

# بررسی آلیاژهای پلی وینیل کلرید و لاستیک نتریل

## Investigation of Polyvinyl Chloride and Nitrile Rubber Blends

محمود محراب‌زاده<sup>۱</sup>، سعید بختیاری<sup>۲</sup>، عبدالصمد زرین‌قلم<sup>۳</sup>

۱- پژوهشگاه پلیمر ایران؛ ۲- مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن؛ ۳- دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده فنی و مهندسی

دریافت: ۷۶/۱۱/۸، پذیرش: ۷۶/۱۶/۲۳

### چکیده

در این پژوهش امتزاج پذیری پلیمرهای پلی وینیل کلرید و لاستیک نتریل دارای ۳۴ درصد آکریلونیتریل بررسی و درباره مشخصات آلیاژهای حاصل از آنها مطالعه شده است. علاوه بر این، آثار درصد لاستیک نتریل، پرکننده کلسیم کربنات و نرم کننده دی اکسیل فتالات و اثر پخت دینامیک لاستیک روی آلیاژ آزمایش و بررسی شده است.

برای بررسی امتزاج پذیری دو پلیمر PVC و NBR اساساً از روش DMTA استفاده شده که برای هر آلیاژ تنها یک دمای انتقال شیشه‌ای مشاهده شده است. این موضوع، اشاره بر امتزاج پذیری دو پلیمر دارد. نتایج آزمایشها نشان می‌دهد که با افزایش درصد NBR در آلیاژ، استحکام کششی کاهش و ازدیاد طول نهایی افزایش می‌یابد. بیشتر نمونه‌ها به علت نرمی در دمای محیط شکسته نشدند. ضمناً، مشاهده شد که با افزودن لاستیک نتریل به پلی وینیل کلرید مقاومت آن در برابر سوختها بطور محسوسی افزایش می‌یابد. نتایج آزمایشها نشان می‌دهد که پخت دینامیک لاستیک می‌تواند برخی از خواص آلیاژ را بهبود بخشد. با تغییر دادن درصد مواد NBR، CaCO<sub>3</sub> و DOP در آلیاژ، اثر آنها بر خواص مکانیکی، رفتار گرمایی و دوام در برابر سوخت بررسی و گزارش شده است.

واژه‌های کلیدی: آلیاژ پلیمر، پلی وینیل کلرید، لاستیک نتریل، امتزاج پذیری، رفتار گرمایی

**Key Words:** polymer blend, polyvinyl chloride, nitrile rubber, miscibility, thermal behaviour

### مقدمه

مدتهاست که آمیختن پلیمرها به عنوان راهی مهم برای تولید محصولات پلیمری جدید شناخته شده است. بدون شک، موفقترین آلیاژهای پلیمری از نظر تجاری پلاستیکهای چقرمه شده بالاستیک‌اند که با تولید محصولات پلی‌استیرن با ضربه پذیری زیاد (HIPS) و آکریلونیتریل-بوتادیان-استیرن (ABS) در اواخر دهه ۱۹۴۰ به بازار معرفی و عرضه شدند [۱].

آلیاژهای PVC-NBR، که در دهه ۱۹۴۰ در مقیاس تجاری تولید شدند، در ابتدا بسادگی به عنوان نوع ویژه‌ای از لاستیک نتریل مورد استفاده قرار گرفتند. طی آن سالها، نتایج تحقیقات مختلفی درباره

آلیاژهای پلی وینیل کلرید و لاستیک نتریل انتشار یافت [۲-۴]. امت [۲] با مجموعه آزمایشهایی نشان داد که افزودن لاستیک نتریل به پلی وینیل کلرید باعث بهبود خواص مقاومتی آن در برابر اوزون و پرتوهای فرابنفش و همچنین مقاومت در برابر پارگی و ترکهای خمشی می‌شود. قبل از آن گزارش شده بود که NBR را می‌توان به عنوان ماده نرم کننده در PVC بکار برد [۵].

امتزاج پذیری پلیمرها برای نخستین بار در سیستمهای PVC-NBR مشاهده شد [۶]. در مطالعات مختلف بر اساس روشهای آزمایش گوناگون و در ترکیب درصدهای مختلف، این آلیاژها به صورت جزئی یا کلی امتزاج پذیر یا کاملاً امتزاج ناپذیر گزارش شده‌اند.

دقیقه NBR به مقدار لازم به مخلوط کن اضافه گردید و زمان اختلاط برای تمام نمونه‌ها بطور یکسان ۸ دقیقه در نظر گرفته شد. مقدار گشتاور در اکثر نمونه‌ها در حدود دقیقه پنجم به یک مقدار ثابت می‌رسید. بنابراین، در ۳ دقیقه بعدی اختلاط در مقدار گشتاور ثابت انجام شد که نشان دهنده اختلاط خوب و بدست آمدن نمونه‌های همگن است.

