرمولبندی آمیزه‌های تهیه شده.

آمیزه / ماده	A	B	C	D	E
NBR (%۳۴ ACN)*	۱۰۰**	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
دوده، N۳۳۰	۷۵	-	-	۳۵	۷۵
سیلیکا	-	۷۵	۷۵	۴۵	-
روغن دی‌اکتیل فتالات (DOP)	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	-
روغن (بهران تایر ۲۹۰)	-	-	-	-	۲۵
عامل جفت کننده (سیلان ۶۹ -Si)	-	۲	-	-	-
روی اکسید	۵	۵	۵	۵	۵
استئاریک اسید	۱	۱	۱	۱	۱
IPPD (N- بیس پروپیل -N′-فنیل -P-فنیلیدن دی آمین)	۳	۳	۳	۳	۳
گوگرد	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
TMTD (تترا متیل تیورام دی سولفید)	۱	۱	۱	۱	۱
MBTS (مرکاپتو بنروتیازول دی سولفید)	۱	۱	۱	۱	۱
TMTM (تترا متیل تیورام مونوسولفید)	۱	۱	۱	۱	۱

* لاستیک NBR دارای ۳۴ درصد آکریلونیتریل ساخت شرکت بایر آلمان است؛ **: مقادیر به ازای ۱۰۰ قسمت لاستیک (phr) ارائه شده است.

استفاده از بنبوری آزمایشگاهی مخلوط شد، سپس مواد پخت و شتاب دهنده‌ها با استفاده از غلتک به فرمول پایه (masterbatch) اضافه شده است.

مشخصات پخت (t_5: زمان برشتگی و t_{95} : زمان پخت) با استفاده از رئومتر تعیین شده است. سپس، آمیزه‌ها در ۱۷۰°C براساس مقدار t_{95} مربوط با استفاده از پرس هیدرولیک قالبگیری فشاری شده‌اند. خواص کششی با استفاده از دستگاه کشش با سرعت کشش ۵۰۰ mm/min اندازه‌گیری شده است. آزمونهای سختی (شور A)، جهندگی و کاهش سایش (مقاومت سایشی) به ترتیب براساس استانداردهای ASTM D ۲۲۴۰، D ۱۰۵۴ و D ۵۹۶۳ انجام شده‌اند.

مطالعات تورمی و مقاومت روغنی

مقاومت روغنی آمیزه‌ها در ۱۵۰°C به مدت ۷۲ h در روغن موتور بهران پیشتاز ساخت شرکت نفت بهران ـ ایران اندازه‌گیری شده است. نمونه‌ها به شکل قطعات مستطیلی یکسان در ابعاد ۲×۲۰×۴۰mm بریده شدند. نمونه‌های خشک قبل از غوطه‌ور شدن در روغن توزین و در فواصل زمانی معین، از روغن خارج شدند. برای شستشوی روغن اضافی روی سطح، نمونه‌ها به مدت کوتاهی در اتیل الکل غوطه‌ور شده، پس از خشک شدن بین دو کاغذ صافی با استفاده از ترازوی دقیق آزمایشگاهی توزین شدند. سپس، برای جلوگیری از تغییرات دمایی، نمونه‌ها سریعاً به درون ظرف آزمون در آون برگردانده شده‌اند. اثر زمانمندی (aging) روی خواص مکانیکی نمونه‌ها نیز بررسی شده است. براساس مطالعات قبلی [۱۰] نمونه‌های کشش، سایش و سختی درون روغن موتور در ۱۵۰°C به مدت ۷۲ h غوطه‌ور شده و تغییرات خواص نمونه‌ها بعد از غوطه‌ورسازی در روغن، به عنوان معیاری برای تعیین مقاومت در برابر روغن آمیزه‌ها بکار رفته است.

نتایج و بحث

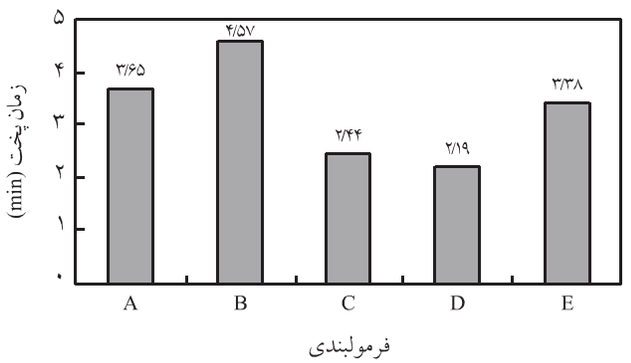
زمان برشتگی و پخت نمونه‌ها

شکل ۱ اثر فرمولبندی را بر زمان پخت بهینه (t_{95}) و زمان برشتگی (t_5) آمیزه لاستیک NBR نشان می دهد. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود وجود سیلیکا در نمونه‌ها باعث افزایش زمان برشتگی و کاهش زمان پخت بهینه شده است. افزودن عامل جفت کننده سیلان به نمونه دارای سیلیکا نیز باعث کاهش زمان برشتگی و افزایش زمان پخت شده است.

