Archive of SID

ساخت آلیاژ PVC/ABS/NBR و بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی، رفتارگرمایی 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 محرابزاده

تهران، پژوهشگاه پلیمر ایران، صندوق پستی ۱۱۹۶۵/۱۱۵

دریافت: ۷۹/۹/۲۷، پذیرش: ۸۰/۱/۲۲

چکیده

در این پژوهش ساخت آلیاژ سه‌تایی PVC/ABS/NBR و خواص فیزیکی و مکانیکی، رفتار گرمایی و شکل‌شناسی آن بررسی شده است. ابتدا، آلیاژ PVC/ABS با پودر PVC نوع S در نسبتهای مختلف ساخته و خواص آن بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که بهترین خواص در ترکیب نسبت ۴۰/۶۰ از PVC/ABS بدست می‌آید. برای جایگزین کردن NBR با قسمتی از DOP و رفع مشکل مهاجرت به سطح، آلیاژ سه‌تایی 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 سه‌تایی از درصد بهینه ۴۰/۶۰ PVC/ABS استفاده شد. بهترین نتایج در ترکیب نسبت ۹۰ درصد NBR با پودر PVC و ۲۰ درصد NBR با گرانول PVC دارای ۳۶ درصد DOP بدست آمد که هم از نظر مقاومت در برابر ضربه و هم خواص کشسانی 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

پلیمرهایی که مقاومت در برابر ضربه کمی دارند با افزودن مواد با نرم کننده‌های لاستیکی اصلاح می‌شوند. پلی‌وینیل کلرید، PVC، مقاومت در برابر ضربه کم و فرایندپذیری صعبی دارد که با افزودن آکریلونیتریل بوتادی‌ان‌استیرن، 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 لاستیک‌اند 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 رزین 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 پلی‌بوتادی‌ان 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

* عهده‌دار مکاتبات: H.Honarkar@proxy.ipi.ac.ir

www.SID.ir

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

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 (J/m)
۱	۱۰۰	۰	۳۴	۱۸/۲	۲۶۹/۱	۳۷	۳۲/۶	کاملاشکسته نشد
۲	۹۰	۱۰	۳۴	۲۰/۲	۱۸۷/۸	۵۰	۱۲۴/۳	کاملاشکسته نشد
۳	۸۰	۲۰	۳۴	۲۱/۲	۱۶۶	۵۵	۲۷۱/۷	کاملاشکسته نشد
۴	۶۰	۴۰	۳۴	۲۳/۲	۱۶۲/۶	۶۵	۸۶۸/۹	۱۰۸۵/۴
۵	۵۰	۵۰	۳۴	۲۸/۱	۴/۹	۷۰	۸۷۵/۷	۳۷۹/۸
۶	۴۰	۶۰	۳۴	۳۱/۸	۴/۸	۷۵	۸۹۳/۳	۲۸۱/۰
۷	۲۰	۸۰	۳۴	۳۲/۷	۴/۷	۷۸	۹۰۶/۵	۲۷۳/۸
۸	۱۰	۹۰	۳۴	۳۵/۵	۴/۶	۸۰	۹۲۲/۹	۲۳۲/۴
۹	۰	۱۰۰	-	۳۵/۷	۴/۳	۸۳	۹۴۸/۶	۲۱۸/۰

Archive of SID

نرم‌کننده دائم برای PVC است وهمچنین بعنوان یک 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 تبخیر DOP ترک برمی‌دارد. برای رفع این مشکل و حذف مقداری 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 گرانول PVC دارای ۳۴ درصد DOP ساخت شرکت گرانول قزوین، ABS دارای ۱۷ درصد پلی‌بوتادی‌ان با نام تجاری Mwon ۷۵۰ ساخت کشور کره، NBR دارای ۳۴ درصد آکریلونیتریل با گرانروی مونی ۴۵ ساخت ایتالیا با نام تجاری Europrene N3345، دی اکتیل فتالات (DOP) با ضریب شکست ۱/۴۶، محصول صنایع شیمیایی قزایی، و پایدار کننده Ba/Zn محصول شرکت هوخست آلمان و استاریک اسید صنعتی استفاده شد.

