

آمیخته PVC/NBR-SBR و استحکام پارگی مطلوب آن

PVC/NBR-SBR Blend and Its Desirable Tear Strength

محمد میرعلی بیداخویدی^۱، مهرداد کوکبی^{۱*}، علی احمدی^۲، محمود همته^۲

۱- تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی پلیمر، صندوق پستی ۱۴۱۱۵/۱۴۳

۲- تهران، پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده علوم و تکنولوژی پلیمر، صندوق پستی ۱۸۷۴۵/۴۱۶۳

دریافت: ۸۰/۸/۸۶، پذیرش: ۸۲/۱۱/۱۸

چکیده

پلی وینیل کلرید از پلاستیکهای مهم و پرمصرف در صنایع پلیمری است و آمیخته‌سازی از روشهای مؤثر برای بهبود بعضی خواص نامطلوب آن نظیر سختی و شکنندگی است. از مهمترین آمیخته‌سازیهایی PVC اختلاط مکانیکی آن با لاستیک نیتریل است، ولی آمیخته حاصل علاوه بر گرانی قیمت دارای استحکام پارگی مناسبی نیست. در این پژوهش، ضمن تهیه و بررسی آمیخته PVC/NBR، برای بهبود استحکام پارگی این آمیخته از لاستیک SBR استفاده شده است و اثر افزایش SBR و همچنین پارامترهای اختلاط روی خواص مکانیکی آمیخته سه جزئی مطابق طراحی آزمایش روش تاگوشی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که با استفاده از ۷ درصد وزنی SBR به جای NBR استحکام پارگی آمیخته PVC/NBR-SBR تا حدود دو برابر افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی

PVC، لاستیک نیتریل،
لاستیک استیرن - بوتادی ان،
استحکام پارگی، آمیخته PVC/NBR-SBR

مقدمه

قطعه در استفاده‌های طولانی مدت و همچنین در کاربردهای پزشکی به علت مشکلات زیست محیطی دارای محدودیتهایی است [۲]. برای رفع این مشکل از آمیخته‌سازی PVC با اصلاح‌کننده‌های پلیمری استفاده می‌شود که ساده‌ترین روش برای بهبود خواص و مقرون به

PVC از گرمانرمهای مهم عمومی پرمصرف است، ولی به دلیل سختی و شکنندگی، استفاده از نرم‌کننده‌ها در بسیاری از کاربردها ضرورت پیدا کرده است [۱]. استفاده از نرم‌کننده‌های با وزن مولکولی کم نظیر دی‌اکتیل‌فتالات (DOP) به علت مهاجرت به سطح و خروج از

Key Words

PVC, nitrile rubber,
styrene-butadiene rubber,
tear strength, PVC/NBR-SBR blend

مقاومت شیمیایی برخوردار است [۱۱]. NBR نرم کننده مقاوم و ثابتی برای PVC است. با وجود سازگاری و امتزاج پذیری بسیار زیاد PVC و NBR، در بسیاری از موارد آمیخته های آنها خواص همکرداری نشان نمی دهند [۱۲، ۱۳].

در این پژوهش، با بررسی آمیخته PVC/NBR در نسبت های مختلف و مقایسه با PVC دارای نرم کننده با وزن مولکولی کم، استحکام پارگی آن با استفاده از جزء سوم بررسی شده است. انتظار می رود استفاده از لاستیک استیرن - بوتادی ان (SBR) به جای بخشی از فاز الاستومری NBR، استحکام پارگی آمیخته سه جزئی را افزایش دهد و موجبات مقرون به صرفه شدن هر چه بیشتر آمیخته را فراهم کند. اثر استفاده از SBR روی سایر خواص کششی، مقاومت در برابر فرسودگی و خواص گرمایی آمیخته نیز بررسی شده است.

تجربی

مواد

مشخصات مواد مختلف مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ خلاصه شده است.

