مجله علوم و تکنولوژی پلیمر ، سال هفدهم،
شماره ۵، صفحه ۳۰۵-۲۹۹، ۱۳۸۳
ISSN : 1016-3255

مطالعه اثر زمانمندی در روغن ترمز بر خواص فیزیکی - مکانیکی و مقاومت گرمایی آمیزه‌های لاستیک EPDM دارای مقادیر مختلف DCP

Study of the Effect of Aging in Brake Fluid on Physico-Mechanical Properties and Thermal Resistance of EPDM Rubber Compounds Containing Various Contents of DCP

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

دریافت: ۸۳/۲/۳۰، پذیرش: ۸۳/۶/۲۴

چکیده

الاستومر EPDM به دلیل داشتن ساختار غیر قطبی، در برابر نفوذ مایعات قطبی مانند آب و روغن ترمز بسیار مقاوم است. از این الاستومر در قطعات رادیاتور و سیستم ترمز خودرو استفاده می‌شود. در این پژوهش، اثر زمانمندی الاستومر EPDM با مونومر سیرنشده اتیلیدین نور بورنن در نوعی روغن ترمز (بر پایه اتر گلیکول) مطالعه شده است. آمیزه‌هایی با مقادیر مختلف عامل پخت پروکسیدی و سایر افزودنی‌های متداول در صنعت طراحی شده و اثر زمانمندی در روغن ترمز به مدت ۷۲ h در دمای ۱۰۰°C بر خواص مهندسی آمیزه‌ها، سینتیک نفوذ و جذب روغن در آنها و همچنین مقاومت گرمایی آمیزه‌ها بررسی شده است. هدف از انجام این پژوهش، مطالعه مراحل جذب روغن و اثر افزودنی‌های موجود در آمیزه بر مقاومت در برابر روغن و همچنین خواص نمونه‌ها و در نهایت طراحی آمیزه‌ای مقاوم در برابر روغن های غیر قطبی بر پایه لاستیک EPDM است.

واژه‌های کلیدی

لاستیک EPDM ، زمانمندی، مقاومت گرمایی، روغن ترمز، مقاومت در برابر روغن

مقدمه

لاستیک اتیلن - پروپیلن (EPR) الاستومری سیرشده و مصنوعی است و به همین دلیل بطور ذاتی در برابر تخریب به وسیله گرما، نور، اکسیژن و بویژه اوزون مقاوم است [۱]. اتیلن - پروپیلن - دی‌ان‌مونومر (EPDM) که دارای بخش سیرنشده جانبی مانند ENB (۵-اتیلیدین-۲-نوربورنن) است، نسبت به EPM مقاومت کمتری در برابر تخریب و زمانمندی دارد [۱،۲]. EPDM کاربردهای بسیار وسیعی بویژه در عایق های الکتریکی [۳] و قطعات خودرو (۴۱ درصد کاربردهای متداول) دارد [۶-۴]. یکی از این کاربردها در سیستم ترمز، واشرهای

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

Key Words

EPDM rubber, aging, thermal resistance, brake fluid, oil resistance

حلقه‌ای (o-ring) است [۷،۸].

روغن (مایع) ترمز از روان‌کننده‌ای نظیر پروپیلن گلیکول، حلال (ترکیبی از اتر گلیکول‌ها) و افزودنی‌ها برای مقاومت در برابر خوردگی تشکیل شده است [۹].

مطالعات سایر پژوهشگران نشان می‌دهد که نفوذ مولکولی مایعات آلی در شبکه‌های پلیمری به چگالی گره‌خوردگی‌ها و انتهای آزاد زنجیرها، چگالی اتصالات عرضی، سازگاری پلیمر و مایع، نوع و مقدار پرکننده و همچنین گرانروی مایع نفوذ کننده و عاملیت پیوندهای عرضی بستگی دارد [۸]. در این پژوهش، اثر سیستم پخت آمیزه بر نفوذ روغن ترمز در شبکه الاستومر EPDM مطالعه شده است. برای این منظور مقادیر متفاوتی از عامل پخت پروکسیدی (DCP) با دیگر مواد متداول در آمیزه‌کاری که تولید کنندگان قطعات EPDM در ساخت اجزای سیستم ترمز از آن استفاده کرده‌اند، در تهیه آمیزه‌ها استفاده شده است.