دستگاهها

برای اختلاط مواد از مخلوط کن داخلی هکه مدل HBI system ۹۰ استفاده شد. برای بررسی رفتار گرمایی آلیاژها از دستگاههای DMTA و DSC-TG مدل STA ۶۲۵ ساخت شرکت انگلیسی پلیمرلاب و برای اندازه‌گیری سختی از سختی‌سنج ساخت شرکت آلمانی زوئیک مطابق استاندارد ASTM D ۲۲۴۰-۷۵ استفاده شد.

برای اندازه‌گیری استحکام کششی مطابق با استاندارد ASTM D ۶۳۸ دستگاه Instron مدل ۶۰۲۵ بکار برده شد و آزمایش ضربه مطابق با استاندارد ASTM D۲۵۶ و با استفاده از دستگاه زوئیک مدل ۵۱۰۲ انجام شد. مطالعه سطح شکست به کمک میکروسکوپ الکترون پویشی (SEM) مدل S ۳۶۰ ساخت شرکت انگلیسی کمبریج انجام گرفت. همچنین، از دستگاه اکسترودر ساخت شرکت Collin با $\frac{L}{D}$ = ۱۵ و دستگاه تزریق 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 مبنای کار یک فرمولبندی نوع صنعتی PVC با نسبت وزنی ۱۰۰ phr PVC، ۳۴ phr DOP، ۲/۵ phr Ba/Zn و ۰/۴ phr استاریک‌اسید در نظر گرفته شد. نمونه‌های آزمایشی با افزودن ABS به نسبتهای مختلف به شرح جدول ۱ ساخته و آزمایش شدند.

برای ساخت نمونه‌ها، ابتدا کلیه مواد طبق فرمولبندی موردنظر در یک بشر توزین و به صورت دستی تا حد امکان مخلوط شدند. سپس، مخلوط این مواد به درون مخلوط کن 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 درنظر گرفته شد. مقدار گشتاور در

www.SID.ir

جدول ۲- نتایج آزمایش کشش برای سه نمونه اول.

شماره نمونه	استحکام کششی در نقطه شکست (MPa)	ازدیاد طول در نقطه شکست(٪)	مدول (MPa)
۱ ٪۲۰ NBR ٪۲۰ DOP	۲۱/۲	۱۳۳/۵	۴۹۸/۷
۲ ٪۲۰ NBR ٪۱۰ DOP	۳۰/۷	۱۲۱/۳	۶۰۵/۰
۳ ٪۲۰ NBR ٪۰ DOP	۳۱/۴	۹۱/۲	۸۶۶/۴

اکثر نمونه‌ها در حدود دقیقه چهارم به مقدار ثابتی می‌رسید. بنابراین در ۲ دقیقه بعدی اختلاط در مقدار گشتاور ثابت انجام شد که نشان دهنده اختلاط خوب و بدست آمدن نمونه‌های همگن است.

برای ساخت آلیاژ PVC/ABS/NBR نیز دقیقا 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 هکه ۶ نمونه با NBR گرانول شده، تهیه گردید. در مجموعه اول، میزان NBR ثابت و ۲۰ درصد درنظر گرفته شد و مقدار DOP به ترتیب ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد منظور شد. در مجموعه دوم، مقدار DOP ثابت و ۳۴ درصد و میزان NBR به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد درنظر گرفته شد و نمونه‌ها به ترتیب از شماره ۱ تا ۶ نامگذاری شدند. سپس، از ورقه‌های باضخامت ۰/۸ mm دمبلهای کوچک تهیه و مورد آزمایش کشش با سرعت ۵۰ mm/min قرار گرفت. نتایج در جدول ۲ ارائه داده شده است.

همان‌گونه 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 مسلما هرچه DOP

۳- نتایج آزمایش کشش برای سه نمونه دوم.

شماره نمونه	استحکام کششی در نقطه شکست (MPa)	ازدیاد طول در نقطه‌شکست(٪)	مدول (MPa)
۴ ٪۳۴ DOP ٪۱۰ NBR	۲۲/۱	۲۱۲/۱	۴۰۵/۵
۵ ٪۳۴ DOP ٪۲۰ NBR	۲۰	۲۶۶/۸	۱۶۵/۲
۶ ٪۳۴ DOP ٪۳۰ NBR	۱۶/۸	۳۰۹/۳	۱۲۱/۳