در این پژوهش، امتزاج‌پذیری پلیمرهای PVC و NBR-۲۴ با روش DMTA بررسی شده و همچنین، رفتار گرمایی و خواص فیزیکی-مکانیکی آلیاژها با تغییر درصد مواد تشکیل دهنده مطالعه و گزارش شده است.

## تجربی

### مواد

برای ساخت آلیاژها از PVC نوع تعلیقی با مقدار K برابر ۶۵، محصول پتروشیمی بندر امام، NBR دارای ۲۴ درصد آکریلونیتریل با نام تجاری یوروپرن ۲۴۴۵، محصول شرکت ایتالیایی انی‌کم، دی‌اکتیل فتالات (DOP) با ضریب شکست ۱/۴۶، محصول صنایع شیمیایی فارابی و پایدارکننده Ba/Zn، محصول شرکت هوست آلمان استفاده شد. استتاریک اسید و سایر مواد مصرفی از بازار تهیه شدند.

### دستگاهها

برای اختلاط مواد از مخلوط‌کن داخلی هکه مدل HBI System ۹۰ استفاده شد. برای بررسی رفتار گرمایی آلیاژها از دستگاههای DMTA و DSC-TG مدل ۶۲۵ STA ساخت شرکت انگلیسی پلیمرلاب و برای آزمایش سختی از سختی‌سنج ساخت شرکت آلمانی زویکک مطابق استاندارد ASTM D ۲۲۴۰ استفاده شد. برای اندازه‌گیری استحکام کششی مطابق با استاندارد ASTM D ۴۱۲ روش A و تعیین ازدیاد طول نمونه‌ها از دستگاه یونیورسال ۱۰ kN مدل AMSLER موجود در مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن استفاده شد. مطالعه سطح شکست به وسیله میکروسکوپ الکترون پویشی مدل S۳۶۰ ساخت شرکت انگلیسی کمبریج انجام گرفت. همه دستگاههای مورد استفاده بجز موردی که مشخص شده است در پژوهشگاه پلیمر ایران موجود است.

### روش آماده‌سازی

برای انجام مطالعات موردنظر، به عنوان مبنای کار یک فرمولبندی نوع صنعتی PVC با نسبت وزنی PVC ۱۰۰ phr، DOP ۳۴ phr،  $\text{CaCO}_3$  ۱۰ phr و ۰/۴ phr استتاریک اسید در نظر گرفته شد. نمونه‌های آزمایشی با افزودن NBR به نسبت‌های مختلف به شرح جدول ۱ ساخته و آزمایش شدند.

برای ساخت نمونه‌ها، ابتدا کلیه مواد به غیر از NBR طبق فرمولبندی موردنظر در یک بشر توزین و به صورت دستی تا حدودی مخلوط شدند. سپس، مخلوط این مواد به درون مخلوط‌کن منتقل شد و اختلاط در دمای ۱۶۰ C و با سرعت ۶۰ rpm انجام گرفت. پس از ۳

## نتایج و بحث

### خواص مکانیکی

در این بخش اثر مقدار NBR، افزایش کلسیم کربنات، مقدار DOP و اثر پخت لاستیک بررسی می‌شود.

### اثر مقدار NBR

نتایج آزمایش خواص مکانیکی در جدول ۱ ارائه شده است. در نمونه‌های ۱ تا ۷، درصد لاستیک نیتریل متغیر و سایر اجزاء ثابت نگاه داشته شده است. با افزایش NBR استحکام کششی کاهش و ازدیاد طول نهایی افزایش یافته است، بطوری که استحکام کششی از ۲۱ MPa در نمونه ۱ به ۷/۵ MPa در نمونه ۷ کاهش و ازدیاد طول نهایی مربوط از ۹۳ درصد به ۲۷۰ درصد افزایش یافته است. کاهش استحکام کششی به دلیل کمتر بودن استحکام کششی لاستیک نیتریل نسبت به پلی‌وینیل کلرید است. همچنین، افزایش درصد ازدیاد طول نهایی به دلیل خاصیت نرم‌کنندگی و کشسانی در آلیاژ به دلیل وجود NBR است. در عین حال، ازدیاد طول نهایی تا حدود ۲۷۰ درصد در نمونه ۷ مؤید وجود پیوستگی و چسبندگی خوب در آلیاژ و به عبارتی امتزاج‌پذیری بین پلی‌وینیل کلرید و لاستیک نیتریل است. همان‌گونه که از نتایج دیده می‌شود، سختی نمونه‌های ساخته شده با افزایش درصد NBR کاهش یافته است. علت این موضوع نیز خاصیت نرم‌کنندگی لاستیک نیتریل در ماتریس پلی‌وینیل کلرید است. از نتایج عددی همچنین مشخص می‌شود که کاهش سختی نمونه‌ها با افزایش درصد NBR تقریباً خطی است.