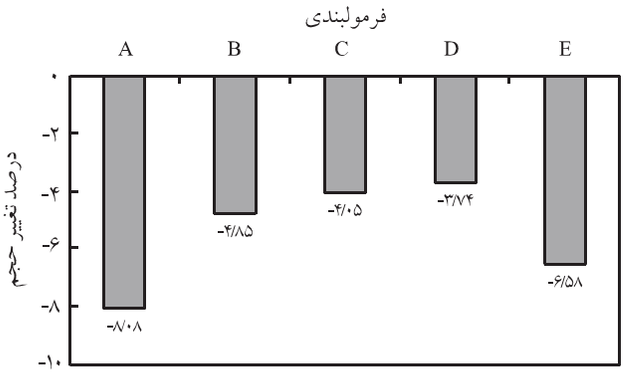
تغییرات حجم و وزن نمونه‌ها

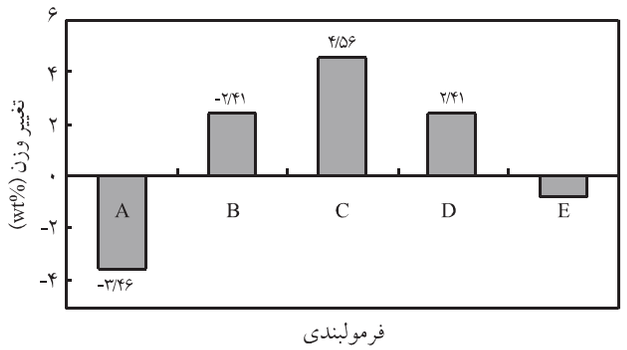
شکل ۲ تغییرات حجم و وزن نمونه‌ها را پس از آزمون زمانمندی در ۱۵۰°C در روغن موتور به مدت ۷۲ h نشان می دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، نمونه‌های دارای سیلیکا، افزایش وزن نشان می دهند در حالی که نمونه‌های حاوی دوده کاهش وزن (leaching) دارند. کاهش حجم (shrinkage) نیز در نمونه‌های دارای سیلیکا کمتر از نمونه های دارای دوده است. کمترین میزان افزایش وزن در نمونه دارای مخلوط سیلیکا و دوده و همچنین نمونه دارای سیلیکا و عامل جفت کننده سیلان مشاهده شده است، ولی با توجه به نتایج تغییر حجم که نمونه دارای مخلوط سیلیکا و دوده کمترین میزان کاهش حجم را نشان می دهد، این نمونه مناسبتر از بقیه بنظر می رسد.

با جایگزینی روغن DOP با روغن آروماتیک معدنی به دلیل افزایش گرانروی روغن، مقدار خروج (leachimg) آن از نمونه کاهش یافته و درصد کاهش وزن و حجم نمونه کمتر از نمونه دارای روغن DOP یعنی نمونه A است. نمونه‌های دارای سیلیکا بیشترین افزایش حجم و نمونه‌های دارای دوده بیشترین کاهش حجم را نشان می دهند. بنابراین، استفاده از مخلوط این دو پرکننده و روغن آروماتیک به عنوان بهترین راه برای دستیابی به کمترین میزان تغییر وزن و حجم در نمونه‌های NBR



شکل ۱ اثر فرمولبندی بر زمان برشتگی و پخت بهینه آمیزه لاستیک NBR.





شکل ۲ تغییر حجم و وزن نمونه‌ها پس از آزمون زمانمندی در ۱۵۰°C در روغن موتور به مدت ۷۲ h.

پیشنهاد می‌شود.