Archive of SID

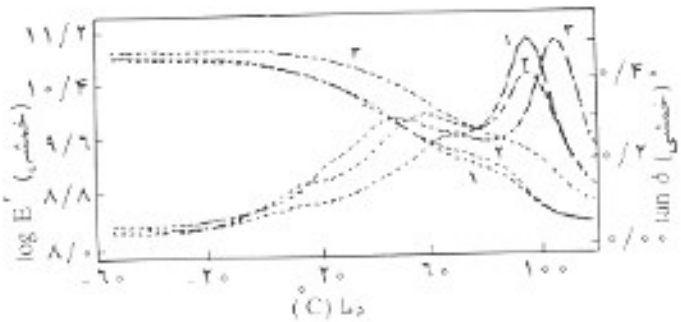
کمتر شود میزان مدول نیز بیشتر خواهد شد. نمونه شماره ۲ از نمونه‌های دیگر بهتر است و اگر نتایج با نمونه ۴ (درصد بهینه) در جدول ۱ مقایسه شود، ملاحظه می‌شود که با کاهش DOP تا حدود ۲۰ درصد و افزایش NBR تا ۲۰ درصد به آمیزه، استحکام کششی افزایش می‌یابد و چندان افت خواص مشاهده نمی‌شود. نتایج آزمایش کشش برای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

همان‌گونه 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 ۴- 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_1 NBR ٪۱۰	۱۲/۷	۷/۳	۵۱۹/۱
E_2 NBR ٪۲۰	۹/۱	۶۰/۶	۲۸۳/۳
E_3 NBR ٪۳۰	۵/۷	۱۰۸/۳	۱۱۲/۱
E_{11} NBR ٪۱۰	۱۳/۲	۶/۵	۵۳۱/۱
E_{22} NBR ٪۲۰	۱۰/۳	۵۶/۴	۲۹۱/۴
E_{33} NBR ٪۳۰	۶/۶	۸۵/۹	۱۵۲/۵

www.SID.ir

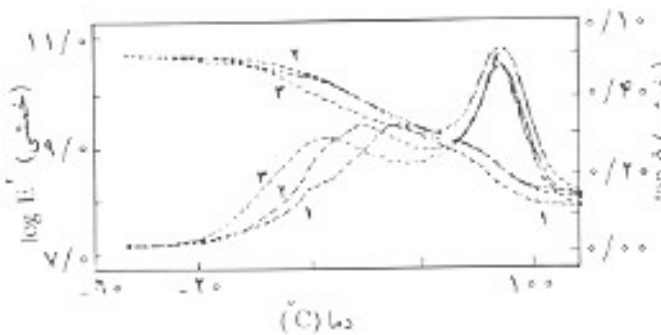


شکل ۱ ـ منحنی Tan δ و مدول E' برای سه آلیاژ PVC/ABS/NBR با نسبت ۶۰/۴۰/۲۰ با مقادیر متغیر DOP: (۱) ۲۰ درصد، (۲) ۱۰ درصد و (۳) ۰ درصد.

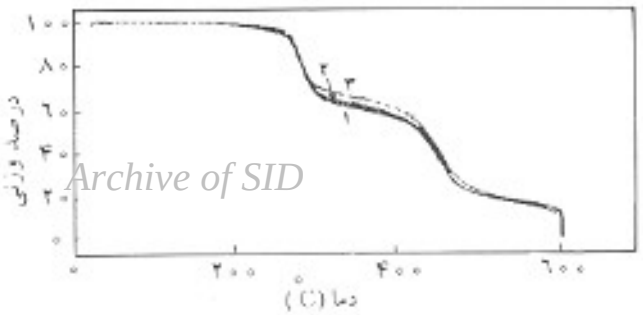
کمتر می‌شود. نمونه‌های شکافدار از ۶ آلیاژ یاد شده تهیه و مورد آزمایش ضربه قرار گرفتند. هیچ یک از نمونه‌ها شکسته نشدند و این‌حاکی از مقاومت در برابر ضربه زیاد است.

در مرحله دوم آزمایشها، درصد بهینه PVC/ABS:۶۰/۴۰ باگرانول 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 ۶۰rpm اختلاط صورت گرفت. دمای نواحی مختلف به ترتیب ۱۶۵، ۱۷۱، ۱۷۱، ۱۷۱، ۱۷۴ و ۱۷۶°C بود. بعد از عمل اکستروژن تزریق صورت گرفت. سپس، نمونه‌ها تحت آزمایش کشش قرار گرفتند که نتایج اندازه‌گیری در جدول ۴ آمده است.