### اثر افزایش کلسیم کربنات

با بررسی نتایج معلوم می‌شود که افزایش پرکننده اثر منفی چندانی روی نتایج نداشته است. در عین حال، رابطه یا روند مشخصی هم بین خواص مکانیکی و درصد پرکننده‌ها مشاهده نمی‌شود. از این رو، همان‌گونه که شوارتر گزارش کرده است [۷]، تعیین درصد پرکننده به کاربرد و شرایط مصرف محصول بستگی دارد. در مواردی که کاهش قیمت موردنظر باشد با توجه به قیمت کم کلسیم کربنات می‌توان

جدول ۱ - فرمولبندی و خواص مکانیکی نمونه‌ها (کلیه نمونه‌ها دارای ۰/۴ phr استتاریک اسید و ۲/۵ phr پایدارکننده نوع Ba/Zn نیز بودند).

دمای انتقال شیشه‌ای (C)	خواص مکانیکی			مقدار مواد مصرف شده (phr)				نمونه
	سختی (شور A)	ازدیاد طول (%)	استحکام کششی (MPa)	CaCO <sub>3</sub>	DOP	NBR	PVC	
۳۸/۸	۹۳	۹۳	۲۱	-	۳۴	۰	۱۰۰	۱
۳۳/۲	۹۱	۹۶	۱۷	-	۳۴	۵	۱۰۰	۲
۳۰/۱	۸۸	۹۸	۱۵	-	۳۴	۱۰	۱۰۰	۳
۲۴/۵	۸۵/۵	۱۷۸	۱۳	-	۳۴	۲۰	۱۰۰	۴
۱۵/۵	۷۹	۱۹۱	۱۰	-	۳۴	۴۰	۱۰۰	۵
۶/۹	۷۴	۲۰۰	۰۸	-	۳۴	۶۰	۱۰۰	۶
-۴/۲	۶۳	۲۷۰	۷/۵	-	۳۴	۱۲۰	۱۰۰	۷
۴۳/۰	۹۲	-	۱۸	۲۰	۳۴	۰	۱۰۰	۸
-	۸۵	۱۸۶	۱۴	۱۰	۳۴	۲۰	۱۰۰	۹
۲۸/۷	۸۶	۱۳۸	۱۴	۲۰	۳۴	۲۰	۱۰۰	۱۰
-	۸۵	۱۵۳	۱۳	۳۰	۳۴	۲۰	۱۰۰	۱۱
-۳/۲	۶۰	۳۳۹	۱۰	۲۰	۳۴	۱۲۰	۱۰۰	۱۲
۴۴/۴	۹۵	۱۹۱	۱۶	۲۰	۲۰	۲۰	۱۰۰	۱۳
۵۷/۲	۹۶	۱۲۳/۵	۲۶	۲۰	۱۰	۲۰	۱۰۰	۱۴
۶۹/۷	۹۶	۶۵	۳۵	۲۰	۰	۲۰	۱۰۰	۱۵
-	۷۴/۵	۳۰۷	۱۳	۲۰	۰	۱۲۰	۱۰۰	۱۶
-	۹۵	-	۱۹/۵	۲۰	۳۴	۰	۱۰۰	الف ۱۷
-	۸۹	-	۱۶	۲۰	۳۴	۲۰	۱۰۰	الف ۱۸
۳۹/۵	۸۳	۴۴	۵	-	۳۴	۲۰	۱۰۰	ب ۱۹
۲۶/۹	۷۹	۸۸	۶	-	۳۴	۶۰	۱۰۰	ب ۲۰
۳۳/۹	۸۸	۶۸/۵	۷	-	۳۴	۲۰	۱۰۰	ج ۲۱
۲۲/۰	۶۷/۵	۱۱۶	۸	-	۳۴	۶۰	۱۰۰	ج ۲۲

الف: دارای ۱۰ phr کاندسوزکننده Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; ب: شبکه‌ای شده بطور دینامیک با ۲٪ پروکسید (DCP) و ج: شبکه‌ای شده بطور دینامیک با ۱٪ پروکسید (DCP).