زمانمندی (aging) قطعات لاستیکی پخت شده بطور قابل ملاحظه‌ای ساختار شبکه را تغییر داده، بر خواص مهندسی آن اثر می‌گذارد، این تغییرات هم به دما و هم به مدت زمانمندی بستگی دارد [۱۰]. همچنین، مطالعات نشان می‌دهد که در زمانمندی طولانی، شبکه پلیمری تخریب گرمایی شده و تغییر خواص بطور عمده به دلیل تخریب گرمایی - اکسایشی شبکه پلیمری است. پژوهشگران بسیاری از روش‌های تجزیه گرمایی مانند DSC و TGA برای بررسی تخریب آمیزه‌های الاستومری EPDM استفاده کرده‌اند [۱۳-۱۱]. در این پژوهش، اثر روغن ترمز پلی(اتر - گلیکول) با نام تجاری DOT ۳ روی الاستومر EPDM با مونومر سیرنشده ENB بررسی شده است، در ضمن، اثر زمانمندی بر خواص مهندسی آمیزه ها و مقاومت گرمایی با استفاده از روش TGA نیز مطالعه شده است.

تجربی

مواد

مشخصات مواد استفاده شده در آمیزه‌کاری و فرمولبندی بکار رفته در این پژوهش به ترتیب در جدول‌های ۱و۲ آمده است.

دستگاه‌ها

در این پژوهش، مخلوط کردن اجزای آمیزه‌ها روی غلتک انجام شد. برای 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 آلمان 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 دستگاهی ساخت شرکت Frank آلمان استفاده شد.

روش‌ها

اختلاط

لاستیک EPDM، پرکننده، روغن و ضداکسنده (IPPD) در بنبوری آزمایشگاهی به مدت ۱۲ min مخلوط شده و سپس DCP با استفاده از غلتک آزمایشگاهی به فرمول پایه (master batch) اضافه شد.

پخت

مشخصه‌های پخت آمیزه‌ها (t_5، زمان برشتگی، t_{95} و زمان پخت) با استفاده از رئومتر معین شد، سپس آمیزه‌ها در ۱۷۰°C براساس مقدار t_{95}

جدول ۱ - مشخصات مواد استفاده شده.

ماده	مشخصات	نام تجاری	شرکت تولیدکننده
EPDM	درصد اتیلن: ۵۵/۵ و گرانروی مونی در ۱۲۵°C: (۱+۴) ML ۹۱	Vistalon ۷۵۰۰	Exxon (کره)
DCP	با خلوص ۴۰ درصد	——	Taiwan Oil Product (تایوان)
روغن	پارافینی	بهران ۸۴۰	نفت بهران (ایران)
N-۳۳۰	دوده	——	کربن اهواز (ایران)
IPPD	ضداکسنده	NA-۴۰۱۰	بایر (آلمان)
ZnO	——	——	ایران
استئاریک اسید	——	——	مالزی

جدول ۲ - فرمولبندی‌های بکار رفته برای تهیه آمیزه‌ها (مقدار برحسب phr بیان شده است).

آمیزه / مواد	A	B	C	D
EPDM	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
N-۳۳۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰
روغن	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
IPPD	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
ZnO	۵	۵	۵	۵
استئاریک اسید	۲	۲	۲	۲
DCP	۲	۴	۶	۸

مربوط (مدت زمانی که نمونه بر اساس آزمون پخت به ۹۵ درصد حداکثر پخت خود می‌رسد. این زمان برای هر نمونه عددی ثابت است) با استفاده از پرس هیدرولیک قالبگیری فشاری شده و سپس به مدت ۲۴ h در دمای ۱۷۰°C در آون پس پخت (post-cure) شده‌اند.

اندازه‌گیری خواص مکانیکی

خواص کششی آمیزه‌ها مطابق استاندارد ASTM D۴۱۲ به کمک دستگاه کشش با سرعت کشش ۵۰۰ mm/min اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری سختی (شور A)، جهندگی، افت سایش و مقاومت سایشی آمیزه‌ها به ترتیب براساس استانداردهای ASTM، D۲۲۴۰، D۱۰۵۴ و D۵۹۶۳ انجام شد.