اشاره می‌شود که E_1، E_2 و E_3 نمونه‌های ۱ و ۲ و ۳ یکبار اکسترود شده و E_{11}، E_{22} و E_{33} نمونه‌های ۱ و ۲ و ۳ دوبار اکسترود شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود، با افزایش میزان NBR استحکام کششی در نقطه تسلیم کاهش و ازدیاد طول افزایش می‌یابد،



شکل ۲ ـ منحنی Tan δ 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.



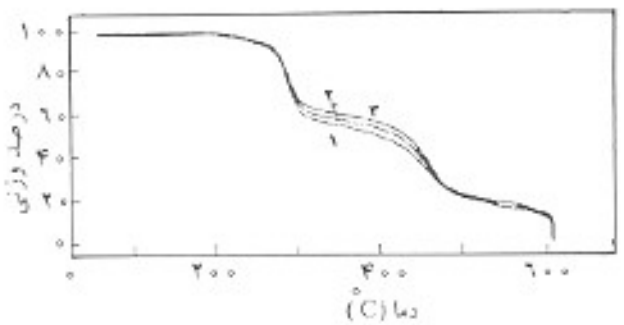
شکل ۳ ـ منحنی افت جرمی برای سه آلیاژ PVC/ABS/NBR با نسبت ۶۰/۴۰/۲۰ با مقادیر متغیر DOP: (۱) ۲۰ درصد، (۲) ۱۰ درصد و (۳) ۰ درصد.

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

نمونه‌های شکافدار تحت آزمایش ضربه قرار گرفتند. نمونه‌های E_1 و E_2 شکستگی جزئی داشتند، ولی نمونه E_3 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

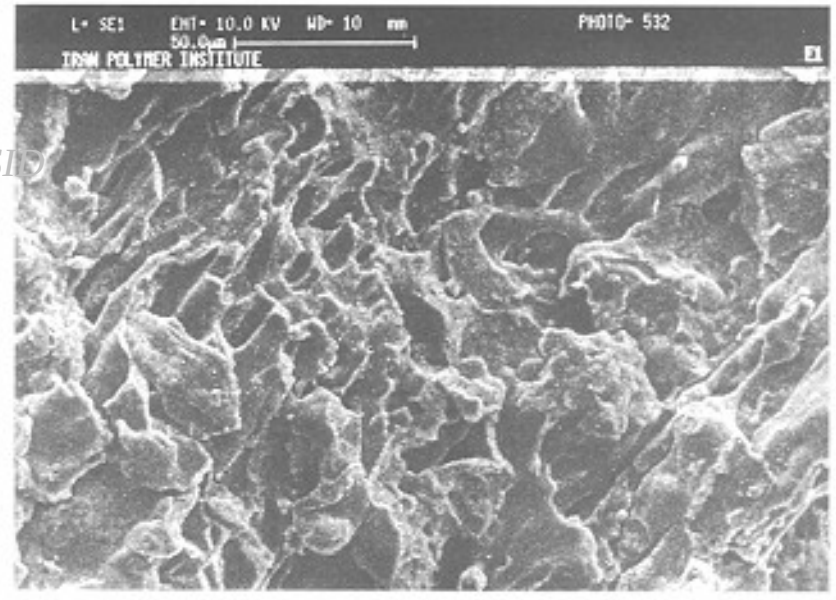
برای بررسی رفتار گرمایی از روش DMTA استفاده شد. با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که دو دمای انتقال شیشه‌ای مشاهده می‌شود که یکی مربوط به فاز SAN از ABS و دیگری مربوط به فاز PVC/NBR



شکل ۴ ـ 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.