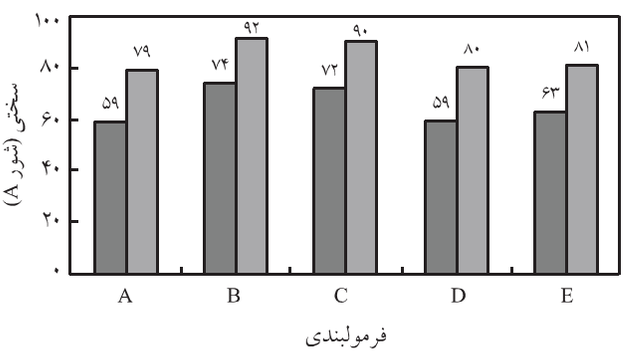
خواص مکانیکی

شکل ۳ اثر فرمولبندی و زمانمندی را بر سختی نمونه‌ها نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که جایگزینی مقداری از دوده با سیلیکا اثر چندانی بر سختی آمیزه‌ها ندارد، ولی جایگزینی کامل دوده با سیلیکا باعث افزایش سختی می‌شود. بنظر می‌رسد سیلیکا به دلیل برهمکنش ضعیف‌تر با لاستیک در مقایسه با دوده در این آمیزه‌ها، نقش پرکننده تقویتی کمتری دارد و بیشتر باعث افزایش سختی می‌شود. تغییرات سایر خواص مکانیکی می‌تواند این نظریه را تأیید یا رد کند. افزودن سیلان به آمیزه دارای سیلیکا نیز به دلیل افزایش استحکام شبکه باعث افزایش سختی آمیزه می‌شود.

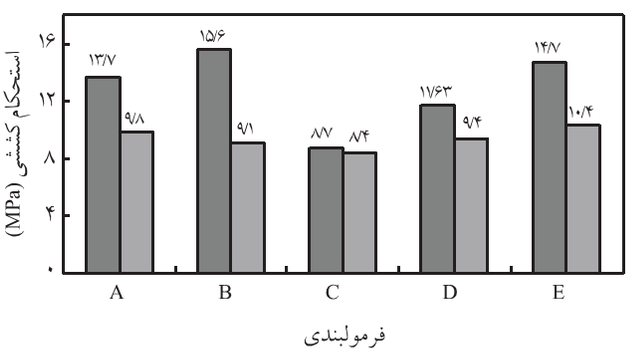
همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود سختی همه نمونه‌ها در اثر آزمون زمانمندی افزایش می‌یابد. افزایش مقدار سختی در نمونه‌های دارای دوده نسبت به نمونه‌های دارای سیلیکا بیشتر است، زیرا در این نمونه‌ها روغن نرم‌کننده از بستر پلیمری خارج شده است، اما در نمونه‌های دارای سیلیکا این نرم‌کننده کاملاً یا بطور جزئی با روغن غیرقطبی جایگزین شده است که این روغن به دلیل عدم سازگاری با بستر قطبی لاستیک NBR اثر نرم‌کنندگی کمی دارد و باعث افزایش سختی می‌شود. البته، تخریب اکسایشی ـ گرمایی و احتمال ایجاد اتصالات عرضی حین آزمون زمانمندی نیز وجود دارد که هر دو فرایند باعث افزایش سختی می‌شوند.

شکل ۴ اثر فرمولبندی و زمانمندی را بر استحکام کششی نمونه‌ها نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که استحکام کششی نمونه‌ها با جایگزینی دوده با سیلیکا کاهش می‌یابد. بنابراین، دوده باعث استحکام کششی بیشتری در نمونه‌ها می‌شود. با استفاده از سیلان استحکام کششی نمونه دارای سیلیکا افزایش می‌یابد. دلیل این موضوع شرکت کردن سیلان در فرایند شبکه‌ای شدن به عنوان کمک‌کننده (co-agent) و افزایش استحکام شبکه است.

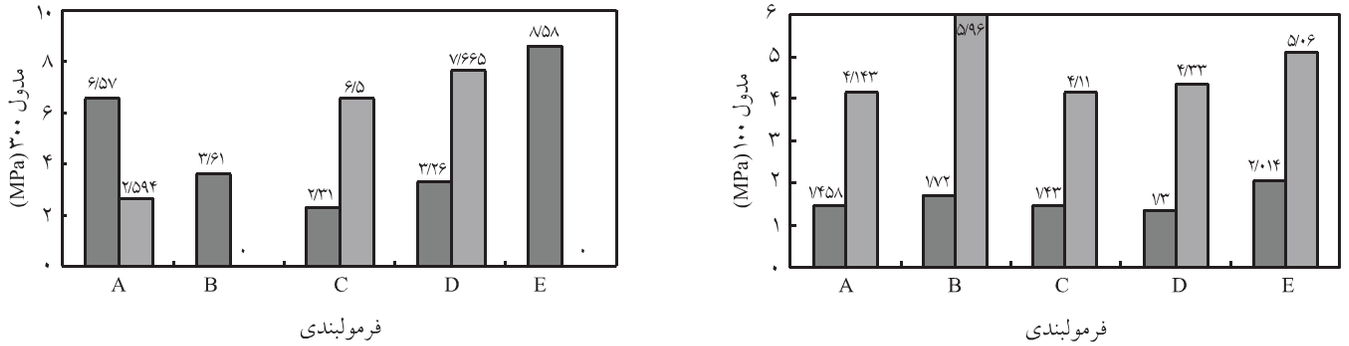
همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، روغن آروماتیک نسبت به



شکل ۳ اثر فرمولبندی و زمانمندی بر سختی نمونه‌ها: (■) قبل از زمانمندی و (□) بعد از زمانمندی.