مطالعات تورمی و مقاومت در برابر روغن

مقاومت در برابر روغن آمیزه‌ها در ۱۰۰°C به مدت ۷۰h در روغن ترمز DOT۳ ساخت شرکت Lockheed کشور انگلستان اندازه‌گیری شد. نمونه‌های EPDM به شکل قطعات مستطیلی یکسان در ابعاد ۲×۲۰×۴۰ mm تهیه شد. وزن نمونه‌های خشک قبل از غوطه‌وری در روغن ثبت شد و در فواصل زمانی معین، نمونه‌ها بیرون آورده شد. سپس، برای شستشوی روغن از سطح، نمونه‌ها به مدت ۳۰s در اتیل الکل غوطه‌ور شده و پس از خشک شدن، بین دو کاغذ صافی با استفاده از ترازوی دقیق آزمایشگاهی توزین شدند. برای جلوگیری از تغییرات دمایی، نمونه‌ها سریعاً به درون ظرف آزمون در آون برگردانده شدند. همچنین، اثر زمانمندی روی خواص مکانیکی نمونه‌ها نیز بررسی شده است. براساس مطالعات قبلی [۱۴] نمونه‌های مربوط به آزمون‌های کشش، سایش و سختی درون روغن ترمز در ۱۰۰°C به مدت ۷۰ 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 (جدول ۳).

یادآوری می‌شود که قبل از انجام آزمون‌های تورم، مکانیکی و زمانمندی، نمونه‌ها به مدت ۲۴ h پس پخت (post-cure) شدند. نتایج گزارش شده برای هر آزمون، میانگین سه اندازه‌گیری است.

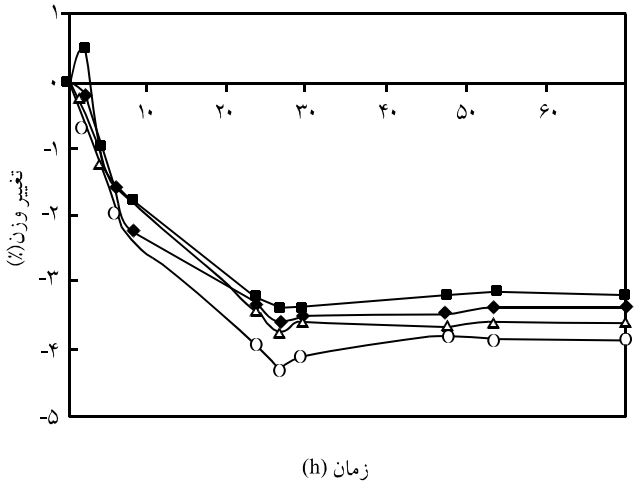
نتایج و بحث

بررسی مقدار جذب روغن

نتایج جذب روغن به شکل افزایش وزن در ۱۰۰g لاستیک EPDM بیان شده است. منحنی درصد افزایش وزن (Q_t) در برابر زمان در شکل ۱ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که آمیزه A در ۲ h اول به حداکثر مقدار جذب رسیده، سپس بطور ناگهانی مقدار جذب با زمان کاهش

جدول ۳ - خواص آمیزه‌ها و نتایج آزمون زمانمندی (U قبل از زمانمندی، A پس از زمانمندی).

آمیزه / خواص	A		B		C		D	
	U	A	U	A	U	A	U	A
استحکام کششی	۴	۵/۶	۱۵	۱۸/۴	۲۰/۳	۲۱/۶	۱۸/۲	۲۲/۶
مدول ۱۰۰ درصد (MPa)	۱/۴	۱/۷	۱/۶	۲/۳	۲/۱	۳/۳	۱/۹	۳/۸
مدول ۳۰۰ درصد (MPa)	۲/۲	۳/۷	۳/۶	۷/۶	۶	۱۳/۸	۶	۳۳/۸
ازدیاد طول تا پارگی (٪)	۸۷۰	۴۶۴	۹۵۶	۵۶۱	۶۶۰	۴۰۸	۵۸۰	۶۸/۴
سختی (شور A)	۶۰	۶۲/۸	۴۰	۶۴/۷	۶۳/۸	۶۸/۸	۶۹	۵/۴
سایش (Wt%)	۱۱/۲۷	۸/۶۳	۷/۰۳	۶/۲۳	۵/۷	۵/۳۷	۴/۹	۱۸/۳
تورم نهایی (Wt%)	ــــ	-۳/۲	ــــ	-۳/۴	ــــ	-۳/۶	ــــ	-۳/۹