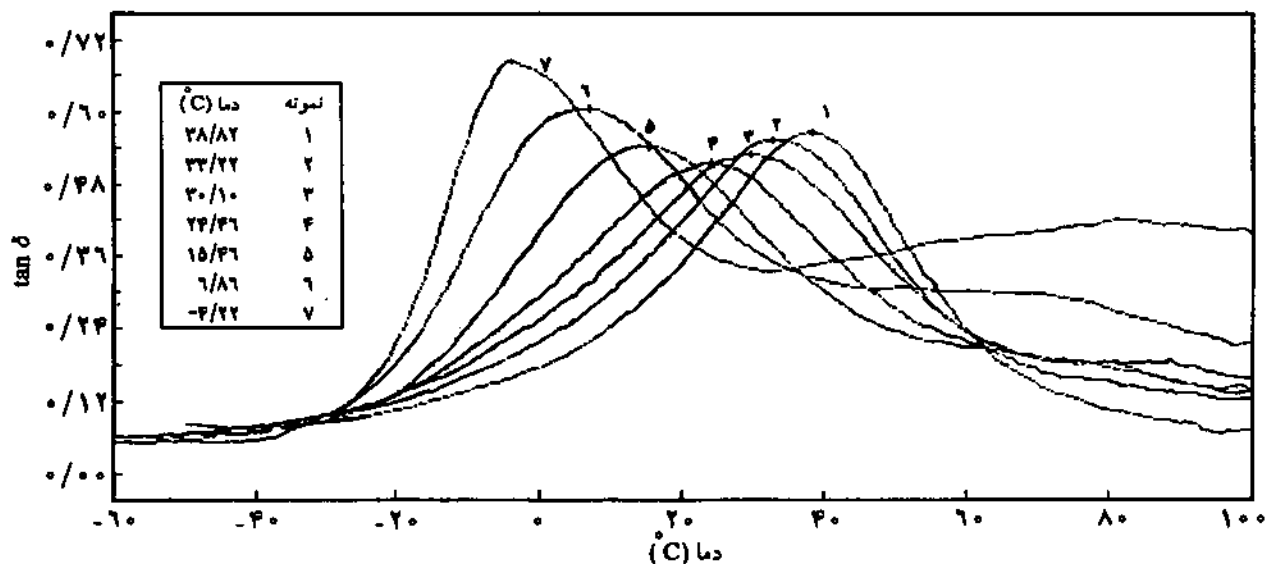
محصول در برابر گرما و حلالها شده و از سوی دیگر، باعث حفظ DOP در ماتریس و جلوگیری از مهاجرت آن می‌گردد.

از آن استفاده کرد و اثر چندانی روی خواص ندارد.

#### اثر مقدار DOP

اثر پخت لاستیک  
برای بررسی این موضوع از روش پخت دینامیک استفاده شد. نمونه‌های ۱۹ و ۲۰ حاوی ۲ درصد و نمونه‌های ۲۱ و ۲۲ دارای ۱ درصد عامل پخت DCP نسبت به وزن لاستیک‌اند. ابتدا، NBR به مقدار لازم به مدت ۴ تا ۵ دقیقه با عامل DCP در دمای ۸۰ C مخلوط شد که در این شرایط مطابق انتظار پخت روی نداد. سپس، به مقدار لازم از این لاستیک با آلیاژ PVC در شرایط مشابه با نمونه‌های قبلی یعنی در ۱۶۰ C و ۶۰ rpm مخلوط گردید. در نمونه‌های ۱۹ و ۲۰ که دارای

کاهش مقدار DOP در نمونه‌های دارای NBR باعث کاهش ازدیاد طول نهایی، افزایش استحکام کششی و سختی به میزان محیوس شده است. خاصیت نرم‌کنندگی DOP در ماتریس پلی‌وینیل کلرید بیشتر از اثر مشابه ناشی از لاستیک نیتریل است. این پدیده حتی در نمونه‌های ۱۲ و ۱۶ که فاز غالب NBR است نیز مشاهده می‌شود. بنابراین، با توجه به قیمت بیشتر NBR استفاده از آن به عنوان جایگزین DOP درست نیست. اما، همان طور که کاب [۸] سن [۹]، دووال [۶] و مانوژ [۱۰] اظهار داشته‌اند، جایگزینی قسمتی از آن باعث بهبود خواص گرمایی و دوام



شکل ۱ - مقایسه دمای انتقال شیشه‌ای نمونه‌ها بر حسب درصد NBR موجود در آنها.

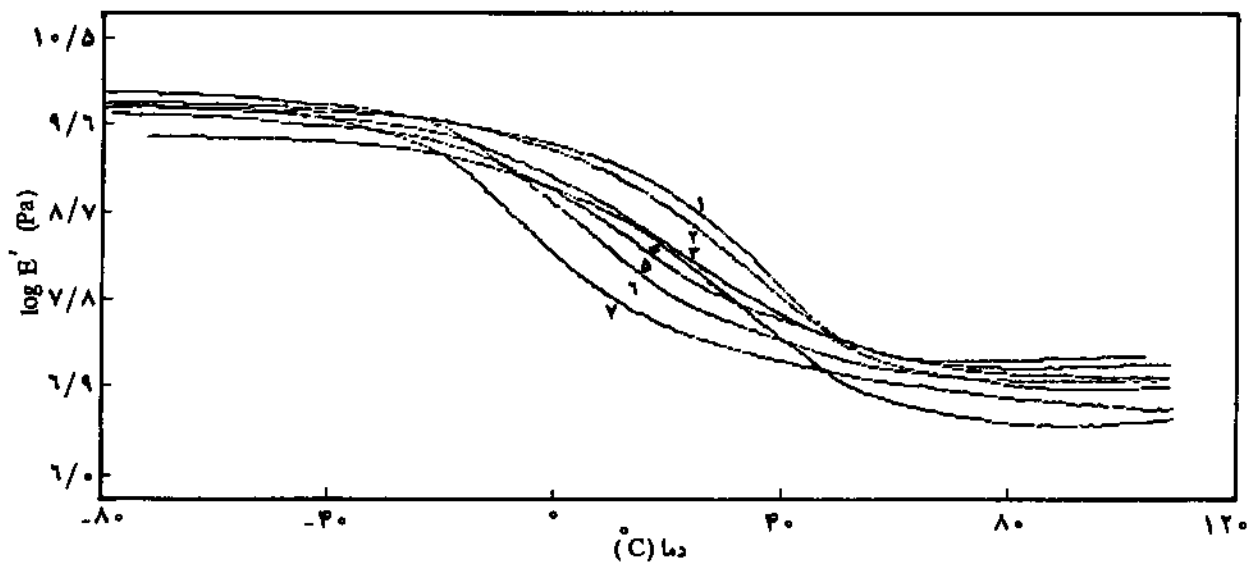
شبکه‌ای شدن در آلیاژهای با درصد زیاد لاستیک نسبت به آلیاژهای دارای درصد کم لاستیک خواص بهتری را نتیجه می‌دهد. این موضوع با نتایجی که قبلاً گزارش شده است [۱۱] مطابقت دارد.

