

مطالعه اثر زمانندی 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 زمانندی الاستومر EPDM با مونومر سیرنشده اتیلیدین نور بورن 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 زمانندی 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 روغن‌های غیر قطبی بر پایه لاستیک EPDM است.

واژه‌های کلیدی

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

مقدمه

۲ - نوربورن) است، نسبت به EPM مقاومت کمتری در برابر تخریب و زمانندی دارد [۱، ۲]. EPDM کاربردهای بسیار وسیعی بویژه در عایق‌های الکتریکی [۳] و قطعات خودرو (۴۱ درصد کاربردهای متداول) دارد [۴-۶]. یکی از این کاربردها در سیستم ترمز، واشرهای

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

Key Words

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

حلقه ای (o-ring) است [۷،۸].

روغن (مایع) ترمز از روان کننده ای نظیر پروپیلن گلیکول، حلال (ترکیبی از اتر گلیکول ها) و افزودنی ها برای مقاومت در برابر خوردگی تشکیل شده است [۹].

مطالعات سایر پژوهشگران نشان می دهد که نفوذ مولکولی مایعات آلی در شبکه های پلیمری به چگالی گره خوردگی ها و انتهای آزاد زنجیرها، چگالی اتصالات عرضی، سازگاری پلیمر و مایع، نوع و مقدار پرکننده و همچنین گرانیوی 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 آمیزه کاری که تولید کنندگان قطعات EPDM در ساخت اجزای سیستم ترمز از آن استفاده کرده اند، در تهیه آمیزه ها استفاده شده است.

زمانمندی (aging) قطعات لاستیکی پخت شده بطور قابل ملاحظه ای ساختار شبکه را تغییر داده، بر خواص مهندسی آن اثر می گذارد، این تغییرات هم به دما و هم به مدت زمانمندی بستگی دارد [۱۰]. همچنین، مطالعات نشان می دهد 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 روش های تجزیه گرمایی مانند DSC و TGA برای بررسی تخریب آمیزه های الاستومری EPDM استفاده کرده اند [۱۱-۱۳]. 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.

جدول ۱ - مشخصات مواد استفاده شده.

ماده	مشخصات	نام تجاری	شرکت تولیدکننده
EPDM	درصد اتیلن: ۵۵/۵ و گرانیوی مونی در ۱۲۵°C: ۹۱ ML(۱+۴)	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
استتاریک اسید	—	—	مالزی

تجربی

مواد

مشخصات مواد استفاده شده در آمیزه کاری و فرمولبندی بکار رفته در این پژوهش به ترتیب در جدول های ۱ و ۲ آمده است.

دستگاه ها

در این پژوهش، مخلوط کردن اجزای آمیزه ها 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 مشخصه های پخت، سختی سنج ساخت شرکت Frank آلمان برای اندازه گیری سختی، دستگاه کشش MTS مدل ۱۰/M برای بررسی خواص کششی و برای اندازه گیری میزان جهندگی و مقاومت سایش از دستگاهی ساخت شرکت Frank آلمان استفاده شد.

روش ها

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

مشخصه های پخت آمیزه ها (t_۵، زمان برشتگی، t_{۹۵} و زمان پخت) با استفاده از رئومتر معین شد، سپس آمیزه ها در ۱۷۰°C براساس مقدار t_{۹۵}

جدول ۲ - فرمولبندی های بکار رفته برای تهیه آمیزه‌ها (مقدار بر حسب phr بیان شده است).

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

یادآوری می شود که قبل از انجام آزمون های تورم، مکانیکی و زمانمندی، نمونه ها به مدت ۲۴ h پس پخت (post-cure) شدند. نتایج گزارش شده برای هر آزمون، میانگین سه اندازه گیری است.

مربوط (مدت زمانی که نمونه بر اساس آزمون پخت به ۹۵ درصد حداکثر پخت خود می رسد. 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 آن پس پخت (post-cure) شده اند.

