

## رفتار گرمایی و شکل‌شناسی آن

Production of PVC/ABS/NBR Blend and the Study of Its Physical and Mechanical Properties, Thermal Behaviour and its Morphology

هنگامه هنرکار، محمود محرابی-زاده

تهران، پژوهشگاه پلیمر ایران، صندوق پستی ۱۹۹۶۵/۱۹۵

دریافت: ۱۳۹۷/۹/۲۷، پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۲۸

### چکیده

در این پژوهش ساخت آلیاژ سه‌نایی PVC/ABS/NBR و خواص فیزیکی و مکانیکی و رفتار گرمایی و شکل‌شناسی آن بررسی شده است. ابتدا، آلیاژ PVC/ABS با پودر PVC نوع ۵ در نسبت‌های مختلف ساخته و خواص آن بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که بهترین خواص در ترکیب نسبت ۶۰/۴۰ از PVC/ABS بدست می‌آید. برای جایگزین کردن NBR با قسمتی از DOP و رفع مشکل مهاجرت به سطح، آلیاژ سه‌نایی PVC/ABS/NBR ساخته شد. آزمایش‌ها یکبار با مقدار NBR ثابت و DOP متغیر و بار دیگر با مقدار NBR متغیر و DOP ثابت انجام شد. برای ساخت آلیاژ سه‌نایی از درصد ۶۰-۴۰ PVC/ABS استفاده شد. بهترین نتایج در ترکیب نسبت ۶۰-۲۰ درصد NBR با پودر PVC و ۲۰-۳۴ درصد DOP بدست آمد که هم از نظر مقاومت در برابر ضربه و هم خواص کششی و رفتار گرمایی مورد قبول است. همچنین، شکل‌دهی گرمایی آلیاژ یادشده نیز بررسی شد.

واژه‌های کلیدی: آلیاژ، رفتار گرمایی، خواص فیزیکی و مکانیکی، شکل‌شناسی، شکل‌دهی گرمایی

Key Words: blend, thermal behaviour, physical and mechanical properties, morphology, thermoforming

### مقدمه

لامستیک‌هاند که با تولید پلی‌استیرن با ضربه‌پذیری زیاد (HIPS) و ABS در اواخر ۱۹۴۰ به بازار معرفی و عرضه شدند [۱]. آلیاژ PVC/ABS اولین بار در سال ۱۹۶۰ به صورت تجاری معرفی شد. این آلیاژ ریز ناهمگن دارای یک ماتریس سخت با فاز نرم پراکنده است که بطور مکانیکی سازگارند. در ABS اجزای شکننده و شیشه‌ای پلی‌استیرن و پلی‌آکریلونیتریل مقاومت کششی را افزایش می‌دهند. در حالی که پلی‌بوتادین در بهبود چقرمگی سهم دارد [۲].

افزودن NBR به آلیاژ PVC/ABS مقاومت در برابر ضربه را بهبود می‌بخشد و از مهاجرت DOP به سطح جلوگیری می‌کند. NBR

پلیمرهایی که مقاومت در برابر ضربه کمی دارند با افزودن مواد با نرم کننده‌های لاستیکی اصلاح می‌شوند. پلی‌وینیل کلراید، PVC، مقاومت در برابر ضربه کم و فرایندپذیری ضعیفی دارد که با افزودن آکریلونیتریل یونانی‌ان‌استیرن، ABS، این مشکل رفع می‌شود. بنظر می‌رسد آلیاژسازی نسبت به ساخت پلیمرهای جدید راهی سریعتر و کم‌هزینه‌تر برای جوابگویی به تقاضای بازار باشد بدون شک، موفقترین آلیاژهای پلیمری از نظر تجاری پلاستیک‌های چقرمه شده با

\*پایه کار: H.Honarkar@procy.ipi.ac.ir

نمونه	مقدار مواد مصرف شده (phr)			خواص مکانیکی			
	PVC	ABS	DOP	استحکام کششی (MPa)	ازدیاد طول (%)	سختی (شور D) مدول (MPa)	مقاومت در برابر ضربه (Jm)
۱	۱۰۰	۰	۳۴	۱۸/۲	۲۶۹/۱	۳۷	۳۲/۶
۲	۹۰	۱۰	۳۴	۲۰/۲	۱۸۷/۸	۵۰	۱۲۴/۳
۳	۸۰	۲۰	۳۴	۲۱/۲	۱۶۶	۵۵	۲۷۱/۷
۴	۶۰	۴۰	۳۴	۲۳/۲	۱۶۲/۶	۶۵	۱۰۸۵/۴
۵	۵۰	۵۰	۳۴	۲۸/۱	۴/۹	۷۰	۳۷۹/۸
۶	۴۰	۶۰	۳۴	۲۱/۸	۴/۸	۷۵	۲۸۱/۰
۷	۲۰	۸۰	۳۴	۲۲/۷	۴/۷	۷۸	۲۷۳/۸
۸	۱۰	۹۰	۳۴	۲۵/۵	۴/۶	۸۰	۲۳۲/۴
۹	۰	۱۰۰	-	۳۵/۷	۴/۳	۸۳	۲۱۸/۰

و DSC-TG مدل ۹۲۵ STA ساخت شرکت انگلیسی پلیمر لاب و برای اندازه‌گیری سختی از سختی سنج ساخت شرکت آلمانی روتیک مطابق استاندارد ۲۲۴۰-۷۵ ASTM D استفاده شد.