رفتار گرمایی

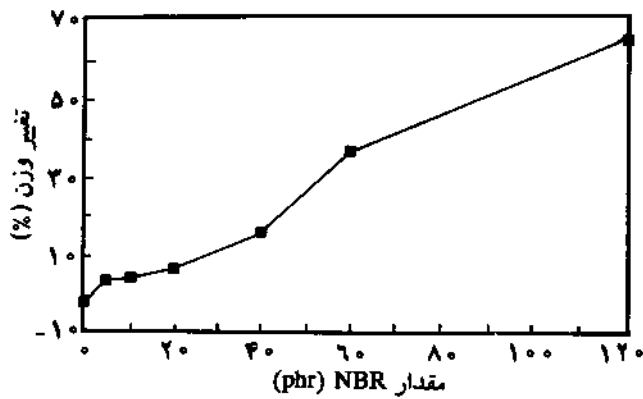
اثر مقدار NBR

نتایج آزمایشهای DMTA روی نمونه‌ها از -۶۰ تا ۱۲۰ C در

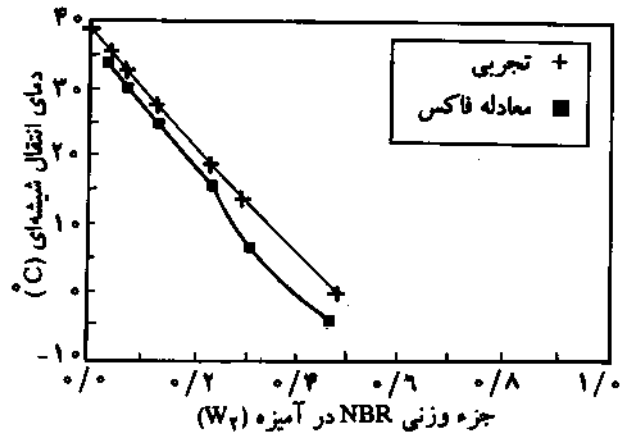
۲ درصد عامل پخت بودند تا حدودی آثار پخت بیش از حد مشاهده شد و تهیه فیلم نمونه مورد آزمایش زیر پرس را مشکل ساخت. در نمونه‌های ۲۱ و ۲۲ نیز نتیجه کاملاً رضایت‌بخش نبود. نتایج نشان می‌دهد که برای ایجاد خواص بهینه برای پخت لاستیک در آلیاژ PVC/NBR باید روی شرایط بهینه از نظر پخت دینامیک یا استاتیک، درصد عامل پخت، مقدار لاستیک در آلیاژ، دمای پخت و زمان آن تحقیق بیشتری انجام گیرد. البته، حتی در اینجا نیز مشاهده می‌شود که



شکل ۲ - مقایسه مدول ذخیره نمونه‌ها با درصد‌های مختلف NBR.



شکل ۵- تغییر وزن نمونه‌ها ناشی از غوطه‌وری در سوخت (در حالت مرطوب).



شکل ۳- مقایسه دمای انتقال شیشه‌ای حاصل از دو روش تجربی و معادله فاکس.