شکل ۴ اثر فرمولبندی و زمانمندی بر استحکام کششی نمونه‌ها: (■) قبل از زمانمندی و (□) بعد از زمانمندی.



شکل ۵ اثر فرمولبندی و زمانمندی بر مدول نمونه‌ها: (■) قبل از زمانمندی و (□) بعد از زمانمندی.

روغن DOP باعث افزایش استحکام کششی و سختی نمونه‌ها می‌شود که دلیل آن احتمالا افزایش گرانروی و نزدیکتر شدن آن به گرانروی توده لاستیکی و بهبود برهمکنش نرم کننده و لاستیک و در نهایت بهبود فرایند اختلاط است. همچنین، در این شکل مشاهده می‌شود مقاومت کششی همه نمونه‌ها در اثر زمانمندی کاهش می‌یابد . بیشترین تغییر در نمونه دارای سیلیکا وسیلان و کمترین تغییر در نمونه دارای پرکننده خالص سیلیکا مشاهده می‌شود. نمونه‌های دارای دوده پس از زمانمندی نیز استحکام کششی بیشتری از نمونه‌های دارای سیلیکا دارند. نمونه حاوی روغن آروماتیک بیشترین استحکام کششی را پس از زمانمندی دارد که احتمالا دلیل آن خروج کمتر نرم‌کننده به دلیل بیشتر بودن گرانروی روغن آروماتیک نسبت به DOP است. پس از نمونه دارای روغن آروماتیک، نمونه دارای دوده یعنی نمونه A و نمونه دارای مخلوط سیلیکا و دوده قرار دارند.

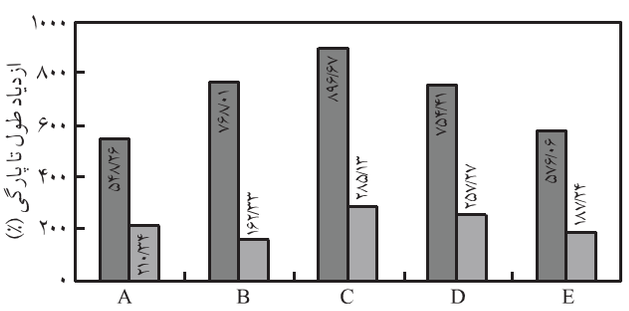
شکل ۵ اثر فرمولبندی و زمانمندی را بر مدول نمونه‌ها نشان می‌دهد. در این شکل مشاهده می‌شود که مدول نمونه‌ها نیز با استفاده از پرکننده سیلیکا کاهش می‌یابد. استفاده از عامل جفت کننده سیلان این کاهش را تعدیل می‌کند، این امر به دلیل برهمکنش بیشتر دوده با ماتریس پلیمری است که اثر افزایشی سیلان به عنوان عامل جفت کننده این نظریه را تأیید می‌کند. استفاده از روغن آروماتیک به جای DOP مشابه استحکام کششی، باعث افزایش مدول نیز می‌شود.

مدول ۱۰۰درصد همه نمونه‌ها در اثر آزمون زمانمندی افزایش می‌یابد و از الگویی مشابه استحکام کششی پیروی می‌کند. اما، تغییرات آن بسیار بیشتر از تغییرات استحکام کششی است. بیشترین افزایش در نمونه‌های دارای سیلیکا و سیلان و پس از آن در نمونه دارای روغن آروماتیک مشاهده شده است . مدول نهایی در نمونه دارای دوده و DOP، نمونه دارای سیلیکا و نمونه دارای مخلوط سیلیکا و دوده تقریباً یکسان است. بنابراین، نوع پرکننده اثر زیادی بر مدول ۱۰۰ درصد نمونه‌ها پس از زمانمندی ندارد.

مدول ۳۰۰ درصد در نمونه‌های دارای سیلیکا افزایش می‌یابد، این افزایش در مورد نمونه دارای مخلوط دوده و سیلیکا مشهودتر است. اما، در نمونه دارای دوده کاهش می‌یابد. در مورد نمونه دارای سیلیکا و سیلان و همچنین نمونه دارای روغن آروماتیک نمونه قبل از رسیدن به ازدیاد طول ۱۰۰ درصد پاره می‌شود. این امر مؤید این موضوع است که زمانمندی باعث تغییر رفتار تنش ـ کرنش نمونه‌ها می‌شود.