Archive of SID

www.SID.ir

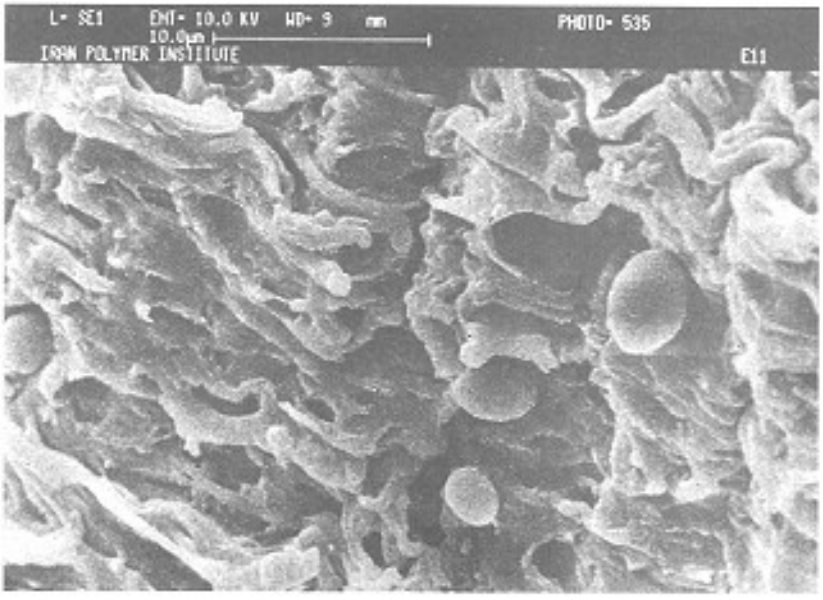


Archive of SID

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

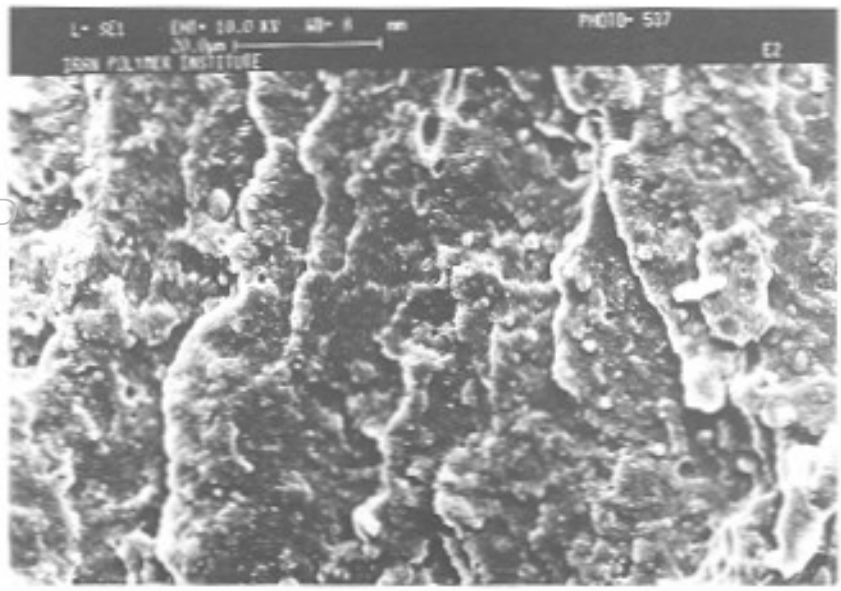
است. چون PVC و NBR کاملا با یکدیگر سازگارند و یک فاز را تشکیل می‌دهند، با کاهش میزان DOP دمای انتقال شیشه‌ای به سمت دماهای بالاتر جابه جا می‌شود، چون با کاهش DOP ماده سخت‌تر و سفت‌تر می‌شود.

این موضوع در مورد منحنی مدول نیز صدق می‌کند. با کاهش DOP میزان مدول بیشتر می‌شود، ولی تغییرات مدول E' در ۱۰ 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 آلیاژاست. همچنین، باافزایش میزان NBR مدول پایینتر می‌آید (شکل ۲).



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

www.SID.ir



Archive of SID

شکل ۷ـ سطح شکست آلیاژ ۲۰ / ۴۰ / ۶۰: PVC/ABS/NBR یکبار اکسترود شده با بزرگنمایی ۳۰۰۰.