دستگاهها

از مخلوط کن داخلی برابندر - پلاستوگراف (Brabender-Plastograph) ساخت کشور آلمان برای تهیه آمیخته ها استفاده شد. برای تهیه آمیخته PVC و مواد افزودنی از محفظه اختلاط نوع سیگما و برای تهیه آمیخته ها از محفظه اختلاط نوع کم (cam) استفاده گردید. برای اندازه گیری خواص مکانیکی آمیخته های تهیه شده، به وسیله پرس هیدرولیک گرم در فشاری معادل ۲۰۰ kPa و دمای ۱۸۰°C به روش قالبگیری فشاری صفحاتی با ابعاد ۲۵×۲۵×۲ mm تهیه شد. خواص کششی نمونه ها مطابق استاندارد ASTM D ۶۳۸ و استحکام

صرفه کردن آن است. اصلاح کننده پلیمری باید از سازگاری خوبی با PVC برخوردار باشد تا آمیخته حاصل خواص بهتری نسبت به PVC داشته باشد [۳]. زیمنس در آخرین پژوهش خود برای کم کردن سمیت آمیزه های PVC از نرم کننده های پلیمری فتالات مانند پلی استرهای سیر شده حاصل از واکنش دی ال و کربوکسیل اسید استفاده کرد [۴]. عموماً آمیخته های پلیمری در سطح مولکولی ناسازگارند. هر پلیمر ناحیه ای گسیخته به شکل فاز متفرق یا پیوسته در دیگری ایجاد می کند. پژوهش های مارگاریز و کالفاگو نشان داده است که آمیخته های PVC و ENR (epoxy natural rubber) دمای انتقال شیشه ای واحدی دارند و از سازگاری خوبی برخوردارند [۵]. جرج در کارهای پژوهشی خود لاستیک طبیعی NR را در مقادیر مختلف به جای NBR در آمیخته آن با PVC بکار برد و مشاهده کرد که خواص کششی آمیخته در سطح ۱۵ درصد NR بهبود می یابد، ولی بعد از آن دچار زوال می شود [۶]. پلی استیرن و پلی بوتادی ان دارای پارامتر انحلال پذیری نزدیک به PVC هستند. با وجود این به علت غیرقطبی بودن، سازگاری خوبی با PVC ندارند [۷، ۸]. وجود آکریلونیتریل به عنوان مونومر در کنار استیرن و بوتادی ان در کوپلیمر ABS، آن را قطبی کرده و سازگاری خوبی را با PVC بوجود می آورد [۹]. زو پژوهش های خود را روی آمیخته های PVC و SBR انجام داده است. PVC با یکدیگر ناسازگارند و بدون جفت کردن فازهای SBR و PVC، آمیخته های آنها قابل استفاده عملی نیست. برای کاهش تنش سطحی بین فازهای SBR و PVC سازگار کننده مورد نیاز است [۱۰]. سازگار کننده ایده آل دارای دو جزء است که یک جزء با فاز اول و دیگری با فاز دوم سازگار است. از مناسبترین الاستومرهای تعدیل کننده خواص PVC، لاستیک آکریلونیتریل - بوتادی ان (NBR) است. آمیخته آنها امتزاج پذیر (سازگار) است و از سال ۱۹۴۰ در کاربردهایی نظیر واشرها، پوشش های سیم و کابل، شیلنگهای سوختی و زیره کفش از آن استفاده می شود. این آمیخته از خواص مطلوبی نظیر مقاومت در برابر پرتوهای فرابنفش (UV) و اوزون و مقاومت گرمایی خوب، مقاومت در برابر فرسودگی گرمایی و

جدول ۱ - مشخصات مواد مورد استفاده.