شکل ۶ اثر فرمولبندی و زمانمندی را بر ازدیاد طول تا پارگی نمونه‌ها نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود که ازدیاد طول تا پارگی نمونه‌ها با افزودن سیلیکا افزایش می‌یابد (استحکام کششی کاهش می‌یابد). اما، با افزودن سیلان و جایگزینی مقداری از سیلیکا با دوده، استحکام کششی به دلیل افزایش استحکام شبکه الاستومری و بهبود برهمکنش لاستیک و پرکننده افزایش می‌یابد و ازدیاد طول این نمونه‌ها از نمونه دارای سیلیکای خالص کمتر است. استفاده از روغن آروماتیک با وجود افزایش مشاهده شده در استحکام کششی باعث افزایش ازدیاد طول تا پارگی نیز می‌شود، دلیل این امر احتمالاً بهبود پراکنش دوده با استفاده از روغن آروماتیک است.

همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، ازدیاد طول تا پارگی آمیزه‌ها



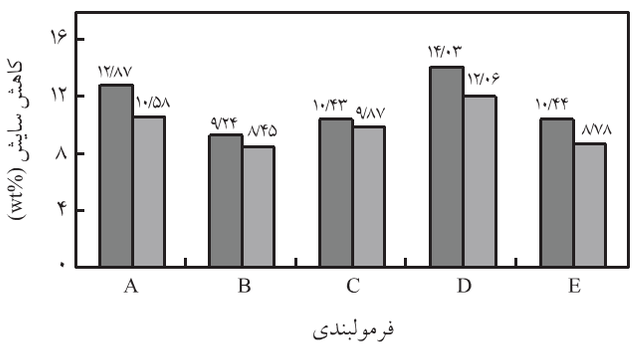
شکل ۶ اثر فرمولبندی و زمانمندی بر ازدیاد طول تا پارگی نمونه‌ها: (■) قبل از زمانمندی و (□) بعد از زمانمندی.

جدول ۲ داده‌های تورمی نمونه‌ها (w: وزن نمونه‌ها و v: حجم نمونه‌هاست).

نمونه / زمان (h)	A		B		C		D		E	
	v	w	v	w	v	w	v	w	v	w
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۱/۰۶	۰/۷	۳/۷۵	-۰/۵۵	۵/۹	-۰/۵۵	۴/۰۱	۰/۶۶	۲/۱۴	-۳/۱۲
۴/۸۳	۵/۳۵	۰/۴	۶/۵۵	-۱/۱۳	۷/۶۲	-۱/۱۴	۶/۵۷	۰/۷۵۵	۳/۳۵	-۳/۵۵
۲۳/۳۳	۰	-۶/۴۲	۴/۸۵	-۴/۲۱	۶/۴	-۵/۰۴	۳/۵۵	-۴/۴۹	-۰/۱۳۶	-۸/۱۴
۲۵/۰۸	۰/۱۳	-۶/۴۲	۴/۶۵	-۵/۲۹	۶/۲۵	-۴/۹۵	۳/۴۸	-۴/۴	-۰/۳	-۸/۳
۲۷/۸۳	۰	-۶/۴۲	۴/۶	-۵/۵	۶/۱۷	-۵/۱۳	۳/۴۸	-۴/۸۲	-۰/۴	-۸/۲۸
۴۷/۳۳	-۱/۴۴	-۷/۸۱	۳/۱۵	-۶/۸	۵	-۶	۲/۶۵	-۵/۱۶	-۰/۷۹	-۸/۸۵
۵۰/۰۸	-۲/۱	-۷/۸۹	۳/۰۷	-۶/۳۴	۴/۷۵	-۵/۵۹	۲/۴۱	-۴/۹۹	-۱/۵۹	-۸/۸۳
۵۲/۴	-۲/۹۲	-۷/۸	۲/۸	-۶/۴۷	۴/۲۹	-۵/۹۱	۲/۱۴	-۵/۳۲	-۱/۶۵	-۹/۰۲
۷۲	-۳/۰۶	-۷/۶	۲/۸۸	-۶/۶۴	۴/۲۸	-۵/۴۳	۲/۱۴	-۵/۱۴	-۱/۶۵	-۸/۴۹

به دلیل تخریب گرمایی - اکسایشی و خروج نرم کننده در اثر آزمون زمانمندی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. میزان کاهش ازدیاد طول نمونه‌های دارای دوده و نمونه دارای سیلان بیشتر از نمونه‌های دارای سیلیکا و مخلوط سیلیکا و دوده است. تغییرات مشاهده شده در استحکام کششی نیز با این مشاهدات منطبق است. بیشترین افزایش طول پس از زمانمندی در نمونه دارای سیلیکا و کمترین آن در نمونه دارای سیلیکا به همراه عامل جفت کننده سیلان مشاهده شده است. نمونه دارای مخلوط سیلیکا و دوده در مقایسه با سایر آمیزه‌ها مقاومت بیشتری در برابر زمانمندی نشان می‌دهد.