مواد	آمیزه	A	B	C	D
EPDM	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
N-۳۳۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰
روغن	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
IPPD	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵	۷۵
ZnO	۵	۵	۵	۵	۵
استتاریک اسید	۲	۲	۲	۲	۲
DCP	۲	۴	۶	۸	۸

اندازه گیری خواص مکانیکی

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

نتایج و بحث

بررسی مقدار جذب روغن

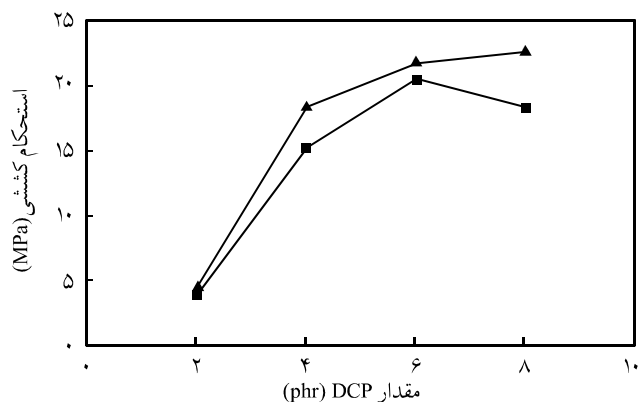
نتایج جذب روغن به شکل افزایش وزن در ۱۰۰g لاستیک EPDM بیان شده است. منحنی درصد افزایش وزن (Q_t) در برابر زمان در شکل ۱ نشان داده شده است. مشاهده می شود که آمیزه A در ۲ h اول به حداکثر مقدار جذب رسیده، سپس بطور ناگهانی مقدار جذب با زمان کاهش

مطالعات تورمی و مقاومت در برابر روغن

مقاومت در برابر روغن آمیزه ها در ۱۰۰°C به مدت ۷۰h در روغن ترمز

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

D		C		B		A		آمیزه خواص
A	U	A	U	A	U	A	U	
۲۲/۶	۱۸/۲	۲۷/۶	۲۰/۳	۱۸/۴	۱۵	۵/۶	۴	استحکام کششی
۳/۸	۷/۹	۳/۳	۲/۱	۲/۳	۷/۶	۷/۷	۷/۴	مدول ۱۰۰ درصد (MPa)
۳۳/۸	۶	۱۳/۸	۶	۷/۶	۳/۶	۳/۷	۲/۲	مدول ۳۰۰ درصد (MPa)
۶۸/۴	۵۸۰	۴۰/۸	۶۶۰	۵۶/۱	۹۵/۶	۴۶/۴	۸۷/۰	ازدیاد طول تا پارگی (%)
۵/۴	۶۹	۶۸/۸	۶۳/۸	۶۴/۷	۴۰	۶۲/۸	۶۰	سختی (شور A)
۱۸/۳	۴/۹	۵/۳۷	۵/۷	۶/۲۳	۷/۰۳	۸/۶۳	۱۱/۲۷	سایش (Wt%)
-۳/۹	—	-۳/۶	—	-۳/۴	—	-۳/۲	—	تورم نهایی (Wt%)



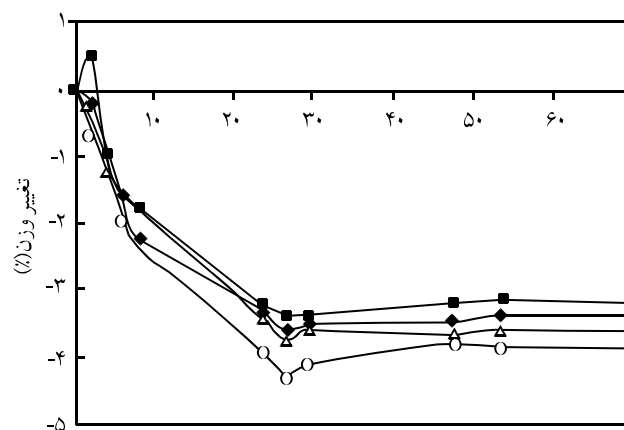
شکل ۲ - اثر مقدار DCP و زمانندی بر استحکام کششی آمیزه‌های EPDM: (■) قبل از زمانندی و (▲) پس از زمانندی.

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 و نفوذ مایع قطبی نظیر روغن ترمز در آمیزه 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 لاستیک‌های سیر نشده و هیدروژن دار شده افزایش می‌دهد، مطابقت دارد.