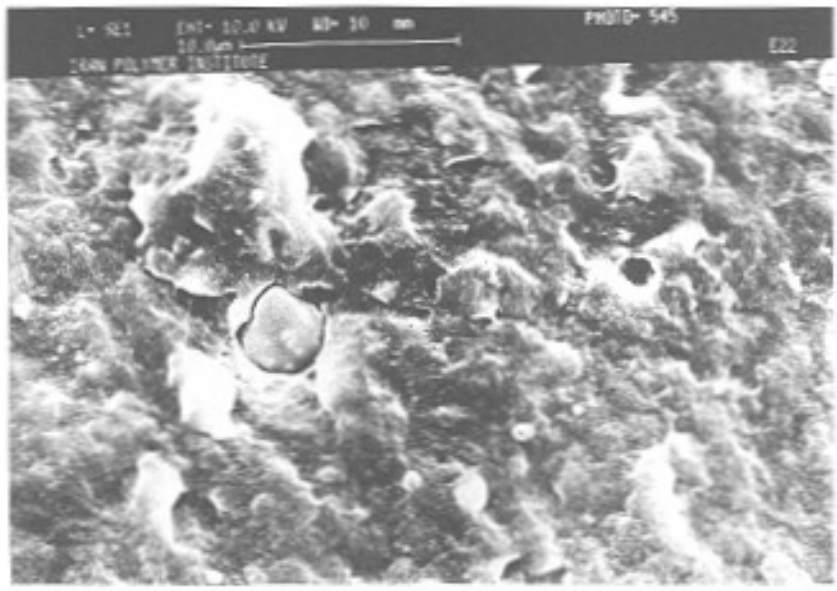
کاهش وزن در اوون گرما

در آلیاژهایی 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 اوون گرما زودتر تخریب می‌شود (شکل ۳).

در آلیاژهایی که میزان DOP ثابت و مقدار NBR متغیر است، مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار NBR افت جرم در مرحله اول کاهش می‌یابد. بنابراین، با افزایش NBR تخریب دیرتر صورت می‌گیرد (شکل ۴).

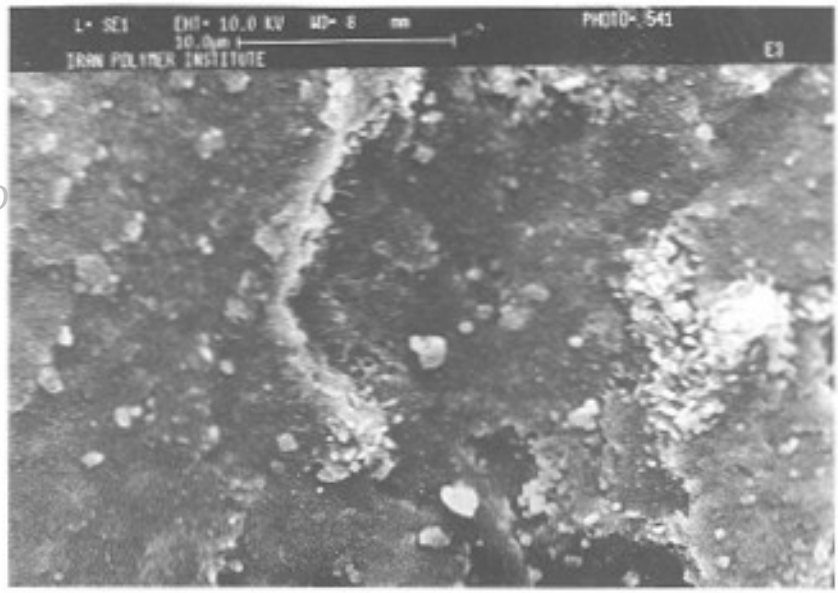
با توجه به نتایج بالا می‌توان گفت بکاربردن NBR به عنوان نرم کننده نتیجه بهتری نسبت به DOP می‌دهد. علاوه بر این NBR خصوصیات بهتری به PVC می‌بخشد.

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



شکل ۸ـ سطح شکست آلیاژ ۲۰ / ۴۰ / ۶۰: PVC/ABS/NBR دوبار اکسترود شده با بزرگنمایی ۳۰۰۰.