شکل ۷ اثر فرمولبندی و زمانمندی را بر مقدار سایش (عکس مقاومت سایشی) نمونه‌ها نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که مقاومت سایشی نمونه‌ها با استفاده از سیلیکا کاهش می‌یابد. اما، آمیزه دارای مخلوط



شکل ۷ اثر فرمولبندی و زمانمندی بر مقدار سایش نمونه‌ها: (■) قبل از زمانمندی و (□) بعد از زمانمندی.

سیلیکا و دوده، مقاومت سایشی کمتری از نمونه دارای دوده دارد، یعنی آمیختن دو پرکننده باعث کاهش مقاومت سایشی آمیزه (افزایش مقدار سایش) می‌گردد. بیشترین مقاومت سایشی مربوط به نمونه دارای سیلیکا و سیلان است که نشانه برهمکنش مناسب پرکننده و ماتریس در اثر استفاده از عامل جفت کننده سیلان است.روغن آروماتیک نیز به دلیل افزایش توزیع متناسب دوده باعث افزایش مقاومت سایشی آمیزه می‌شود.

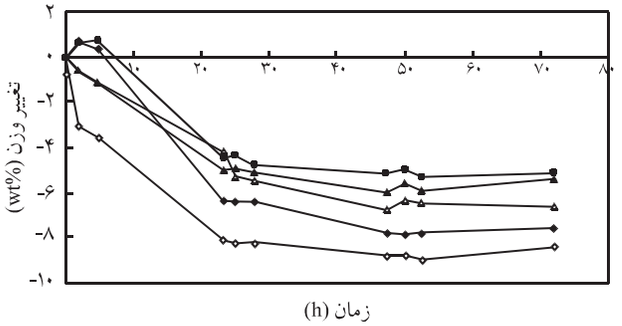
همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود زمانمندی نمونه‌ها در روغن باعث افزایش مقاومت سایشی (کاهش مقدار سایش) می‌گردد. افزایش مقاومت سایشی نمونه‌ها در اثر تخریب اکسایشی و افزایش سختی و سفتی نمونه‌ها امری طبیعی است.

مقدار کاهش سایش در نمونه‌های دارای دوده بیشتر از سایر نمونه‌هاست که نشان از کمتر بودن تخریب در نمونه‌های دارای دوده است. بیشترین مقاومت سایشی پس از زمانمندی مربوط به نمونه دارای سیلان و سیلیکا و کمترین مقاومت سایشی نیز مربوط به مخلوط دو پرکننده دوده و سیلیکاست.

نتایج جذب (sorption)

مقادیر جذب روغن نمونه ها در جدول ۲ ارائه شده است و شکلهای ۸ و۹ به ترتیب تغییر وزن و حجم نمونه‌ها را با زمان در طول آزمون زمانمندی در روغن موتور نشان می‌دهند.

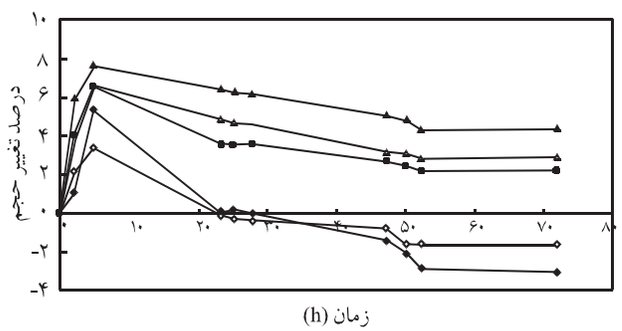
مطابق شکل ۸ در نمونه‌های دارای سیلیکا از همان ابتدا کاهش وزن مشاهده می‌شود. این پدیده حاکی از این است که روغن سریعاً به داخل



شکل ۸ تغییر وزن نمونه های مختلف با زمان: A(◆)، B(△)، C(▲)، D(■) و E(◇).

نمونه‌ها نفوذ کرده، به مرور زمان، مواد کوچک مولکول را از توده الاستومری خارج می‌کند. نمونه دارای روغن آروماتیک نیز چنین رفتاری دارد، اما در نمونه های دارای دوده یعنی نمونه A و نمونه دارای مخلوط دوده و سیلیکا قبل از خروج مواد، نفوذ روغن در نمونه ها زمان بیشتری طول کشیده، و قبل از شروع خروج مواد در ۸ ساعت اول افزایش وزن به دلیل نفوذ روغن مشاهده می‌شود. این پدیده بدلیل استحکام بیشتر این نمونه‌هاست که نتایج خواص مکانیکی نیز آن را تأیید می‌کند.