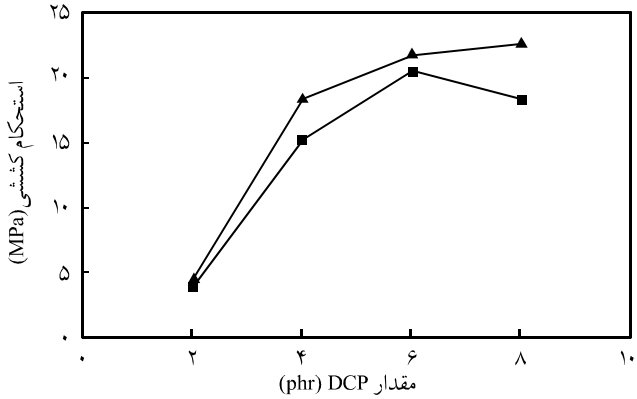


شکل ۱ - تغییرات جذب روغن با زمان در آمیزه‌های دارای مقادیر مختلف DCP: (■) ۲ phr، (◆) ۴ phr، (△) ۶ phr و (○) ۸ phr

می‌یابد. اما، در سایر نمونه‌ها از ابتدا کاهش وزن مشاهده می‌شود، ولی سرعت کاهش وزن در مرحله دوم افزایش می‌یابد. دلیل این امر، نیاز به ایجاد حجم آزاد اضافی لازم برای نفوذ مولکول‌های روغن ترمز است تا سرعت حرکت‌های (انتقالات) مرزی، بیشتر از سرعت آسودگی بخش‌های زنجیر EPDM شود. در مرحله بعد، نمودارها سیر نزولی داشته در نهایت مسطح می‌شوند تا رسیدن به حد سیر شده که در این مرحله، دیگر خروج مواد بیشتری مشاهده نمی‌شود. مشاهده مقادیر منفی Q_t پس از رسیدن به حداکثر مقدار جذب در مطالعات قبلی نیز مشاهده شده [۷] و علت این موضوع به خروج مواد افزودنی در مجاورت حلال‌های خورنده نسبت داده شده است. افزون بر این، مطالعات نشان می‌دهد که خروج افزودنی‌ها در آمیزه دارای روغن رخ می‌دهد و آمیزه‌های بدون روغن افزایش وزن نشان می‌دهند.

اگرچه مطالعه سینتیکی دقیقی برای بررسی امتزاج‌پذیری روغن پارافین و روغن ترمز انجام نشده است. اما، امکان دارد که وقتی روغن ترمز درون شبکه الاستومر EPDM نفوذ می‌کند، جایگزین روغن پارافین شده و به عنوان نرم‌کننده عمل کند، بدون اینکه هیچ تغییری در سختی [۸] مشاهده شود، نتایج بدست آمده این نظریه را تأیید می‌کند.

با افزایش مقدار DCP تغییرات قابل ملاحظه‌ای در خروج مواد مشاهده نشده است، اولین حداکثر تورم افزایش یافته و خروج مواد نیز افزایش می‌یابد. یادآوری می‌شود که اختلاف بین نمونه‌ها کمتر از ۱ درصد است. نتایج قبلی نشان می‌دهد که درجه تورم لاستیک پخت شده با افزایش تعداد پیوندهای عرضی (چگالی اتصالات عرضی) کاهش می‌یابد [۱۵]. پیش‌بینی می‌شد که افزایش مقدار DCP باعث افزایش تعداد اتصالات عرضی شود و تغییرات خواص مکانیکی این ایده را تأیید