ماده	نقش	سازنده	مشخصات
PVC	جزء اصلی	پتروشیمی آبادان	مقدار K: ۶۵
NBR	جزء دوم و نرم کننده پلیمری PVC	شرکت Enichem ایتالیا	درصد ACN: ۳۴ و گرانیوی مونی: (۱+۴) ۸۵ ML
SBR	جزء سوم	پتروشیمی بندر امام	درصد استیرن پیوندی: ۲۴ و گرانیوی مونی: (۱+۴) ۵۸ ML
Ba/Zn	پایدار کننده گرمایی	شرکت هوخست آلمان	-----
DOP	نرم کننده PVC با وزن مولکولی کم	پتروشیمی فارابی	-----

SBR و تهیه آمیخته های سه جزئی و با استفاده از روش طراحی آزمایش تاگوچی، نمونه ها تهیه و اثر پارامترهای اختلاط روی خواص آنها بررسی شد.

نتایج و بحث

خواص فرمولبندی صنعتی PVC به عنوان مرجع و آمیخته های مختلف PVC/NBR، پس از حذف DOP در جدول ۲ درج شده است.

با توجه به نتایج جدول ۲، می توان گفت با افزودن ۳۵ درصد وزنی NBR در ۶۵ درصد وزنی ماتریس PVC فاقد DOP، می توان خواص انعطاف پذیری و مکانیکی در حد آمیخته صنعتی PVC بدست آورد، با این تفاوت که به جای استفاده از نرم کننده با وزن مولکولی کم از نرم کننده پلیمری بکار رفته و معایب و مخاطرات ناشی از وجود DOP برطرف گردیده است. در ضمن، این نتایج مؤید کارهای قبلی انجام شده مبنی بر امتزاج پذیری PVC و NBR و پیش بینی خواص متوسط آمیخته های آنهاست. از این رو، خاصیت همکرداری در آنها دیده نمی شود. افزون بر این، به علت گران بودن لاستیک NBR، قیمت آمیخته تهیه شده بیشتر از PVC صنعتی است. بنابراین، با انتخاب آمیخته با نسبت PVC/NBR برابر ۶۵/۳۵ که از نظر خواص مکانیکی مشابه با ترکیب PVC دارای نرم کننده است، آثار جایگزینی تدریجی NBR با SBR مورد بررسی قرار گرفت. ناسازگاری SBR با PVC موجب دوفازی شدن آمیخته های تهیه شده می گردد [۱۴].

با توجه به اهمیت شرایط اختلاط و اثر بسزای آنها بر خواص آمیخته

جدول ۲ - خواص مکانیکی فرمولبندی صنعتی PVC و آمیخته های مختلف آن با NBR (با حذف DOP).

نمونه	استحکام کششی (kg/cm ²)	ازدیاد طول تا پارگی (%)	استحکام پارگی (kg/cm)	سختی (شور D)
PVC + DOP :PVC/NBR	۲۶۰	۲۱۵	۹	۳۷
۹۰/۱۰	۳۹۵	۵	۲۸	۷۴
۸۰/۲۰	۳۱۰	۵۵	۱۷	۶۶
۷۰/۳۰	۲۹۰	۱۹۰	۱۲/۵	۴۸
۶۵/۳۵	۲۸۰	۲۲۰	۹/۷	۳۶
۶۰/۴۰	۱۹۰	۲۳۵	۶/۸	۲۶

پارگی آنها مطابق استاندارد ASTM D ۱۰۰۴ با سرعت کشش ۵۰ mm/min با استفاده از دستگاه کشش اینسترون مدل ۱۱۲۲ اندازه گیری شد.

آزمایش سختی مطابق استاندارد ASTM D ۲۲۴۰ در مقیاس شور D (shore D) انجام شد. با توجه به اینکه آمیخته های با درصد لاستیک کم، سخت است و سختی شور A (shore A) برای مقایسه آنها مناسب نیست، از سختی شور D استفاده شد. خواص دینامیکی - مکانیکی آمیخته ها با استفاده از دستگاه DMTA ساخت پلیمر لاب در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران ارزیابی شد. رفتار رئولوژیکی مواد و آمیخته ها با استفاده از رئومتر موین مدل اینسترون ۳۲۱۱ و بکارگیری لوله موین با نسبت طول به قطر ۴۰ بررسی شد.