شکل ۹ تغییر حجم نمونه‌ها را با زمان در طول آزمون زمانمندی در روغن موتور نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود حجم همه نمونه‌ها ابتدا افزایش و پس از آن کاهش می‌یابد تا به مقداری ثابت برسد. نمونه های دارای سیلیکا در اثر زمانمندی افزایش حجم نشان داده و نمونه های دارای دوده یعنی نمونه دارای DOP و روغن آروماتیک هر دو علاوه بر کاهش وزن، کاهش حجم نشان داده‌اند. کمترین میزان تغییر حجم نهایی (افزایش یا کاهش حجم) در نمونه دارای مخلوط سیلیکا و دوده مشاهده می‌شود. نمونه های دارای تنها پرکننده سیلیکا افزایش حجم بیشتری دارند و در نهایت نیز حجم اضافی ایجاد شده، نمونه به ابعاد اولیه برنمی‌گردد. این امر به کشسانی کمتر نمونه‌ها نسبت به



شکل ۹ تغییر حجم نمونه های مختلف با زمان: A(◆)، B(△)، C(▲)، D(■) و E(◇).

نمونه های دارای دوده که ناشی از برهمکنش ضعیف پرکننده و لاستیک است، مربوط می‌شود.

درمجموع بنظر می‌رسد که از نظر جذب روغن و تغییرات وزن وحجم، نمونه دارای مخلوط دو پرکننده سیلیکا و دوده بهترین نمونه است.

نتیجه گیری

نتایج آزمونهای انجام شده نشان می دهد که نمونه دارای مخلوط سیلیکا و دوده کمترین میزان کاهش حجم را نشان می دهد. این نمونه مناسبتر از بقیه بنظر می رسد. جایگزینی روغن DOP با روغن آروماتیک معدنی نیز درصد کاهش وزن و حجم نمونه را کاهش می دهد. نمونه های دارای سیلیکا بیشترین افزایش حجم و نمونه های دارای دوده بیشترین کاهش حجم را نشان می دهند. بنابراین، استفاده از مخلوط این دو پرکننده و روغن آروماتیک به عنوان بهترین راه برای دستیابی به کمترین میزان تغییر وزن و حجم در نمونه های NBR پیشنهاد می شود.

مقاومت کششی همه نمونه‌ها در اثر زمانمندی کاهش می‌یابد. بیشترین تغییر در نمونه دارای سیلیکا وسیلان و کمترین تغییر در نمونه دارای پرکننده خالص سیلیکا روی می دهد. استحکام کششی نمونه های دارای دوده پس از زمانمندی نیز بیشتر از نمونه های دارای سیلیکا است و نمونه دارای روغن آروماتیک بیشترین استحکام کششی را پس از زمانمندی دارد. ازدیاد طول تا پارگی نمونه ها به دلیل تخریب گرمایی - اکسایشی و خروج نرم‌کننده در اثر آزمون زمانمندی بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می یابد. میزان کاهش ازدیاد طول نمونه های دارای دوده و نمونه دارای سیلان بیشتر از نمونه های دارای سیلیکا و مخلوط سیلیکا و دوده است. نمونه دارای مخلوط سیلیکا و دوده در مقایسه با سایر آمیزه‌ها مقاومت بیشتری در برابر زمانمندی نشان می‌دهد.

زمانمندی نمونه‌ها در روغن به دلیل تخریب اکسایشی و افزایش سختی و سفتی آمیزه باعث افزایش مقاومت سایشی (کاهش مقدار سایش) می‌شود. مقدار کاهش سایش در نمونه های دارای دوده بیشتر از سایر نمونه‌هاست که نشان از کمتر بودن تخریب در نمونه های دارای دوده است.

در طول آزمون زمانمندی، نمونه‌های دارای سیلیکا از همان ابتدا دچار کاهش وزن می‌شوند. در نمونه دارای روغن آروماتیک نیز چنین است، اما در نمونه های دارای دوده یعنی NBR و نمونه دارای مخلوط دوده و سیلیکا قبل از خروج مواد، نفوذ روغن در نمونه ها زمان بیشتری طول کشیده و قبل از شروع خروج مواد در ۸ ساعت اول افزایش وزن به

دلیل نفوذ روغن مشاهده می شود. این پدیده به دلیل استحکام بیشتر این نمونه هاست که نتایج خواص مکانیکی نیز آن را تأیید می کند.حجم همه نمونه ها ابتدا افزایش و پس از آن کاهش می یابد تا به مقداری ثابت برسد. نمونه های دارای سیلیکا در اثر زمانمندی افزایش حجم نشان داده و نمونه های دارای دوده یعنی نمونه دارای DOP و روغن آروماتیک هر دو علاوه بر کاهش وزن، کاهش حجم نشان داده و کمترین میزان تغییر حجم نهایی (افزایش یا کاهش حجم) در نمونه دارای مخلوط سیلیکا و دوده مشاهده می شود.