نتایج ارائه شده در شکل‌های ۲ و ۳ افزایش تدریجی در مقادیر استحکام کششی و مدول آمیزه‌ها را در اثر افزایش DCP نشان می‌دهد. اما، در مقادیر DCP بیشتر از ۴ phr استحکام کششی و مدول شروع به

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

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



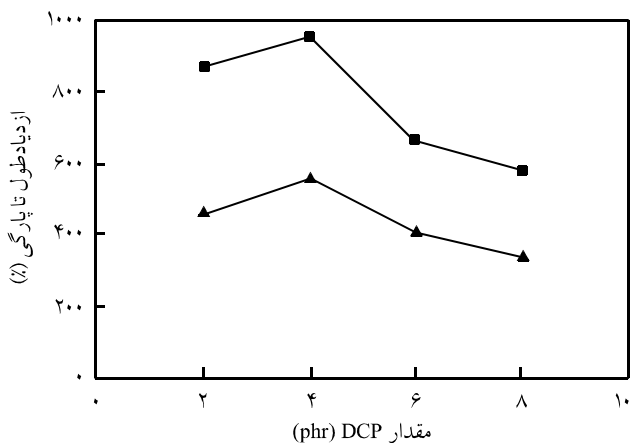
زمان (h)

شکل ۳ - 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.

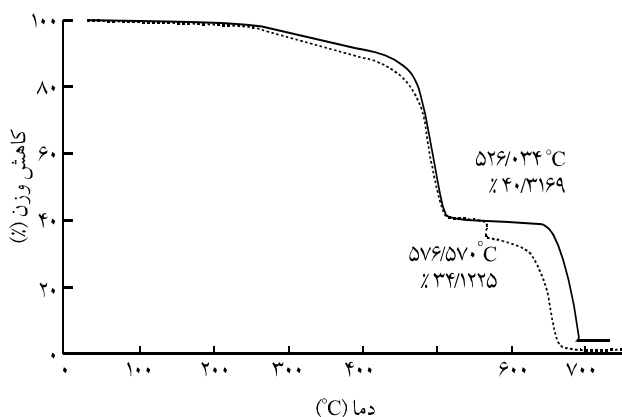
با افزایش مقدار DCP تغییرات قابل ملاحظه‌ای در خروج مواد مشاهده نشده است، اولین حداکثر تورم افزایش یافته و خروج مواد نیز افزایش می‌یابد. یادآوری می‌شود که اختلاف بین نمونه‌ها کمتر از ۱ درصد است. نتایج قبلی نشان می‌دهد که درجه تورم لاستیک پخت شده با افزایش تعداد پیوندهای عرضی (چگالی اتصالات عرضی) کاهش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



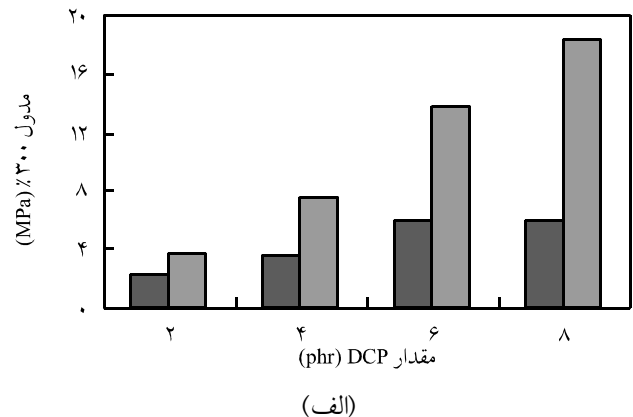
شکل ۴- اثر مقدار DCP و زمانمندی بر ازدیاد طول آمیزه‌های EPDM: (■) قبل از زمانمندی و (▲) پس از زمانمندی.

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 است. دلیل این کاهش، افزایش تعداد اتصالات عرضی به دلیل افزایش بیشتر مقدار DCP در آمیزه EPDM است و کاهش اولیه مشاهده شده در مقادیر کم DCP را می‌توان به شبکه‌ای شدن کم (under-crosslinking) نسبت داد.