آزمایشهای پیرسازی نمونه PVC و آمیخته سه جزئی PVC/NBR-SBR مطابق استاندارد ASTM D ۷۵۶، روش کار C، بمدت ۴۸ h در دمای ۷۰°C انجام شد.

برای بررسی اثر عوامل اختلاط و مقدار لاستیک SBR و تعیین مقادیر بهینه آنها از آرایه متعامد L_{۱۶} روش طراحی آزمایش تاگوچی استفاده شد. تجزیه گرم اوزنی (TGA) نمونه های PVC/NBR و PVC/NBR-SBR در محدوده دمای محیط و ۶۰۰°C با سرعت گرمادهی ۱۰°C/min در مجاورت هوا با استفاده از دستگاه TGA مدل ۱۵۰۰ STA ارزیابی شد. مقاومت نمونه های PVC/NBR و PVC/NBR-SBR در برابر اوزون با استفاده از روش شتاب یافته ASTM D ۱۱۴۹ در غلظت ۵۰ ppm اوزون و دمای ۴۰°C ارزیابی و مقایسه شد.

روشها

تهیه آمیخته ها

برای تهیه و ساخت آمیخته ها از روش اختلاط مکانیکی استفاده شد. بدین منظور دستگاه مخلوط کن داخلی برابندر بکار گرفته شد.

ابتدا فرمولبندی صنعتی تولید PVC به عنوان نمونه مرجع برای مقایسه با آمیخته های دیگر تهیه شد. در این فرمولبندی به ازای ۱۰۰ قسمت وزنی PVC از ۳۴ قسمت وزنی روغن DOP به عنوان نرم کننده و ۲ قسمت وزنی روغن Ba/Zn به عنوان پایدارکننده گرمایی استفاده گردید و مقداری مواد کمک فرایند نیز به آن اضافه شد.

در مرحله بعد، با حذف DOP از آمیخته PVC، آمیخته های متفاوت آن با مقادیر مختلف صفر تا ۴۰ درصد لاستیک NBR تهیه شد. آمیخته سازی آنها در دمای ۱۷۵°C در سرعت ۴۰ rpm انجام شد، آنگاه خواص مکانیکی آمیخته های تهیه شده ارزیابی گردید.

در ادامه کار با جایگزینی مقادیر مختلف لاستیک NBR با لاستیک

جدول ۳- پارامترها و سطوح طراحی آزمایش آمیخته PVC/NBR-SBR.

ضریب پرشوندگی	زمان اختلاط (min)	سرعت اختلاط (rpm)	دمای اختلاط (°C)	مقدار SBR (درصد وزنی)	پارامترهای طراحی
					سطوح طراحی
۰/۸	۵	۳۰	۱۷۰	۷	۱
۰/۸۳	۱۰	۴۰	۱۷۵	۱۴	۲
۰/۸۶	۱۵	۵۰	۱۸۰	۲۱	۳
۰/۹	۲۰	۶۰	۱۸۵	۲۸	۴

انجام نمی شود و پراکندگی فازها مناسب نیست و در زمانهای طولانی تخریب گرمایی و مکانیکی نمونه ها توأم می گردد. میزان پرشدگی محفظه اختلاط نیز مهم است. اگر محفظه اختلاط به اندازه کافی پر نشود مواد فقط به دور پره می چرخد و اختلاط بخوبی انجام نمی شود و پر بودن بیش از حد محفظه اختلاط نیز باعث تغییر تابع فشار و نقصان در آن می شود.

با استفاده از سطوح بهینه بدست آمده پارامترها، آزمایش تأییدیه انجام

جدول ۴- نتایج خواص اندازه گیری شده آزمایشهای مختلف اختلاط.