برای اندازه‌گیری استحکام کششی مطابق با استاندارد ۶۳۸ ASTM D دستگاه Instron مدل ۶۰۲۵ بکر برده شد و آزمایش ضربه مطابق با استاندارد ASTM D256 و با استفاده از دستگاه روتیک مدل ۵۱۰۲ انجام شد. مطالعه سطح شکست به کمک میکروسکوپ الکترون پوشی (SEM) مدل S۳۶۰ ساخت شرکت انگلیسی کمبریج انجام گرفت. همچنین، از دستگاه اکترودر ساخت شرکت Collin با  $\frac{L}{D} = 15$  و دستگاه تریق ساخت شرکت ایمن ماشین استفاده شد. تمام دستگاههای مورد استفاده در پژوهشگاه پلیمر ایران موجود است.

#### روش آماده‌سازی آلیاژها

برای انجام مطالعات موردنظر، به عنوان مثالی کار یکت فرمولندی نوع صنعتی PVC با نسبت وزنی DOP ۳۴ phr، PVC ۱۰۰ phr، ABS ۱۷ درصد، پلی‌بوتادیان با نام تجاری Mwon ۷۵۰ ساخت کشور کره، NBR دارای ۳۴ درصد آکریلونیتریل با گراروی مونی ۴۵ ساخت ایتالیا با نام تجاری Europrene N3345 دی اکتیل فالات (DOP) با ضریب شکست ۱/۴۶، محصول صنایع شیمیایی قاری- و پایدار کننده Ba/Zn محصول شرکت هوست آلمان و استاریک اسید صنعتی استفاده شد.

برای ساخت نمونه‌ها، ابتدا کلیه مواد طبق فرمولندی موردنظر در یکت بشر توزین و به صورت دستی تا حد امکان مخلوط شدند. سپس، مخلوط این مواد به درون مخلوط‌کن داخلی منتقل شد و اختلاط در دمای ۱۶۰ °C و با سرعت ۶۰ rpm انجام گرفت. زمان اختلاط برای تمام نمونه‌ها بطور یکسان ۶ دقیقه در نظر گرفته شد. مقدار گشاور در

نرم‌کننده دائم برای PVC است و همچنین بعنوان یکت سازگار کننده عمل می‌کند [۳]. از این آلیاژ برای ساخت قسمت جلوی کنسول خودرو استفاده می‌شود که در اثر تابش آفتاب و به مرور زمان به علت تخریب DOP ترک برمی‌دارد. برای رفع این مشکل و حذف مفاداری از DOP، NBR بکار گرفته شد.

در این پژوهش، خواص فیزیکی و مکانیکی رفتار گرمایی و شکل‌شناسی آلیاژ PVC/ABS/NBR مطالعه و گزارش شده است.

#### تجربی

##### مواد

برای ساخت آلیاژها از PVC نوع تعلیقی با مقدار K برابر ۶۵ محصول پتروشیمی بندر امام و گرانون PVC دارای ۳۴ درصد DOP ساخت شرکت گرانون قزوین، ABS دارای ۱۷ درصد پلی‌بوتادیان با نام تجاری Mwon ۷۵۰ ساخت کشور کره، NBR دارای ۳۴ درصد آکریلونیتریل با گراروی مونی ۴۵ ساخت ایتالیا با نام تجاری Europrene N3345 دی اکتیل فالات (DOP) با ضریب شکست ۱/۴۶، محصول صنایع شیمیایی قاری- و پایدار کننده Ba/Zn محصول شرکت هوست آلمان و استاریک اسید صنعتی استفاده شد.

##### دستگاهها

برای اختلاط مواد از مخلوط‌کن داخلی هکه مدل ۹۰ HBI system استفاده شد. برای بررسی رفتار گرمایی آلیاژها از دستگاههای DMTA

شماره نمونه	استحکام کششی در نقطه شکست (MPa)	ازدیاد طول در نقطه شکست (%)	مدول (MPa)
۱	۲۱/۲	۱۳۳/۵	۴۹۸/۷
۲	۳۰/۷	۱۲۱/۳	۶۰۵/۰
۳	۳۱/۴	۹۱/۲	۸۶۶/۴

شماره نمونه	استحکام کششی در نقطه شکست (MPa)	ازدیاد طول در نقطه شکست (%)	مدول (MPa)
۴	۲۲/۱	۲۱۲/۱	۴۰۵/۵
۵	۲۰	۲۶۶/۸	۱۶۵/۲
۶	۱۶/۸	۳۰۹/۳	۱۲۱/۳

اکثر نمونه‌ها در حدود دقیقه چهارم به مقدار ثابتی می‌رسید. بنابراین در ۲ دقیقه بعدی اختلاط در مقدار گشاور ثابت انجام شد که نشان دهنده اختلاط خوب و بدست آمدن نمونه‌های همگن است.  
 برای ساخت آلیاژ PVC/ABS/NBR نیز دقیقاً از این روش استفاده شد.