www.SID.ir



Archive of SID

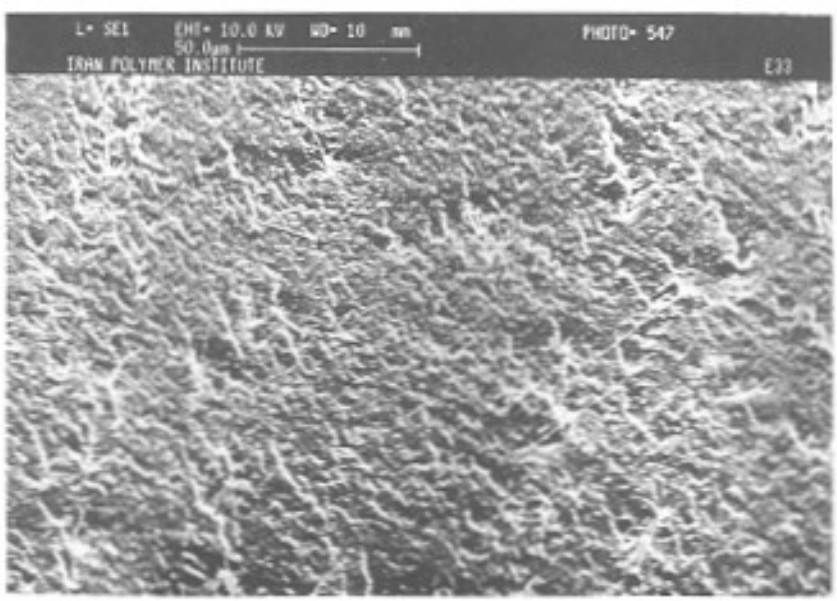
شکل ۹- سطح شکست آلیاژ PVC/ABS/NBR: ۶۰/۴۰/۳۰ یکبار اکسترود شده با بزرگنمایی ۳۰۰۰.

خواص گرمایی و دوام محصول در برابر گرما می‌شود و از سوی دیگر، سبب حفظ DOP در ماتریس و جلوگیری ازمهاجرت آن می‌گردد.

مطالعات میکروسکوپی

همان گونه که اشاره شده در آلیاژ سه‌تایی PVC/ABS/NBR، سیستم دو فازی است. بدین‌ترتیب که یک فاز مربوط به ABS و فاز دیگر PVC-NBR است. NBR به عنوان نرم کننده داخلی برای PVC بکارمی‌رود، 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 درهم نفوذ می‌کنند و با هم سازگاری پیدا می‌کنند.

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



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

www.SID.ir

جدول ۵ ـ نتایج آزمایش کشش در دمای ۱۰۰°C.

نمونه	استحکام کششی در نقطه شکست (MPa)	ازدیاد طول در نقطه شکست (٪)	مدول (MPa)
PVC/ABS/NBR ۶۰/۴۰/۲۰	۰/۷	۲۰۷/۱	۰/۸
PVC/ABS ۶۰/۴۰	۱/۲	۱۵۸/۱	۱/۳

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

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

با توجه به نتایج بالا، بهترین نسبت برای آلیاژ سه تایی، نسبت PVC/ABS/NBR:۶۰/۴۰/۲۰ یعنی نمونه E_4 است که قبلا نیز به آن اشاره شد.

بررسی شکل‌پذیری گرمایی آلیاژ PVC/ABS/NBR

یکی از روشهای جدید برای شکل‌دادن مواد پلاستیکی گرما شکل‌دهی است که دمای شکل‌پذیری گرمایی بالای نقطه نرمی است. یک ماده شکل‌پذیر گرمایی نیاز به یک جزء کاملا گرانرو دارد تا جریان‌پایی را برای ماده زیر کشش ممکن سازد و به هنگام قالبگیری بخوبی شکل گیرد. همچنین، یک جزء کشسان 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 موثرند عبارتند از: طراحی قطعه، طراحی قالب، روش گرمادهی، خواص ماده و اکسترودژن [۹].

برای بررسی قابلیت شکل‌پذیری گرمایی آلیاژ PVC/ABS/NBR بهترین ترکیب درصد درنظر گرفته شد، یعنی PVC/ABS:۶۰/۴۰ و PVC/ABS/NBR:۶۰/۴۰/۲۰ که با گرانول PVC در دستگاه هکه تهیه شد. سپس با استفاده از پرس، ورقه‌هایی با ضخامت ۰/۸ mm تهیه و دمبل مربوط آماده شد که مورد آزمایش کشش با سرعت ۵۰ mm/min و دمای ۱۰۰°C قرار گرفت. نتایج در 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 کشسان ماده شکل‌پذیر باید در محدوده P_a ^{5}۱۰×۷-۱۰×۷ باشد [۸]. 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 سه‌تایی PVC/ABS/NBR با پودر PVC نوع تعلیقی نسبت ۶۰/۴۰/۱۰ 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 بدین ترتیب 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/Acrylo nitrile), 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,

Archive of SID

www.SID.ir

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.

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.

www.SID.ir