طبق معادله فاکس برای دو پلیمر سازگار دمای انتقال شیشه‌ای آلیاژ حاصل از رابطه ۱ پیروی می‌کند [۱۲] که در آن  $T_{g1}$ ،  $T_{g2}$  و  $T_{g2}$  بترتیب دمای انتقال شیشه‌ای آلیاژ و سازنده‌های ۱ و ۲ برحسب کلون بوده و  $W_1$  و  $W_2$  نسبت وزنی سازنده‌های ۱ و ۲ است:

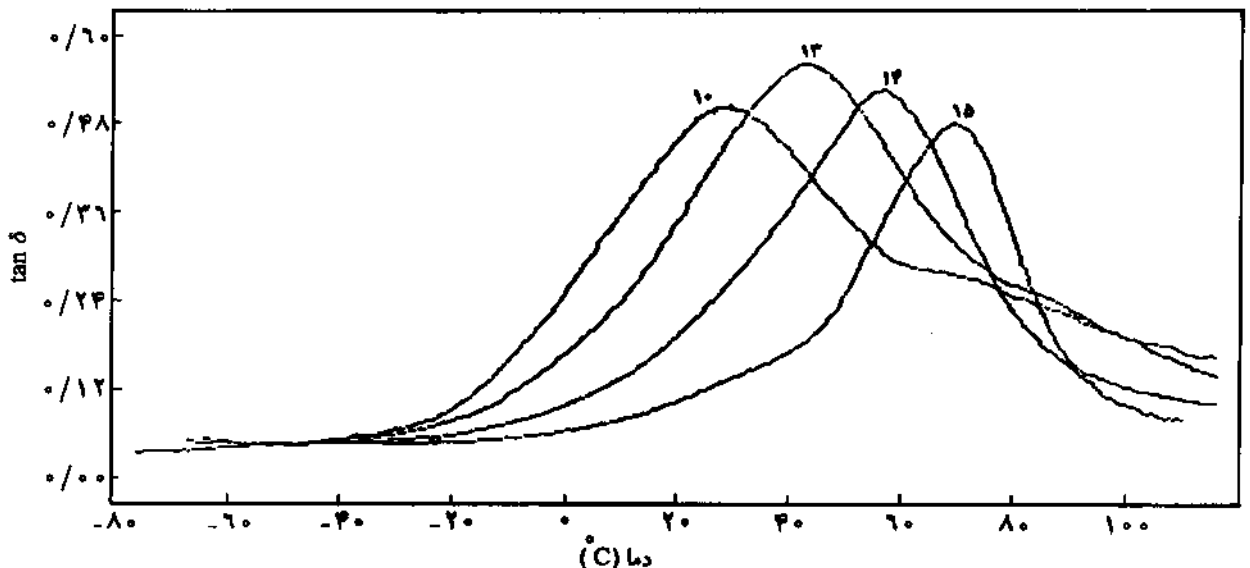
$$\frac{1}{T_g} = \frac{W_1}{T_{g1}} + \frac{W_2}{T_{g2}} \quad (1)$$

همان گونه که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، مقادیر محاسبه شده به وسیله معادله فاکس با اعداد بدست آمده از روش DMTA همخوانی بسیار خوبی دارد و تایید دیگری بر امتزاج‌پذیری دو پلیمر مورد نظر است.

شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است. دمای انتقال شیشه‌ای ترکیب PVC مورد استفاده برابر  $38/8^\circ\text{C}$  بدست آمده است.

یادآور می‌شود که دمای انتقال شیشه‌ای NBR مصرفی برابر  $36/2^\circ\text{C}$  است. با افزایش NBR به ماتریس نمونه ۱، دمای انتقال شیشه‌ای کاهش می‌یابد.

در تمام نمونه‌های ۱ تا ۷ فقط یک پیک در منحنی  $\tan \delta$  مشاهده می‌شود. این مقدار بین دو دمای پیش گفته است و با افزایش درصد لاستیک کاهش نشان می‌دهد. همچنین، در منحنیهای  $E'$  فقط یک پله در تمام نمونه‌ها مشاهده می‌شود. این نتایج نشان دهنده امتزاج‌پذیری پلی‌وینیل کلرید و NBR-۲۴ در تمام نسبتهای آزمایش شده است.



شکل ۴- منحنی‌های  $\tan \delta$  برحسب دما برای مطالعه اثر DOP.

پلی‌وینیل کلراید را تایید می‌کند. این مسئله به علت تفاوت ماهیت نرم‌کنندگی این دو ماده است. ضمناً، رسم منحنی دمای انتقال شیشه‌ای نسبت به درصد DOP را ممکن می‌سازد. این موضوع با توجه به معادله فاکس و نزدیکی پارامترهای انحلال‌پذیری این دو ماده قابل پیش‌بینی است.

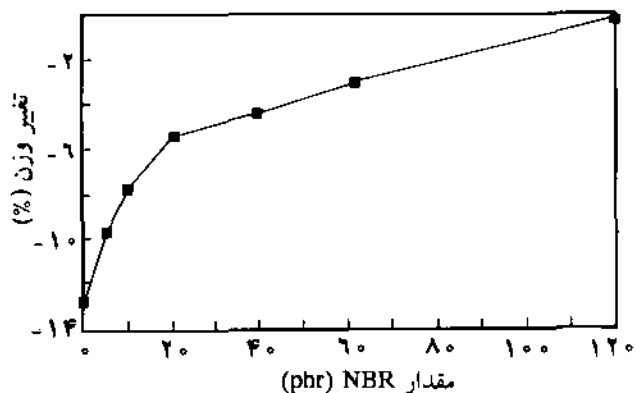
#### اثر پخت لاستیک

نتایج بیانگر این است که با بیشتر شدن پیوندهای عرضی، دمای انتقال شیشه‌ای بطور محسوسی افزایش می‌یابد. نمونه ۱۹ حتی نسبت به نمونه ۱ (یعنی PVC فاقد NBR) نیز دارای دمای انتقال شیشه‌ای بالاتری است (جدول ۱).