#### نتایج و بحث

##### خواص مکانیکی

همان گونه که در جدول ۱ دیده می‌شود، خواص بهینه برای آلیاژ PVC/ABS در ترکیب نسبت ۶۰/۴۰ بدست می‌آید. بنابراین، برای ساخت آلیاژ سه‌تایی PVC/ABS/NBR از این ترکیب درصد استفاده شد. دو مجموعه آزمایش انجام شد. بدین صورت که با پودر PVC و در دستگاه مخلوط‌کن داخلی شکه ۶ نمونه با NBR گرانول شده، تهیه گردید. در مجموعه اول، میزان NBR ثابت و ۲۰ درصد در نظر گرفته شد و مقدار DOP به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد منظور شد. در مجموعه دوم، مقدار DOP ثابت و ۳۴ درصد و میزان NBR به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد در نظر گرفته شد و نمونه‌ها به ترتیب از شماره ۱ تا ۶ نامگذاری شدند. سپس، از ورقه‌های با ضخامت ۰/۸ mm دملهای کوچک تهیه و مورد آزمایش کشش با سرعت ۵۰ mm/min قرار گرفت. نتایج در جدول ۲ ارائه داده شده است.

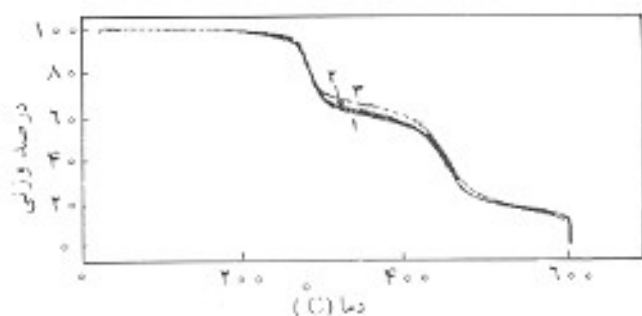
همان گونه که مشاهده می‌شود، با کاهش DOP استحکام کششی در نقطه شکست افزایش و ازدیاد طول در نقطه شکست کاهش می‌یابد، زیرا با کاهش مقدار DOP ماده سخت‌تر می‌شود و مسلماً عریجه DOP

کمتر شود میزان مدول نیز بیشتر خواهد شد. نمونه شماره ۲ از نمونه‌های دیگر بهتر است و اگر نتایج با نمونه ۴ (درصد بهینه) در جدول ۱ مقایسه شود، ملاحظه می‌شود که با کاهش DOP تا حدود ۲۰ درصد و افزایش NBR تا ۲۰ درصد به آمیزه، استحکام کششی افزایش می‌یابد و چندان افت خواص مشاهده نمی‌شود. نتایج آزمایش کشش برای سه نمونه دوم در جدول ۳ ارائه شده است.

همان گونه که دیده می‌شود، با افزایش NBR میزان استحکام کششی در نقطه شکست کاهش و ازدیاد طول در نقطه شکست افزایش می‌یابد. چون با افزایش NBR آلیاژ نرم‌تر می‌شود و مدول نیز

جدول ۲ - نتایج آزمایش کشش برای درصد بهینه شامل مقادیر مختلف NBR.

شماره نمونه	استحکام کششی در نقطه تسلیم (MPa)	ازدیاد طول در نقطه تسلیم (%)	مدول (MPa)
E <sub>۱</sub>	۱۲/۷	۷/۳	۵۱۶/۱
E <sub>۲</sub>	۹/۱	۶۰/۶	۲۸۳/۳
E <sub>۳</sub>	۵/۷	۱۰۸/۳	۱۱۲/۱
E <sub>۴</sub>	۱۳/۲	۶/۵	۵۳۱/۱
E <sub>۵</sub>	۱۰/۳	۵۶/۴	۲۹۱/۴
E <sub>۶</sub>	۶/۶	۸۵/۹	۱۵۲/۵



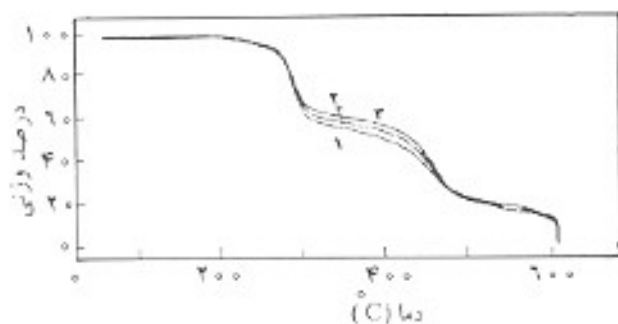
شکل ۲- منحنی افت جرمی برای سه آلیاژ PVC/ABS/NBR با نسبت ۶۰/۴۰/۲۰ با مقادیر متغیر DOP: (۱) ۲۰ درصد، (۲) ۱۰ درصد و (۳) ۰ درصد.

چون هر چه مقدار لاستیک زیاد می‌شود، ماده نرم‌تر شده و ازدیاد طول بیشتری نشان می‌دهد و در نتیجه مدول کمتری خواهد داشت. هنگامی که اکستروژن دوبار انجام می‌شود، اختلاط بهتری صورت می‌گیرد و استحکام کششی بیشتر، ازدیاد طول کمتر و مدول بیشتر می‌شود.