درمجموع بنظر می‌رسد که از نظر جذب روغن و تغییرات وزن وحجم نمونه و همچنین تغییرات خواص مکانیکی نمونه ها استفاده از مخلوط دو پرکننده سیلیکا و دوده نتیجه مناسبی دارد.

مراجع

1. Sirisinha C., Limcharoeu S. and Thunyaittikorn J., Oil Resistance Controlled by Phase Morphology in Natural Rubber/Nitrile Rubber Blends, *J. Appl. Polym. Sci.,* **87**, 83-89, 2003.
2. Wootthikanokkham J. and Tongrubbai B., A Study on Morphology and Physical Properties of Natural-Acrylic Rubber Blends , *J. Appl. Polym. Sci.,* **86**, 1532-1539, 2002.
3. Dunn J.R., Heat and Fuel Resistance of NBR and NBR-PVC Blends, *Plast. Rubber Proc. Appl.,* **2**, 161-168, 1982.
4. Pylee Kuriakose A. and Varghese M., The Compounding of Nitrile and Polychloroprene Rubber with Rice Bhran Oil, *Iran. Polym. J.,* **8**, 247-255, 1999.
5. Clarke J., Clarke B., Freakley P.K. and Sutherland I., Compatibilising Effect of Carbon Black on Morphology of NR-NBR Blends , *Plast. Rubber Compos.,* **30**, 39-44, 2001.
6. Ismail M.N., Sabbagh S.H.E., and Yihia A.A., Fatigue and Mechanical Properties of NR/SBR and NR/NBR Blend Vulcanized , *J. Elast. Plast.,* **31**, 255-270, 1999.
7. Tripathy A.R., Ghosh M.K. and Das C.K., Polyblends of Polyacrylic Rubber and Fluroelastomer, *Int. J. Polym. Mater.,* **17**, 77-86, 1992.
8. Naderi G., Razavi Nouri M., Mehrabzadeh M. and Bakhshandeh G.R., Studies on Dynamic Vulcanization of PP/NBR Thermoplastics, *Iran. Polym. J.,* **8**, 37-42, 1999.
9. Bakhshandeh G.R. and Afrazi H., Effect of Silica Filler Concentration on Resistance of NBR Vulcanizates in Hot Oil, *Iran. J. Polym. Sci. Technol.,* **10**, 91-95, 1997.
10. Subramanian V. and Ganaphathy S., Aging of Vulcanized of Formulations for Rubber Seals , *J. Appl. Polym. Sci.,* **70**, 985-991, 1998.
11. Coolthard D.C. and Gunter W.D., New Compounding Approaches to Heat Resistant NBR, *J. Elast. Plast.,* **9**, 131-155, 1997.
12. Shevchenko T.A. and Shevechenki N.M., Increasing the Oil and Petrol Resistance of Vulcanizates Based on Butadiene-Acrylonitrile Rubber, *Int. Polym. Sci. Technol.,* **28**, 1-4, 2001.
13. Choi S.S., Improvement of Properties of Silica Filled Styrene Butadiene Rubber Compounds Using Acrylonitrile-Butadiene Rubber, *J. Appl. Polym. Sci.,* **79**, 1127-1133, 2001.
14. Ruamsan M.T., Premalatha C.K. and Alex R., Influence of Carbon Black on Uncompatibilised and Compalibilised SBR/NBR Blends, *Plast. Rubber Compos.,* **30**, 355-362, 2001.
15. Sirisinhan C., Baulek-Limchareone S. and Thrunyarittikorn J., Relationships Among Blending Conditions, Size of Dispersed Phase and Oil Resistance in Natural Rubber and Nitrile Rubber Blends , *J. Appl. Polym. Sci.,* **82**, 1232-1237, 2001.
16. Hepburn C., Hatam E.A., and Ekbal A., The Heat Aging Resistance of Chlorobutyl Rubber Vulcanized with Zinc Oxide alone and with a Zinc Oxide-Tetramethyl Thiuram Disulphide Combination, *Plast. Rubber Proc. Appl.,* **6**, 309-312, 1986.
17. Darestani Farahani H. and Bakhshandeh G.R., Study of the Effect of Aging in Brake Fluid on Physico-mechanical Properties and Thermal Resistance of EPDM Rubber Compunds Containing Various Contents of DCP, *Iran. J. Polym. Sci. Technol.,* **17**, 299-305, 2005.