شماره آزمایش	استحکام کششی (kg/cm ²)	ازدیاد طول تا پارگی (%)	استحکام پارگی (kg/cm)
۱	۱۴۳	۹۱	۱۸
۲	۲۳۵	۱۶۶	۱۷۵
۳	۱۸۱	۱۰۴	۱۳
۴	—	—	—
۵	۱۳۶	۵۱	۱۳/۵
۶	۱۴۸	۳۵	۸/۵
۷	۱۰۸	۱۰	۸/۸
۸	۱۲۶	۲۱	۱۰/۸
۹	۹۰	۵	۷/۱
۱۰	۹۵	۵	۷/۵
۱۱	۷۲	۵	۴/۵
۱۲	۷۰	۵	۳/۸
۱۳	۴۷	۵	۲
۱۴	۴۲	۵	۱/۷
۱۵	۴۰	۳	۳/۸
۱۶	۴۱	۴	۳

حاصل، علاوه بر بررسی اثر مقدار SBR، اثر سرعت، دما و زمان اختلاط و همچنین ضریب پرشوندگی محفظه اختلاط نیز مدنظر قرار گرفت.

بدین منظور از آرایه L_{۱۶} طراحی آزمایش تاگوجی برای ۵ پارامتر و ۴ سطح استفاده شد. با استفاده از طراحی آزمایش یادشده می توان ضمن کم کردن تعداد آزمایشها، به نقاط بهینه پارامترها دست یافت. مقادیر پارامترها و سطوح انتخاب شده در این پژوهش در جدول ۳ آمده است.

بر طبق این آرایه (L_{۱۶}) تعداد ۱۶ آزمایش اختلاط انجام گرفت که نتایج خواص کششی و استحکام پارگی آنها اندازه گیری و در جدول ۴ ارائه شده است.

در آزمایش ۴ این جدول پارامترهای اختلاط در بالاترین سطح خود بوده و موجب تخریب گرمایی و مکانیکی آمیخته و عدم کارایی آن می شود.

با استفاده از روش ترسیمی اثر سطوح هر یک از پارامترها روی خواص کششی و استحکام پارگی، سطوح بهینه هر یک از پارامترها به شرح زیر مشخص می شود:

- مقدار لاستیک SBR: ۷ درصد وزنی

- دمای اختلاط: ۱۷۵°C

- سرعت اختلاط: ۴۰ rpm

- زمان اختلاط: ۱۰ min

- ضریب پرشوندگی: ۰/۸۳

نتایج نشان دهنده تضعیف خواص در اثر افزایش مقدار SBR در آمیخته است. SBR با PVC ناسازگار است که از NBR به عنوان سازگارکننده برای آمیخته PVC/SBR می توان استفاده کرد. با کاهش مقدار NBR در آمیخته آثار ناسازگاری آن بر خواص کاملاً مشهود است.

افزایش دما تا سطح ۱۷۵°C موجب بهبود فرایند اختلاط می گردد، ولی افزایش بیش از آن موجب تخریب گرمایی و در نتیجه افت خواص نمونه می شود. افزایش سرعت اختلاط بیش از سطح بهینه ۴۰ rpm نیز موجب تخریب مکانیکی نمونه ها و تضعیف آنها می شود. زمان ۱۰ min برای اختلاط مناسب است. در زمانهای کمتر، اختلاط یکنواخت بخوبی

جدول ۵ - نتایج خواص نمونه‌های تهیه شده و مقایسه آنها.

کاهش وزن در اثر پیرسازی (%)	سختی (شور D)	استحکام پارگی (kg/cm)	مدول یانگ (kg/cm ²)	ازدیاد طول تا پارگی (%)	استحکام کششی (kg/cm ²)	نمونه‌های تهیه شده و مقادیر وزنی آنها (phr)
۷۱۳	۳۷	۹	۱۲۰۰	۲۱۵	۲۶۰	PVC + DOP: ۱۰۰+۳۴
۰	۳۶	۹/۷	۱۴۵۰	۲۱۰	۲۸۰	PVC/NBR: ۶۵/۳۵
۰	۳۹	۱۸/۵	۲۰۵۰	۱۶۵	۲۳۵	PVC/NBR-SBR: ۶۵/۲۸-۷