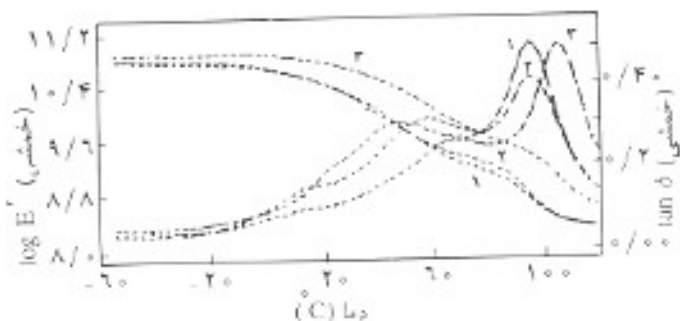
نمونه‌های شکافدار تحت آزمایش ضربه فرار گرفتند. نمونه‌های E<sub>۱</sub> و E<sub>۲</sub> شکستگی جرمی داشتند، ولی نمونه E شامل ۲۰ درصد لاستیک عدم شکستگی نشان می‌دهد. بنابراین، می‌توان گفت بهترین ترکیب درصد آلیاژ سه‌تایی PVC/ABS/NBR ۶۰/۴۰/۲۰ است.

#### رفتار گرمایی

برای بررسی رفتار گرمایی از روش DMTA استفاده شد. با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که دو دمای انتقال شیشه‌ای مشاهده می‌شود که یکی مربوط به فاز SAN از ABS و دیگری مربوط به فاز PVC-NBR



شکل ۴- منحنی افت جرمی برای سه آلیاژ PVC/ABS/NBR با DOP ۳۴ درصد و مقادیر مختلف NBR: (۱) نمونه ۴ با نسبت ۶۰/۴۰/۱۰، (۲) نمونه ۵ با نسبت ۶۰/۴۰/۲۰ و (۳) نمونه ۶ با نسبت ۶۰/۴۰/۳۰.

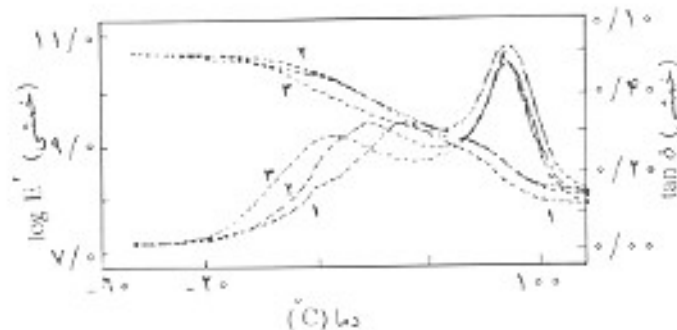


شکل ۱- منحنی Tan delta و مدول E' برای سه آلیاژ PVC/ABS/NBR با نسبت ۶۰/۴۰/۲۰ با مقادیر متغیر DOP: (۱) ۲۰ درصد، (۲) ۱۰ درصد و (۳) ۰ درصد.

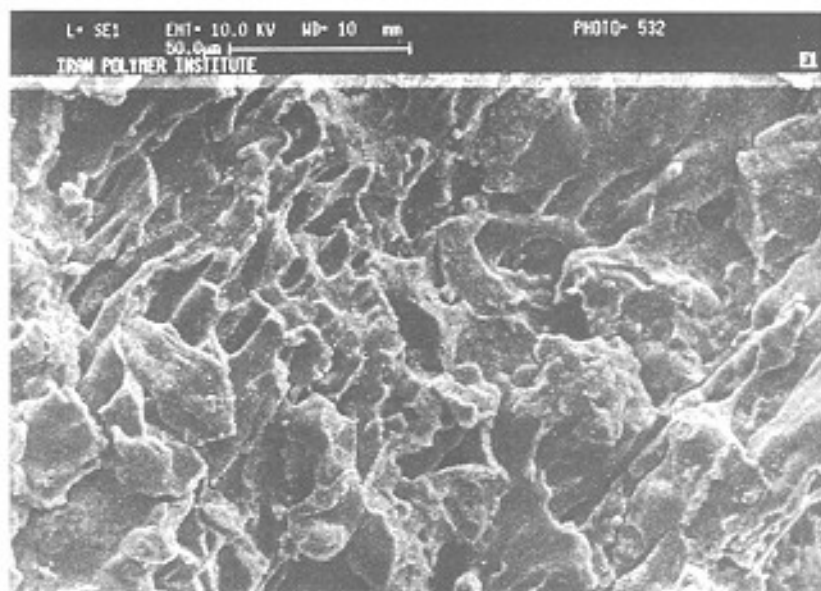
کمتر می‌شود. نمونه‌های شکافدار از آلیاژ یاد شده تهیه و مورد آزمایش ضربه قرار گرفتند. هیچ یک از نمونه‌ها شکسته نشدند و این حاکی از مقاومت در برابر ضربه زیاد است.