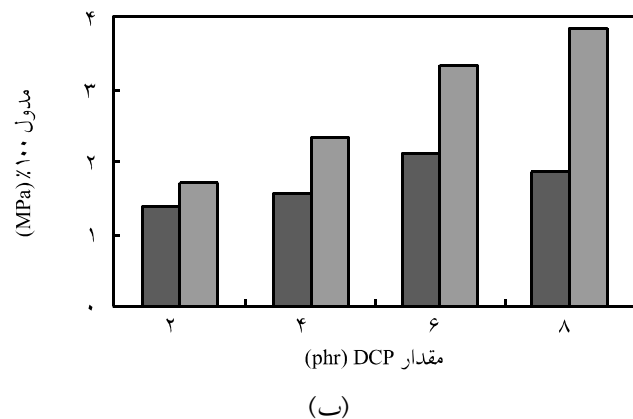
در شکل ۵ مقاومت گرمایی و تخریب نمونه‌ها با یکدیگر مقایسه شده‌اند. دمانگاشت TGA نمونه‌ها نشان می‌دهد که با افزایش DCP سرعت تخریب نمونه‌ها افزایش می‌یابد. همانطور که قبلاً اشاره شد افزایش سرعت تخریب در نمونه‌ها با افزایش مقدار DCP به دلیل افزایش قطبیت و تعداد رادیکال‌های آزاد است که منجر به افزایش



شکل ۵- دمانگاشت TGA نمونه‌های با مقادیر مختلف DCP.



(الف)



(ب)

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 آمیزه‌ها (شکل‌های ۲ و ۳) 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 [۱۶، ۱۳].

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].

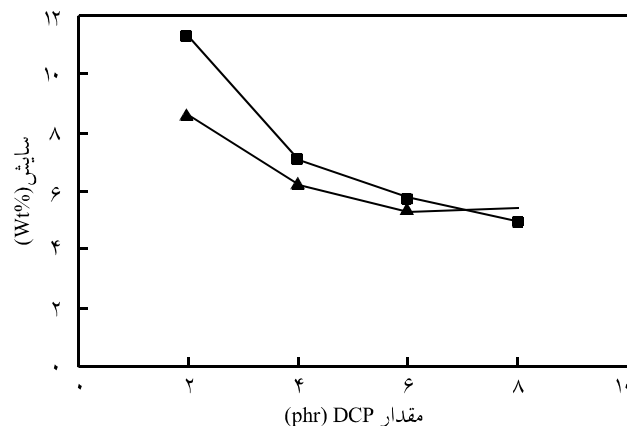
روی مقدار سایش و سختی آمیزه‌ها نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود که مقاومت سایش و سختی با افزایش مقدار DCP و افزایش چگالی اتصالات عرضی، افزایش می‌یابد. مقاومت سایشی کم (افت سایش زیاد) و سختی کم در آمیزه A (۲ phr DCP) ممکن است به شبکه‌ای شدن کم نمونه‌ها نسبت داده شود. زمانمندی سبب افزایش در مقاومت سایشی می‌شود 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].

نتیجه‌گیری

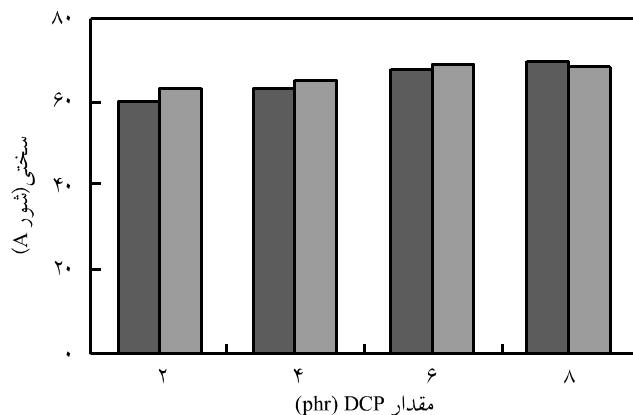
نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که خروج افزودنی‌ها در آمیزه دارای روغن پارافین رخ داده و با افزایش مقدار DCP تغییر قابل ملاحظه‌ای در حداکثر تورم که در ۲ h اول اتفاق می‌افتد و خروج مواد نهایی مشاهده نمی‌شود. بعد از زمانمندی خواص مکانیکی مانند استحکام کششی، مدول و مقاومت سایشی آمیزه‌ها به دلیل تخریب اکسایشی افزایش یافته و سفتی کاهش می‌یابد و احتمال 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 Chakrabarti 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.



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 بر سختی آمیزه‌های EPDM: (■) قبل از زمانمندی و (□) پس از زمانمندی.

سرعت تخریب گرمایی - اکسایشی نمونه‌ها می‌شود.

شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب اثر مقدار DCP و زمانمندی را

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.