درصد وزنی لاستیک SBR در آمیخته PVC/NBR باعث خاصیت همگرداری در استحکام پارگی و مدول یانگ آمیخته می‌شود. دمای انتقال شیشه‌ای PVC خالص ۸۰°C گزارش شده است که نشان می‌دهد در دمای محیط سخت است. با افزایش نرم‌کننده در ماتریس پلیمر، دمای T_g آن کاهش می‌یابد. دمای T_g آمیخته PVC و نرم‌کننده با وزن مولکولی کم تهیه شده در این پژوهش به وسیله آزمایش DMTA و منحنی Tan δ در محدوده ۳۹/۵°C بدست آمده است. در مورد آمیخته (۶۵/۳۵) PVC/NBR نیز در منحنی Tan δ در محدوده ۳۸/۵°C پیک واحدی مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده T_g آن است و مؤید انعطاف‌پذیری آن در حد PVC صنعتی است. نتایج آزمایش DMTA آمیخته یاد شده حاکی از تک‌فاز بودن آن است.

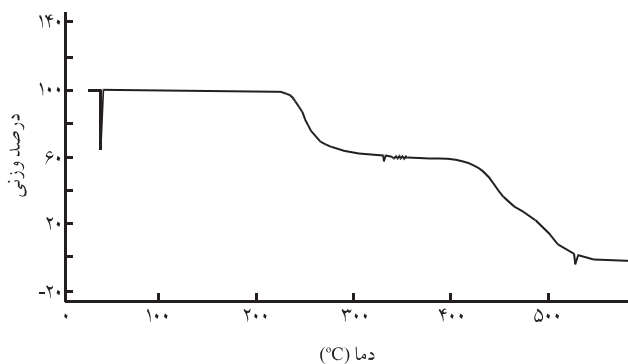
چنانچه انتظار می‌رود با افزودن لاستیک SBR، آمیخته PVC/NBR از حالت تک‌فازی خارج شده و اثر فاز ثانویه مشهود می‌گردد. نتایج DMTA آمیخته PVC/NBR-SBR نشان داده شده در شکل ۱ تأییدی بر این نتیجه‌گیری است.

با توجه به اینکه مقدار SBR نسبت به اجزای دیگر کم است، آثار آن شدید نیست. در منحنی Tan δ پیک بزرگی در محدوده دمایی ۵۰°C دیده می‌شود که مربوط به آمیخته PVC/NBR است. همچنین، پیک کوچکی در محدوده ۴۴°C مشاهده می‌شود که مربوط به مشارکت فاز دوم یعنی لاستیک SBR است. کوچکی این پیک به علت کم بودن

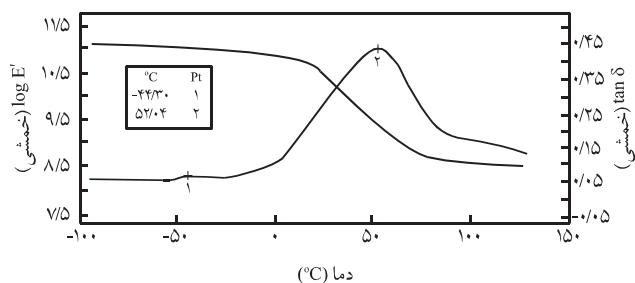
شد و خواص نمونه حاصل ارزیابی گردید. مقاومت در برابر فرسودگی نمونه‌ها نیز مطابق استاندارد بررسی شد. جدول ۵ مقایسه بین خواص اندازه‌گیری شده آمیخته PVC، آمیخته دوجزئی PVC/NBR و آمیخته سه‌جزئی PVC/NBR-SBR را امکان‌پذیر می‌سازد.