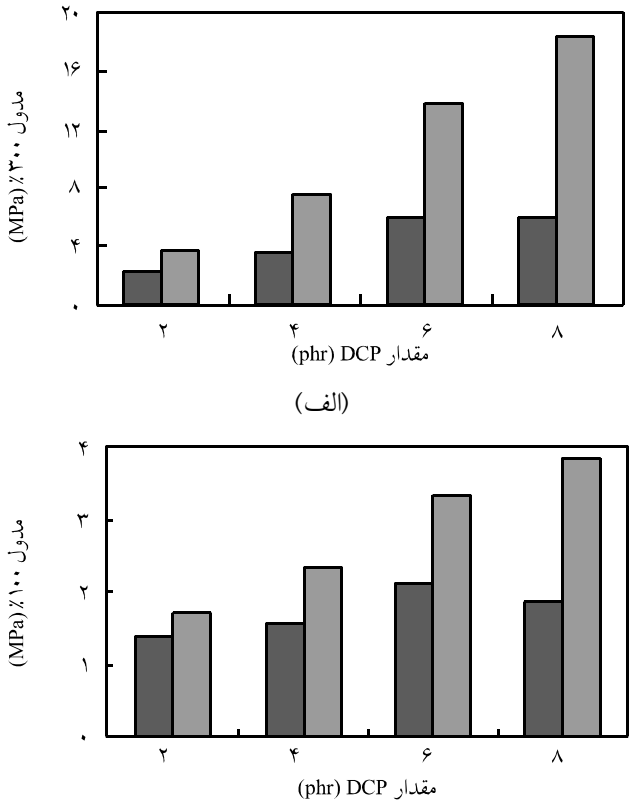
شکل ۲ - اثر مقدار DCP و زمانمندی بر استحکام کششی آمیزه‌های EPDM: (■) قبل از زمانمندی و (▲) پس از زمانمندی.

می‌کند. در این حالت باید نفوذ روغن ترمز در آمیزه EPDM و در نتیجه، مقدار خروج نهایی مواد با افزایش مقدار DCP کاهش یابد، اما نتایج حاصل اندکی افزایش در مقدار خروج مواد در اثر افزایش DCP را نشان می‌دهد. جدول ۴ تورم نهایی و مقدار روغن خارج شده محاسباتی را نشان می‌دهد. در این محاسبات فرض شده است که تمام کاهش وزن به دلیل خروج روغن پارافین است. مشاهده می‌شود که درصد خروج روغن با افزایش مقدار DCP افزایش می‌یابد، در حالی که روغن درون آمیزه کاهش می‌یابد. بنظر می‌رسد افزایش مقدار DCP و تخریب (شکست پیوندهای پروکسید)، قطبیت آمیزه EPDM را افزایش داده ونفوذ مایع قطبی نظیر روغن ترمز درآمیزه و همچنین خروج مواد افزایش می‌یابد. این نظریه با نتایج مطالعات پژوهشگران دیگر [۸] که وجود پیوند دوگانه در لاستیک، مانند افزایش مقدار ENB در لاستیک EPDM، قابلیت نفوذ اکتا دکان را در لاستیک های سیرنشده و هیدروژن دار شده افزایش می دهد، مطابقت دارد.

نتایج ارائه شده در شکل‌های ۲و۳ افزایش تدریجی در مقادیر استحکام کششی و مدول آمیزه‌ها را در اثر افزایش DCP نشان می‌دهد. اما، در مقادیر DCP بیشتر از phr ۴ استحکام کششی و مدول شروع به

جدول ۴ - مقدار روغن در آمیزه‌ها و داده‌های خروج مواد.

آمیزه / مقدار	A	B	C	D
روغن در آمیزه (phr)	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
درصد وزنی روغن در آمیزه	۵/۳۲	۵/۲۰	۵/۱۴	۵/۱۰
تورم نهایی (Wt%)	-۳/۲	-۳/۴	-۳/۶	-۳/۸
درصد وزنی روغن خارج شده	۶۷/۲	۶۵/۲	۶۶/۲	۷۶/۵

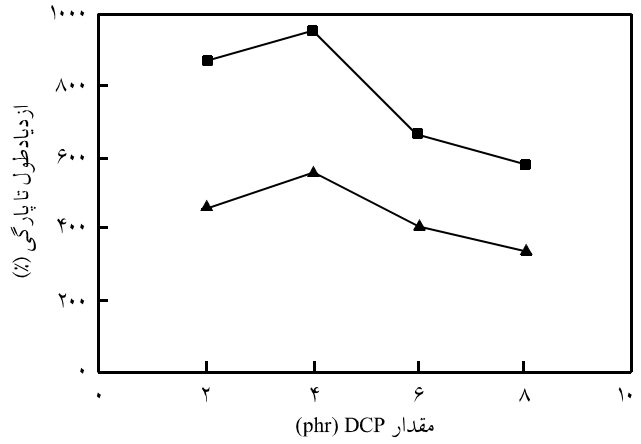


شکل ۳ - اثر مقدار DCP و زمانمندی بر مدول آمیزه‌های EPDM: (■) قبل از زمانمندی و (▫) پس از زمانمندی.