#### مقاومت در برابر سوخت

برای آزمایش مقاومت نمونه‌ها در برابر سوخت از بنزین سوپر بدون سرب و روش استاندارد ASTM D ۴۷۱ استفاده شده‌است. از هر نمونه ۲ قطعه به ابعاد  $1 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 0.5 \text{ cm}$  برای آزمایش تهیه و در بشر حاوی  $100 \text{ cc}$  بنزین در دمای محیط قرار داده شد. نمونه‌ها پس از ۷۲ ساعت از بشر خارج، با استون شسته و با کاغذ صافی خشک شدند. سپس، تغییر وزن آنها اندازه‌گیری شد.

مطابق شکل ۵، نمونه ۱ یعنی PVC، به دلیل مهاجرت نرم‌کننده به حلال، افت وزنی نشان می‌دهد. با افزایش NBR این افت وزنی از بین می‌رود و همراه با اضافه شدن درصد آن، افزایش وزن ظاهر می‌شود. یکی از پژوهشگران [۶] تاکید می‌کند که قطعات ساخته شده از PVC بندرت پوسته در برابر حلالها قرار می‌گیرند و اکثراً این تماس بطور



شکل ۶- تغییر وزن نمونه‌ها ناشی از غوطه‌وری در سوخت (در حالت خشک).

#### اثر مقدار DOP

مقایسه رفتار DMTA نمونه‌های ۱۰، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ اثر مقدار نرم‌کننده دی‌اکتیل فتالات (DOP) رابر دمای انتقال شیشه‌ای آلیاژها نشان می‌دهد (شکل ۴). هر چهار نمونه دارای ۲۰ phr لاستیک نیتریل (NBR) است. نمونه ۱۰ با ۳۴ phr نرم‌کننده DOP در مقایسه با NBR دارای دمای انتقال شیشه‌ای برابر  $28/^\circ\text{C}$  است. در نمونه ۱۵، نرم‌کننده DOP به کلی حذف شده است، دمای انتقال شیشه‌ای تا  $69/^\circ\text{C}$  افزایش یافته و نمونه سخت‌تر شده است. از نتایج آزمایشها مشخص می‌شود که تغییر دمای انتقال شیشه‌ای نسبت به تغییر درصد DOP حساسیت بسیار بیشتری را نشان می‌دهد. این موضوع، بار دیگر خاصیت نرم‌کنندگی بیشتر دی‌اکتیل فتالات نسبت به لاستیک نیتریل در



شکل ۷- تصویر SEM سطح شکست PVC با بزرگنمایی ۲۰۰۰۰.



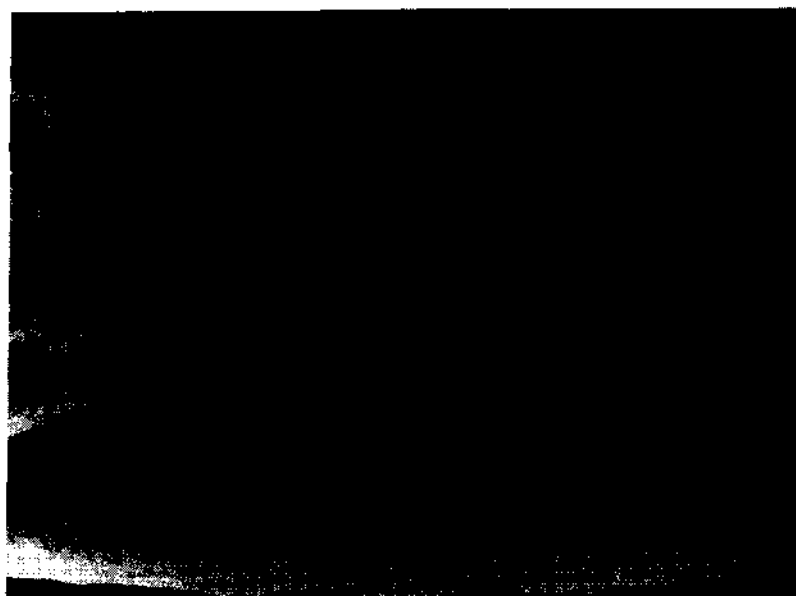
شکل ۸- تصویر SEM سطح شکست آلیاژ PVC/NBR:۱۰۰/۲۰ با بزرگنمایی ۲۰۰۰.