در مرحله دوم آزمایشها، درصد بیپه ۶۰/۴۰ PVC/ABS با گرانول PVC و مقادیر ۱۰، ۲۰، ۳۰ درصد NBR ساخته شد و دوبار عمل اکستروژن انجام شد. در مرحله نخست با ۵۰ rpm و در مرحله دوم با ۶۰ rpm اختلاط صورت گرفت. دمای نواحی مختلف به ترتیب ۱۶۵، ۱۷۱، ۱۷۱، ۱۷۱، ۱۷۴ و ۱۷۶°C بود. بعد از عمل اکستروژن تریق صورت گرفت. سپس، نمونه‌ها تحت آزمایش کشش قرار گرفتند که نتایج اندازه‌گیری در جدول ۴ آمده است.

اشاره می‌شود که E<sub>۱</sub>، E<sub>۲</sub> و E<sub>۳</sub> نمونه‌های ۱ و ۲ و ۳ یکبار اکستروژن شده و E<sub>۱۱</sub>، E<sub>۲۲</sub> و E<sub>۳۳</sub> نمونه‌های ۱ و ۲ و ۳ دوبار اکستروژن شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش میزان NBR استحکام کششی در نقطه تسلیم کاهش و ازدیاد طول افزایش می‌یابد،



شکل ۲- منحنی Tan delta و مدول E' برای سه آلیاژ PVC/ABS/NBR با DOP ۳۴ درصد: (۱) نمونه ۴ با نسبت ۶۰/۴۰/۱۰، (۲) نمونه ۵ با نسبت ۶۰/۴۰/۲۰ و (۳) نمونه ۶ با نسبت ۶۰/۴۰/۳۰.

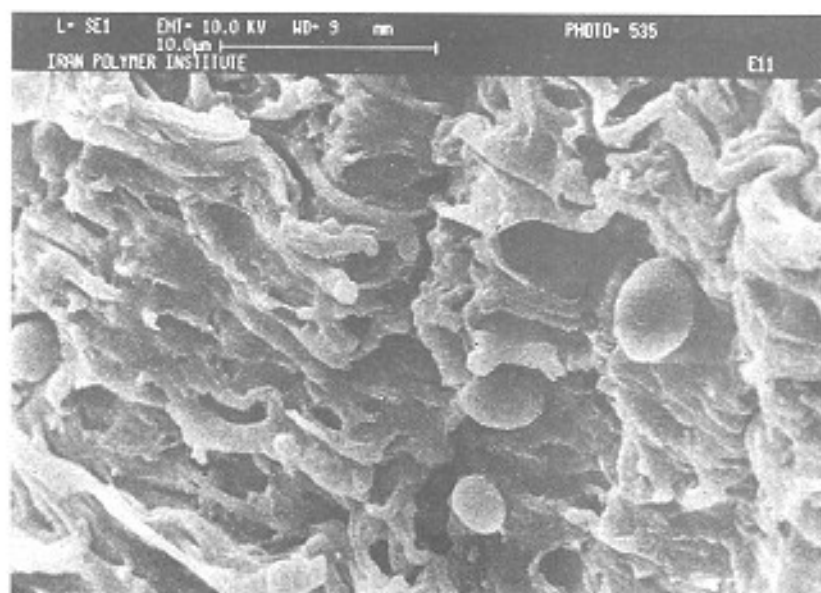


شکل ۵- سطح شکست آلیاژ ۶۰/۴۰/۱۰ PVC/ABS/NBR یکبار اکستروود شده با بزرگنمایی ۵۰۰.

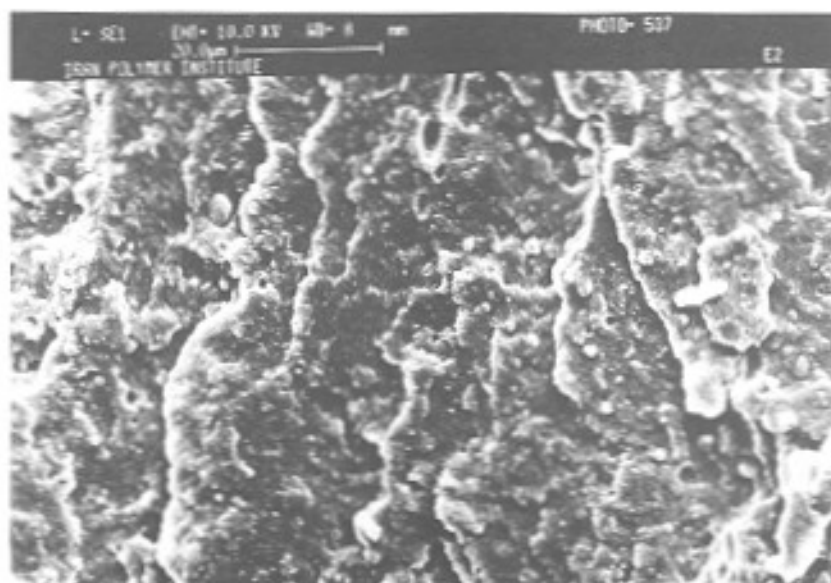
درصد DOP نسبت به ۲۰ درصد آن زیاد نیست. بنابراین، بنظر می‌رسد نمونه شماره ۲ که DOP کمتری دارد بهتر است. در آلیاژهایی که میزان DOP ثابت و مقدار NBR متغیر است، دیده می‌شود که با افزایش NBR دمای انتقال شیشه‌ای فاز PVC-NBR کم می‌شود که این مربوط به وجود NBR بیشتر در آلیاژ است. همچنین، با افزایش میزان NBR مدول پایینتر می‌آید (شکل ۲).