چنانچه از نتایج مشخص است با حذف DOP از آمیزه PVC و افزایش ۳۵ درصد وزنی لاستیک NBR می‌توان به خواص کششی، استحکام پارگی و سختی مشابهی رسید و نمونه حاصل از نظر انعطاف‌پذیری مشابه آمیخته PVC به همراه نرم‌کننده با وزن مولکولی کم است، با این تفاوت که در این حالت کاهش وزن ناشی از مهاجرت نرم‌کننده به سطح و خروج از نمونه در اثر شرایط دمایی شتاب یافته مشاهده نمی‌شود و کاهش انعطاف‌پذیری و مخاطرات زیست‌محیطی نیز بشدت کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج حاصل، مشاهده می‌شود که با ورود لاستیک SBR در آمیخته PVC/NBR مقادیر خواص کششی کاهش می‌یابد که این امر ناشی از عدم سازگاری فاز SBR با ماتریس PVC است. با افزایش SBR ناسازگاری زیاد می‌شود و خواص افت می‌کند. با جایگزینی ۷ درصد NBR با SBR در آمیخته، با وجود کاهش اندک در مقادیر خواص کششی، استحکام پارگی و مدول یانگ افزایش چشمگیری نشان می‌دهد. افزایش بیش از ۱۰۰ درصد استحکام پارگی ناشی از تشکیل فاز دوم در آمیخته و اثر آن بر چگونگی مقاومت در برابر رشد ترک است.

نتایج نشان می‌دهد با رعایت بهترین شرایط اختلاط، مشارکت ۷



شکل ۲ - نمودار TGA آمیخته PVC/NBR.



شکل ۱ - نتایج آزمایش DMTA برای آمیخته PVC/NBR-SBR.

در شرایط شتاب یافته در محفظه اوزون با مقدار کشش ۲۰ درصد در غلظت ۵۰ ppm اوزون و دمای ۴۰°C بمدت ۴۸ h قرار گرفتند. در این آزمایش هیچ گونه ترکی روی نمونه‌ها مشاهده نشد.

نتیجه گیری

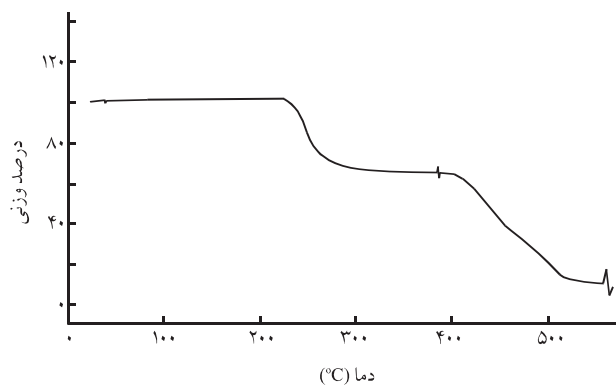
از نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که فاز لاستیک در ماتریس PVC به عنوان نرم‌کننده مقاوم و ثابت عمل می‌کند و با جایگزینی DOP با فاز لاستیک می‌توان مخاطرات زیست محیطی ناشی از مهاجرت نرم‌کننده با وزن مولکولی کم (DOP) و استخراج آن از نمونه‌های PVC را برطرف کرد.

تاریخچه فرایندی که شامل شرایط فرایند است، اثر بسزایی بر خواص مکانیکی نمونه حاصل دارد. با استفاده از طراحی آزمایش روش تاگوچی می‌توان به بهترین شرایط اختلاط دست یافت و با رعایت این شرایط می‌توان نتیجه بهینه را بدست آورد.

همچنین نتیجه گیری می‌شود که با ورود فاز دوم لاستیک SBR در آمیخته امتزاج پذیر PVC/NBR آمیخته سه جزئی حاصل به شکل دوفازی درمی‌آید ولی با تأثیر بر نحوه رشد ترک، استحکام پارگی آن را افزایش چشمگیری می‌دهد. همچنین، افزایش SBR اثر منفی محسوسی بر مقاومت‌های گرمایی و در برابر اوزون نمونه‌ها ندارد.