کاهش می‌کند. افزایش در استحکام کششی و مدول آمیزه‌ها را می‌توان به افزایش در تعداد اتصالات عرضی به دلیل افزایش مقدار عامل پخت DCP در آمیزه لاستیک EPDM نسبت داد. از طرف دیگر، کاهش استحکام شبکه در مقادیر بیشتر می‌تواند به دلیل شبکه‌ای شدن بیش از حد (over-crosslinking) باشد.

افزایش نسبی در استحکام کششی و مدول آمیزه ها (شکل های ۲و۳) ناشی از تخریب اکسایشی و افزایش سفتی است. هرچند برخی مطالعات نشان می‌دهد که واکنش شبکه‌ای شدن در آمیزه‌های EPDM در مقیاس زمانی یکسان به همان اندازه تخریب اکسایشی رخ می‌دهد، زیرا هر دو واکنش، فرایندهایی رادیکالی‌اند [۱۳،۱۶].

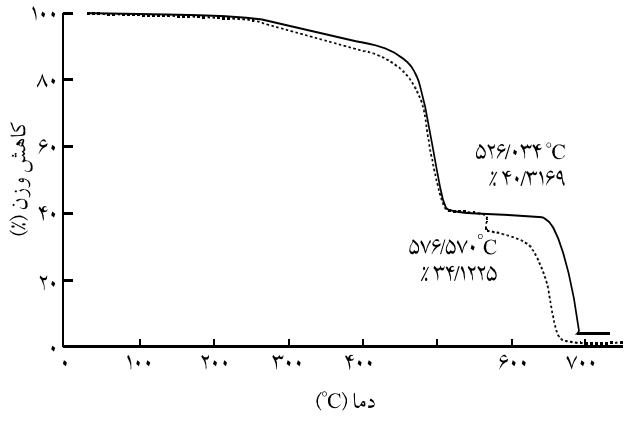
همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، زمانمندی باعث کاهش ازدیاد طول آمیزه‌های EPDM می‌شود. این مسأله نیز مانند تغییرات مدول و استحکام کششی وجود پدیده تخریب را تأیید می‌کند. نتایج مشابهی نیز در مقالات گزارش شده است [۱۷]. Dunn [۱۸] نیز پدیده مشابهی را در تخریب اکسایشی الاستومر NBR در اثر حمله رادیکالی به هیدروژن آلیلی گزارش کرده است [۱۸].



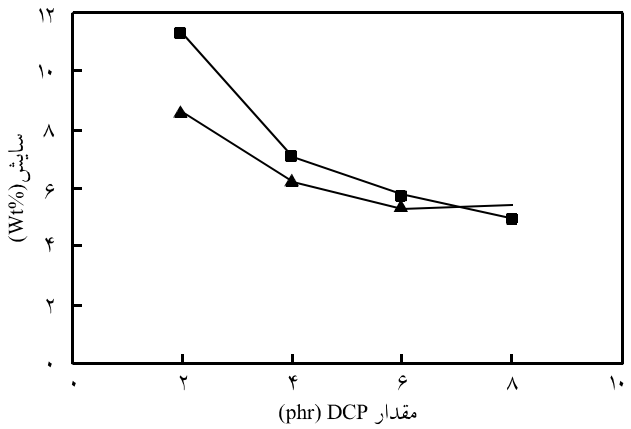
شکل ۴ - اثر مقدار DCP و زمانمندی بر ازدیاد طول آمیزه‌های EPDM: (■) قبل از زمانمندی و (▲) پس از زمانمندی.

در این شکل همچنین کاهش تدریجی در مقادیر ازدیاد طول تا پارگی در هر دو نمونه زمانمندی نشده و شده در اثر افزایش DCP مشاهده می‌شود. اما، مقدار ازدیاد طول تا پارگی در آمیزه دارای ۲ phr از DCP کمتر از آمیزه دارای ۴ phr از DCP است. دلیل این کاهش، افزایش تعداد اتصالات عرضی به دلیل افزایش بیشتر مقدار DCP در آمیزه EPDM است وکاهش اولیه مشاهده شده در مقادیر کم DCP را می‌توان به شبکه‌ای شدن کم (under-crosslinking) نسبت داد.