است. چون PVC و NBR کاملاً با یکدیگر سازگارند و یک فاز را تشکیل می‌دهند، با کاهش میزان DOP دمای انتقال شیشه‌ای به سمت دماهای بالاتر جابه‌جا می‌شود، چون با کاهش DOP ماده سخت‌تر و سف‌تر می‌شود.

این موضوع در مورد منحنی مدول نیز صدق می‌کند. با کاهش DOP میزان مدول بیشتر می‌شود، ولی تغییرات مدول  $E'$  در ۱۰



شکل ۶- سطح شکست آلیاژ ۶۰/۴۰/۱۰ PVC/ABS/NBR دوبار اکستروود شده با بزرگنمایی ۳۰۰۰.



شکل ۷- سطح شکست آلیاز ۶۰/۴۰/۲۰ PVC/ABS/NBR یکبار اکستروود شده با بزرگنمایی ۸۰۰۰.

کاهش می‌یابد. بنابراین، با افزایش NBR تخریب دیرتر صورت می‌گیرد (شکل ۴).

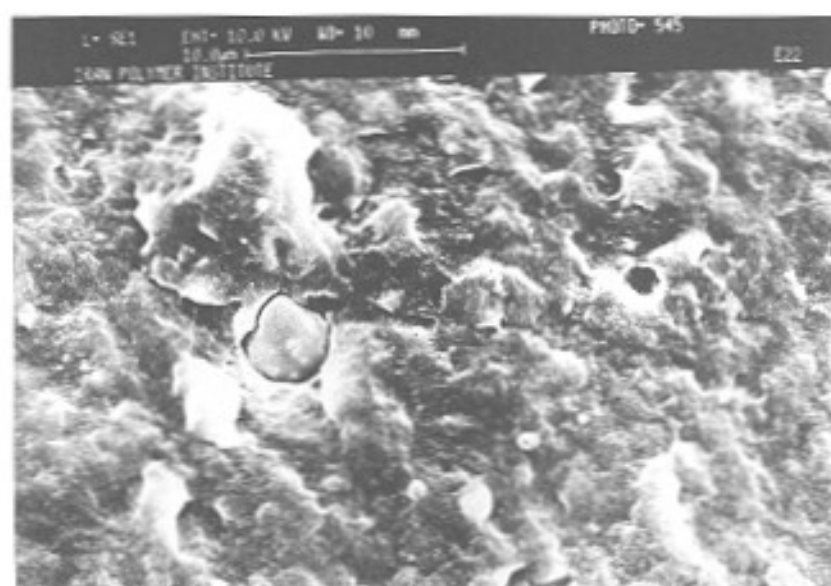
با توجه به نتایج بالا می‌توان گفت بکاربردن NBR به عنوان نرم کننده نتیجه بهتری نسبت به DOP می‌دهد. علاوه بر این NBR خصوصیات بهتری به PVC می‌بخشد.

با توجه به قیمت بیشتر NBR استفاده از آن به عنوان جایگزین درست نیست. اما، همان طور که کاب، سن، دووال و مانور اظهار داشته‌اند [۴، ۷] جایگزینی قسمتی از آن باعث بهبود

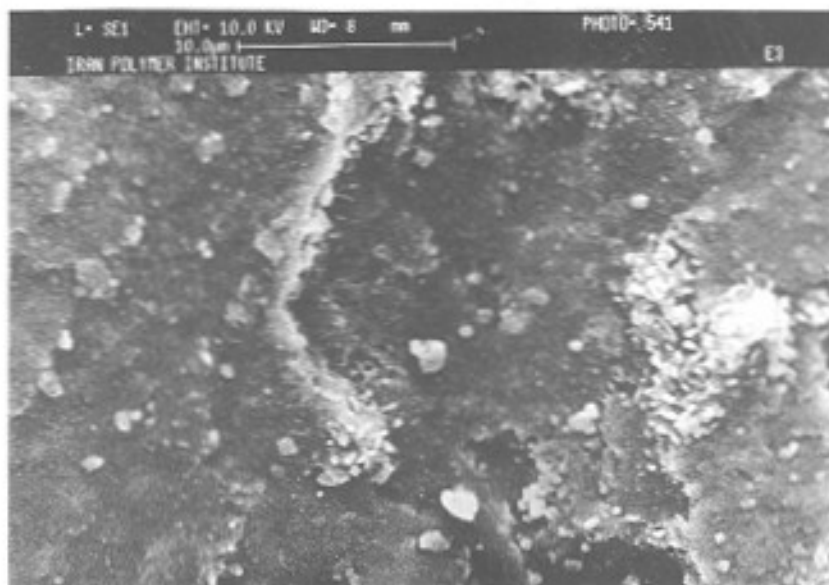
کاهش وزن در اثر حرما

در آلیازهایی که میزان NBR ثابت و مقدار DOP متغیر است، دیده می‌شود که با افزایش میزان DOP درصد افت جرم بیشتر است. بنابراین، DOP باعث می‌شود ماده بیشتر در معرض تخریب قرار گیرد. علت آن است که با افزایش DOP ماده نرم‌تر شده و در اثر گرم‌تر شدن تخریب می‌شود (شکل ۳).