مراجع

- Klaric I., Roje V. and Bravar M., Thermo-oxidative Degradation of Poly(vinyl chloride) / Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Blend, *J. Appl. Polym. Sci.*, **61**, 1123-1129, 1996.
- Huang C. and Chen J., Comparison of Four Polymeric PVC Modifiers, *Plast. Technol. Eng.*, **33**, 615-625, 1994.
- Karpukhin A.A., Ledeneva I.N. and Aleksandrov V.I., Regulation of the Properties of Thermoplastic Elastomers Based on Butadiene-Acrylonitrile Rubber and Poly(vinyl chloride), *Int. Polym. Sci. Technol.*, **23**, 29-31, 1996.
- Jimenez A., Lopez J., Iannoni A. and Kenny J.M., Formulation and Mechanical Characterisation of PVC Plastisols Based on Low-Toxicity Additives, *J. Appl. Polym. Sci.*, **81**, 1881-1890, 2001.
- Nasir Z.A. and Ratman C.T., Determination of Optimum Blending for PVC/ENR, *J. Polym. Sci.*, **47**, 951-959, 1989.
- George K.E., Joseph R. and Thomas K.T., Modification of Butadiene-Acrylonitrile Rubber/Poly(vinyl chloride) Blend Using Natural Rubber, Styrene-Butadiene Rubber, and Polybutadiene Rubber, *Polym. Eng. Sci.*, **27**, 1137-1140, 1987.
- Hoch M., Thermodynamics of Polymer Solutions and Blends, *Polym. Eng. Sci.*, **36**, 2485-2493, 1996.
- Zhong Z., Zheng S., Yang K. and Guo Q., Miscibility, Phase Behavior, and Mechanical Properties of Ternary Blends of Poly(vinyl chloride) / Polystyrene / Chlorinated Polyethylene-g-Polystyrene, *J. Polym. Sci.*, **69**, 995-1003, 1998.
- Maiti S.N., Saroop U.K. and Misar A., Studies on Polyblend of PVC and ABS, *Polym. Eng. Sci.*, **32**, 27-35, 1992.
- Zhu S.H., Chanand C.M. and Zhang U.X., Poly(vinyl chloride)/ Styrene-Butadiene Rubber Blends Prepared by Dynamic Vulcanisation with Nitrile Rubber as the Compatibiliser, *J. Appl.*



شکل ۳- نمودار TGA آمیخته PVC/NBR-SBR.

مقدار SBR در آمیخته است.

در شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب منحنی‌های مربوط به تجزیه گرمائزنی آمیخته‌های PVC/NBR و PVC/NBR-SBR مشاهده می‌گردد. این آزمایش در مجاورت هوا و از دمای محیط شروع شده و تا تخریب کامل نمونه‌ها در دمای ۵۵۰°C با سرعت گرمادهی ۱۰°C/min ادامه یافته است. با مقایسه روند کاهش وزن نمونه‌ها در اثر تخریب گرمایی می‌توان نتیجه گرفت که افزایش ۷ درصد وزنی SBR و استفاده از آن به جای NBR تغییری در مقاومت گرمایی و تخریب گرمایی نمونه‌ها ندارد. در هر دو منحنی دو مرحله تخریب مربوط به فازهای لاستیک و PVC بخوبی مشخص است. برای ارزیابی و بررسی اثر SBR روی خاصیت مقاومت در برابر اوزون و مقایسه آن، آمیخته‌های PVC/NBR و PVC/NBR-SBR

- Polym. Sci.*, **58**, 621-631, 1995.
11. Ghosh P., Kumarsen A. and Ray P., Crosslinking in Blends of Nitrile Rubbers and Poly(vinyl chloride), *Polymer*, **33**, 744-754, 1992.
12. Legge N.R. and Holden G., *Thermoplastic Elastomers*, Hanser, Munich, Chap. 6, 117-122, 1987.
13. Rena J.R., Hidalgo M. and Mijangos C., Plastification of Poly(vinyl chloride) by Polymer Blending, *J. Appl. Polym. Sci.*, **75**, 1303-1312, 2000.
14. Mirali M., *Production of Thermoplastic-Elastomer by Using PVC*, MS Thesis, Tarbiat Modarres University, September 1988.