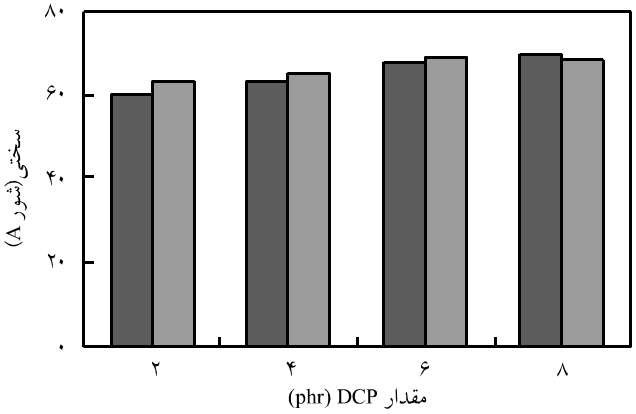
در شکل ۵ مقاومت گرمایی و تخریب نمونه‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌اند. دمانگاشت TGA نمونه‌ها نشان می‌دهد که با افزایش DCP سرعت تخریب نمونه‌ها افزایش می‌یابد. همانطور که قبلاً اشاره شد افزایش سرعت تخریب در نمونه‌ها با افزایش مقدار DCP به دلیل افزایش قطبیت و تعداد رادیکال‌های آزاد است که منجر به افزایش



شکل ۵ - دمانگاشت TGA نمونه‌های با مقادیر مختلف DCP.



شکل ۶ - اثر مقدار DCP و زمانمندی بر سایش آمیزه‌های EPDM: (■) قبل از زمانمندی و (▲) پس از زمانمندی.



شکل ۷ - اثر مقدار DCP و زمانمندی برسختی آمیزه های EPDM: (■) قبل از زمانمندی و (□) پس از زمانمندی.

سرعت تخریب گرمایی - اکسایشی نمونه‌ها می‌شود.

شکل‌های ۶ و۷ به ترتیب اثر مقدار DCP و زمانمندی EPDM را روی مقدار سایش و سختی آمیزه‌ها نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود که مقاومت سایش و سختی با افزایش مقدار DCP و افزایش چگالی اتصالات عرضی، افزایش می‌یابد. مقاومت سایشی کم (افت سایش زیاد) و سختی کم در آمیزه A (۲ phr DCP) ممکن است به شبکه‌ای شدن کم نمونه‌ها نسبت داده شود. زمانمندی سبب افزایش در مقاومت سایشی می‌شود و وزن ساییده شده نمونه‌های زمانمندی شده کمتر از نمونه‌های اولیه است. این مسأله نیز به دلیل تخریب اکسایشی و افزایش سفتی نمونه‌های زمانمندی شده یا واکنش شبکه‌ای شدن حین زمانمندی است. بعد از زمانمندی در روغن ترمز، هیچ تغییر قابل ملاحظه‌ای در سختی نمونه‌ها مشاهده نمی‌شود. احتمالاً وقتی روغن ترمز درون شبکه الاستومر EPDM نفوذ می‌کند، با روغن پارافین جابه‌جا شده و بدون هیچ تغییری در سختی، مانند نرم‌کننده عمل می‌کند. پدیده مشابهی نیز در مقالات گزارش شده است [۷].

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که خروج افزودنی‌ها در آمیزه دارای روغن پارافین رخ داده و با افزایش مقدار DCP تغییر قابل ملاحظه‌ای در حداکثر تورم که در ۲ h اول اتفاق می‌افتد و خروج مواد نهایی مشاهده نمی‌شود. بعد از زمانمندی خواص مکانیکی مانند استحکام کششی، مدول و مقاومت سایشی آمیزه‌ها به دلیل تخریب اکسایشی افزایش یافته و سفتی کاهش می‌یابد واحتمال شبکه‌ای شدن به همان اندازه اکسایش در طول زمانمندی اتفاق می‌افتد. زمانمندی باعث کاهش ازدیاد طول تا پارگی می‌شود، همچنین هیچ تغییر قابل ملاحظه‌ای در سختی بعد از زمانمندی در روغن ترمز به دلیل جانشینی روغن پارافین با روغن ترمز مشاهده نمی‌شود.