در آلیازهایی که میزان DOP ثابت و مقدار NBR متغیر است، مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار NBR افت جرم در مرحله اول



شکل ۸- سطح شکست آلیاز ۶۰/۴۰/۲۰ PVC/ABS/NBR دوبار اکستروود شده با بزرگنمایی ۳۰۰۰.



شکل ۹- سطح شکست آلیاژ PVC/ABS/NBR: ۶۰/۴۰/۳۰ یکبار اکستروود شده با بزرگنمایی ۳۰۰۰.

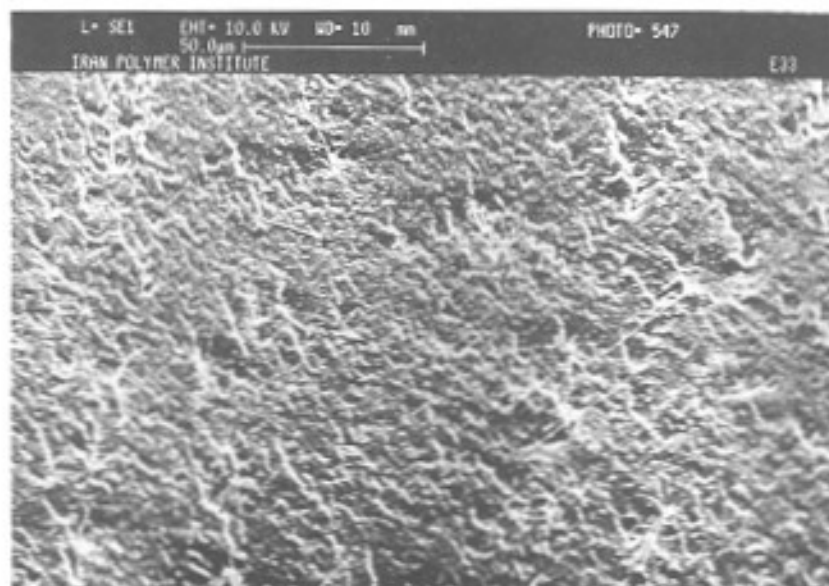
یک گرمی روده چون این دو سازگاری بسیار خوبی باهم دارند. همچنین، از NBR نیز به عنوان سازگارکننده استفاده می‌شود، چون آکریلونیتریل موجود در NBR با آکریلونیتریل ABS در هم نفوذ می‌کند و با هم سازگاری پیدا می‌کند.

سطح شکست آلیاژهای PVC/ABS/NBR به وسیله میکروسکوپ الکترون پویشی (SEM) بررسی شد. ریزنگارهای SEM در شکل‌های ۵ تا ۱۰ نشان داده شده است. شکل ۵ نشان می‌دهد که

خواص گرمایی و دوام محصول در برابر گرمایی شود و از سوی دیگر، سبب حفظ DOP در ماتریس و جلوگیری از مهاجرت آن می‌گردد.

اطلاعات میکروسکوپی

همان گونه که اشاره شده در آلیاژ سه تایی PVC/ABS/NBR، سیستم دو فاز است. بدین ترتیب که یک فاز مربوط به ABS و فاز دیگر PVC-NBR است. NBR به عنوان نرم کننده دائمی برای PVC



شکل ۱۰- سطح شکست آلیاژ PVC/ABS/NBR: ۶۰/۴۰/۳۰ دوبار اکستروود شده با بزرگنمایی ۵۰۰.

جدول ۵- نتایج آزمایش کشش در دمای  $100^{\circ}\text{C}$ .

مدول (MPa)	ازدیاد طول در نقطه شکست (%)	استحکام کششی در نقطه شکست (MPa)	نمونه
۰/۸	۲۰۷/۱	۰/۷	PVC/ABS/NBR ۶۰/۴۰/۲۰
۱/۲	۱۵۸/۱	۱/۲	PVC/ABS ۶۰/۴۰

جدول ۵ آمده است. همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود، نتایج قابل قبول است، آمیزه‌ها دارای نقطه تسلیم‌اند و مدول مناسبی برای شکل‌پذیری گرمایی دارند. ترون محاسبه کرده است که مدول کشش ماده شکل‌پذیر باید در محدوده  $7 \times 10^5 - 7 \times 10^6$  باشد [۹]. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که آلیاژ سه تایی PVC/ABS/NBR با نسبت ۶۰/۴۰/۲۰ قابلیت شکل‌پذیری گرمایی را دارد.

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آزمایشها، بهترین ترکیب درصد برای آلیاژ سه تایی PVC/ABS/NBR با پودر PVC نوع تعلیقی نسبت ۶۰/۴۰/۲۰ و با گرانول PVC دارای DOP ۳۴ درصد، نسبت ۶۰/۴۰/۲۰ است. لاستیک NBR خواص بهتری به آلیاژ می‌دهد و مقاومت در برابر ضربه را بالا می‌برد. نرم‌کنندگی DOP و NBR با یکدیگر فرق می‌کند و می‌توان NBR را جایگزین قسمتی از DOP کرد که بیشترین تریب از مهاجرت DOP به سطح جلوگیری می‌شود و مقاومت قطعه کاربردی افزایش می‌یابد. همچنین، افزودن NBR به آلیاژ سبب کاهش استحکام کششی، افزایش ازدیاد طول نهایی و کاهش مدول می‌شود.