#### مطالعات میکروسکوپی

نمونه‌های مربوط به آزمایش مقاومت در برابر ضربه با استفاده از نیتروژن مایع در دمای پایین شکسته شد و سطح شکست آنها مورد مطالعه میکروسکوپی SEM قرار گرفت. تصاویر میکروسکوپی چند نمونه در شکل‌های ۷ تا ۱۰ ارائه شده است. تصویر ۷ مربوط به ناحیه شکست نمونه PVC فاقد NBR است. البته، با توجه به وجود DOP در

متناوب رخ می‌دهد. بنابراین، آزمایش تغییر خواص آنها نه تنها بلافاصله پس از غوطه‌وری در حلالها یا روغن‌ها، بلکه پس از خشک شدن آنها نیز باید انجام شود.

تغییرات وزنی نمونه‌ها پس از خشک شدن در آون با دمای  $60^{\circ}\text{C}$  به مدت ۲۴ ساعت، در شکل ۶ ارائه شده است که حاکی از اثر مثبت NBP روی دوام نمونه‌هاست.



شکل ۹- تصویر SEM سطح شکست آلیاژ PVC/NBR:۱۰۰/۶۰ با بزرگنمایی ۲۰۰۰.



شکل ۱۰- تصویر SEM سطح شکست آلیاژ PVC/NBR:۱۰۰/۴۰ با بزرگنمایی ۵۰۰۰.

آن، نمونه سطح نسبتاً ناصافی را نشان می‌دهد و به صورت ترد شکسته نشده است. در نمونه‌های بعدی با اضافه شدن درصد لاستیک، میزان چقرمگی بیشتر شده و سطح شکست نامرتبی مشاهده می‌گردد. هرچه درصد لاستیک بیشتر می‌شود، نمونه بطور بارزتری دارای سطح شکست چقرمه می‌شود. تصویر ۱۰ از نمونه آلیاژ PVC/NBR:۱۰۰/۴۰ با بزرگنمایی ۵۰۰۰ گرفته شده است. هیچ گونه جدایی فاز دیده نمی‌شود و یک شبکه پیوسته از آلیاژ نمایان است که نتایج آزمایشهای قبلی در مورد امتزاج‌پذیری دو ماده را تایید می‌کند.

#### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آزمایشهای DMTA و مشاهده تنها یک پیک در منحنیهای  $\tan \delta$  می‌توان نتیجه گرفت که لاستیک نیتریل حاوی ۴۴ درصد آکریلونیتریل با پلی‌وینیل کلرید بخوبی امتزاج‌پذیر است. افزایش NBR به PVC باعث کاهش استحکام کششی، افزایش ازدیاد طول نهایی و کاهش سختی آلیاژ می‌شود. همچنین باعث بهبود مقاومت آلیاژ در برابر سوخت می‌شود. این موضوع نشان می‌دهد که وجود لاستیک نیتریل در آلیاژ باعث تثبیت DOP و جلوگیری از مهاجرت آن می‌شود. اثر نرم‌کنندگی DOP در PVC تا حدود ۲ برابر بیش از اثر مشابه ناشی از NBR است. بنابراین، با توجه به مسائل اقتصادی، فقط در مصارف یا منظوره‌های خاص باید NBR را جایگزین قسمتی از DOP کرد.

#### قدردانی

از آقای دکتر سمسارزاده و همکاری مسئولان کارخانه‌های تولیدی تهران بویژه آقای مهندس مسعود رسولزاده برای انجام این طرح قدردانی می‌شود.

#### مراجع

- 1 *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*; 12, John Wiley & Sons, 399-462, 1985.
- 2 Emmett R. E.; *Ind. Eng. Chem.*; 36, 730, 1944.
- 3 Young D. W., Buckley D. J., Newburg R. G. and Turner L. B.; *Ind. Eng. Chem.*; 41, 401, 1949.
- 4 Pittenberger J. E.; *Mod. Plast.*; 25, 81, 1947.
- 5 Konrad E. K.; *Gummi-Ztg. Jubilee*; 13, 1936.
- 6 Duval G. R. and Milner P. W.; Technical Report; Eurpean Technical Center, Goodyear, France, 1989.
- 7 Schwarz M. F. and Bley J. W. F.; *Kunststoffe*; 77, 8, 761-6, 1987.
- 8 Cobb L. A. and Stockdale M. K.; *Plast. Compound.*; July/Aug, 1988.
- 9 Sen A. K. and Mukherjee G. S.; *Polymer*; 34, 11, 2386-91, 1993.
- 10 Manoj N. R. and De P. P.; *Polym. Deg. Stab.*; 44, 43-7,



بررسی آلیاژهای پلی‌وینیل کلراید و لاستیک نیتریل

12 Zakrzewski G. A.; *Polymer*, **14**, 347-51, Aug. 1973.

1994.

11 Mehrabzadeh M. and Bu

*Sci*; **64**, 1605-11, 1997.