مراجع

1. Tillier D.L., Meuldijk J. and Koning C.E., Production of Colloidally Stable Latices from Low Molecular Weight Ethylene-Propylene-Diene Copolymers, *Polymer*, **44**, 7883-7890, 2003.
2. Delor-Jestin F., Lacoste J., Barrois-oudin N., Cardinet C. and Lemaire J., Photo-thermal and Natural Aging of Ethylene-Propylene-Diene Monomer (EPDM) Rubber Used in Automotive Applications, Influence of Carbon Black, Crosslinking and Stabilizing Agents, *Polym. Degrad. Stab.*, **67**, 469-477, 2000.
3. Ghosh P. and Chakrabrti A., Conducting Carbon Black Filled EPDM Vulcanizates: Assessment of Dependence of Physical and Mechanical Properties and Conducting Character on Variation of Fillers Loading, *Eur. Polym. J.*, **36**, 1043-1054, 2000.
4. Gamlin C.D., Dutta N.K. and Choudhury N.R., Mechanism and Kinetics of Isothermal Thermodegradation of Ethylene-Propylene-Diene (EPDM) Elastomers, *Polym. Degrad. Stab.*, **80**, 525-531, 2003.

5. Ginic-Markovic M., Choudhury N.R., Dimopoulos M. and Matisons J.G., Weatherability of Coated EPDM Rubber Compound by Controlled UV Irradiation, *Polym. Degrad. Stab.*, **69**, 157-168, 2000.
6. *Rubber Technologist's Handbook*, White-Shropshire J.R. and De S.K. (Eds.), Rapra Technology, UK, 61-65, 2001.
7. Ohm B., Annicell R., Jablonowski T. and Mazzeo R., Compounding EPDM for Heat Resistance, *Rubber World*, August, 33-37, 2002.
8. Ouddane M. and Rancourt Y., Sorption and Diffusion of a Brake Fluid in EPDM Elastomers, *J. Appl. Polym. Sci.*, **79**, 1178-1187, 2001.
9. *The Condensed Chemical Dictionary*, 10th ed., Hawley G.G. (Rev.), Van Nostrand Reinhold, New York, 539, 1981.
10. Hamza S.S., Effect of Aging and Carbon Black on the Mechanical Properties of EPDM Rubber, *Polym. Test.*, **17**, 131-137, 1998.
11. Zaharescu T., Meltzer V. and Vilcu R., Thermal Properties of EPDM/NR Blends, *Polym. Degrad. Stab.*, **70**, 341-345,2000.
12. Zaharescu T., Meltzer V. and Vilcu R., DSC Studies on Specific Heat Capacity of Irradiated Ethylene-Propylene Elastomers, II. EPDM, *Polym. Degrad. Stab.*, **61**, 383-387, 1998.
13. Baba M., Gardette J.L. and Lacoste J., Crosslinking on Aging of Elastomers, I. Photoaging of EPDM Monitored by Gel, Swelling and DSC Measurements, *Polym. Degrad. Stab.*, **63**, 121-126, 1999.
14. Sirisinha C., Effects of Fillers, Maleated Ethylene-Propylene-Diene Rubber and Maleated Ethylene Octene Copolymer on Phase Morphology and Oil Resistance in Natural Rubber/Nitril Rubbers Blends, *J. Appl. Polym. Sci.*, **89**, 1156-1162, 2003.
15. Barakat A.M., Vulcanization of Nitril Rubber, Part I. Effect of some Accelerators on the Physico-Mechanical Properties of Vulcanized Nitril Rubber for Resistance to Fuel and General Use, *Polym. Plast. Eng. Technol.*, **31**, 485-503, 1992.
16. Zaharescu T., Irradiation Effects of Ethylene-Propylene Elastomers in an Aqueous Environment, *Polym. Test.*, **15**, 69-73, 1996.
17. Subramanian V. and Ganpathy S., Aging of Vulcanizates of Formulations for Rubber Seals, *J. Appl. Polym. Sci.*, **70**, 985-994, 1998.
18. Dunn D.R., Heat and Fuel Resistance of NBR and NBR-PVC Blends, *Plastic and Rubber Proc. Appl.*, **2**, 161-168, 1982.