### مراجع

1. Paul D. E., Barlow J. W., Keskkula H., In Mark H. F., Bikales N. M., Overberger C. G., Menges G. editors, *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering*, 12, John Wiley & Sons, 399-462, 1985.
2. Yokouchi M., Seto S. and Kabayashi Y., Comparison of Polystyrene, Poly(Styrene/Acrylonitrile), High-impact Poly(Styrene and Poly (Acrylonitrile/ Butadiene/styrene) with Respect to Tensile and Impact Properties; *J. Appl. Polym. Sci.*; **28**, 2209, 1983.
3. Konrad E. K.; *Gummi-Ztg. Jubilee*; 12, 1936.
4. Cobb L. A. and Stockdale M. K.; *Plast. Compound*; July-Aug, 1988.
5. Sen A. K. and Mukherjee G. S., Studies on the Thermodynamic Compatibility of Blends of Poly(Vinyl Chloride) and Nitrile Rubber; *Polymer*, 34, 11, 2386-91,

شکل‌شناسی به صورت دو قازی پیوسته است. همچنین، تجمع ذرات در آن دیده می‌شود و ذرات NBR در فاز PVC مشاهده می‌گردد.

شکل ۶ نشان‌دهنده دو فاز پیوسته یکپوخت است که موید اختلاط بهتر است. شکل ۷ دو قازی بودن را کاملاً نشان می‌دهد و ذرات در آن نسبتاً ریزند. شکل ۸ تقریباً به یک فاز شدن نزدیکتر است، ولی کاملاً یک فاز نیست و هنوز ذرات ABS در PVC دیده می‌شود که نسبتاً کم‌اند و علت آن دوبار اکستروژن شدن و اختلاط بهتر است. شکل ۹ شکل‌شناسی دو قازی با توزیع نامناسب است. شکل ۱۰ با توجه به افزایش NBR و کاهش سازگاری باز هم شکل‌شناسی دو قازی دیده می‌شود.

با توجه به نتایج بالا، بهترین نسبت برای آلیاژ سه تایی، نسبت PVC/ABS/NBR: ۶۰/۴۰/۲۰، یعنی نمونه E است که قبلاً نیز به آن اشاره شد.

### بررسی شکل‌پذیری گرمایی آلیاژ PVC/ABS/NBR

یکی از روشهای جدید برای شکل‌دادن مواد پلاستیکی گرماشکل‌دهی است که دمای شکل‌پذیری گرمایی بالای نقطه نرمی است. یک ماده شکل‌پذیر گرمایی نیاز به یک جزء کاملاً گرانول دارد تا جریان‌یابی را برای ماده زیر کشش ممکن سازد و به هنگام قالبگیری بخوبی شکل گیرد. همچنین، یک جزء کشش لازم است تا در غیاب تنش در مقابل جریان مقاومت کند. آزمونهای کشش داغ (hot tensile tests) میزان شکل‌پذیری گرمایی را مشخص می‌کند. در شکل‌پذیری گرمایی تسلیم خیلی مهم است. در این قسمت است که بهترین شرایط شکل‌دهی وجود دارد [۸]. عواملی که روی شکل‌پذیری گرمایی مؤثرند عبارتند از: طراحی قطعه، طراحی قالب، روش گرمادهی، خواص ماده و اکستروژن [۹]. برای بررسی قابلیت شکل‌پذیری گرمایی آلیاژ PVC/ABS/NBR، بهترین ترکیب درصد در نظر گرفته شد، یعنی PVC/ABS: ۶۰/۴۰ و PVC/ABS/NBR: ۶۰/۴۰/۲۰ که با گرانول PVC در دستگاه هگک تهیه شد سپس با استفاده از پرس، ورقه‌هایی با ضخامت ۰/۸ mm تهیه و دریل مربوط آماده شد که مورد آزمایش کشش با سرعت ۵۰ mm/min و دمای  $100^{\circ}\text{C}$  قرار گرفت. نتایج در



ساخت آلیاژ PVC/ABS/NBR و بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی، رفتار...

8. Macaukey N. J., Harkin-Jones E. M. A., and Murphy W. R., Method of assessing Thermoformability of Extruded Polypropylene Sheet; *Plastics Rubber and Composites Processing and Applications*, **26**, 4, 165-171, 1997.
9. Hylton D., Laboratory Techniques for Predicting Material Thermoformability: A Review; *ANTEC'91*, 580-88, 1991.

1993.

6. Duval G. R. and Milner P. W.; *Technical Report*; European Technical Center, Good Year, France, 1989.
7. Manoj N. R. and De P.P., Hot Air and Fuel Ageing of Poly(vinyl Chloride)/Nitrile Rubber and Poly(Vinyl Chloride)/Hydrogenated Nitrile Rubber Blends; *Polym. Deg. Stab*; **44**, 43-7; 1994.