

ساخت آلیاژ PVC/ABS و بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی، رفتار گرمایی و مورفولوژی آن

محمود محرابزاده

دانشیار

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، پژوهشکده فرایند، گروه پلاستیک

هنگامه هنرکار

دانشجوی کارشناس ارشد

چکیده

در این پژوهش، اصلاح خواص مکانیکی پلی‌وینیل کلراید (PVC) به وسیله تریپلر آکریلونیتریل- بوتادی-ان- استیرن (ABS) بررسی و مشخصات آلیاژهای حاصل از آنها مطالعه شده است. علاوه بر این، امتزاج پذیری، وزن سنجی در اثر گرما، خواص کششی و مورفولوژی آلیاژها بررسی شده‌اند. برای بررسی امتزاج پذیری دو پلیمر PVC و ABS از روش DMTA استفاده شده که برای هر آلیاژ دو دمای انتقال شیشه‌ای که به یکدیگر نزدیک شده‌اند مشاهده شده است که دلیل بر دو فازی بودن و امتزاج پذیری جزئی دو پلیمر است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مقدار ABS در آلیاژ PVC/ABS، استحکام کششی و مدول افزایش و ازدیاد طول نهایی کاهش می‌یابد. بهترین نتایج در ترکیب درصد ۶۰/۴۰ PVC/ABS به دست آمده است. زیرا در این ترکیب درصد آلیاژی با مدول بالا به همراه ازدیاد طول، استحکام کششی و سختی مناسب با مقاومت ضربه نسبتا بالا به دست می‌آید. با تغییر مقدار ABS در آلیاژ، اثر آن بر خواص مکانیکی، رفتار گرمایی و مورفولوژی بررسی و گزارش شده است.

کلمات کلیدی

آلیاژ پلیمر، پلی‌وینیل کلراید، آکریلونیتریل- بوتادی-ان- استیرن، امتزاج پذیری، مورفولوژی

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

H. Honarkar
Master of Science

M. Mehrabzadeh
Associate Professor

Iran Polymer and Petrochemical Institute,
Faculty of Processing, Department of Plastics

Abstract

In this research modification of mechanical properties of polyvinyl chloride (PVC) by acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) and characteristics of those blends were studied. Furthermore, miscibility, thermogravimetry, tensile properties and morphology of blends were investigated. In order to determine the miscibility of PVC and ABS, DMTA method was used which for any blend two glassy transition temperatures which approach together were observed that proves two phases and partially miscibility of two polymers. Results show that with increase in amount of ABS in PVC/ABS blend causes increment in tensile strength and modulus and decrease in elongation at break. Optimum results in ratio PVC/ABS:



60/40 is obtained. Because in this composition, the blend with high modulus and suitable elongation, tensile strength, hardness and relatively high impact strength is obtained. With varying the amount of ABS in blend, its effect on mechanical properties, thermal behavior and morphology is reported.

Key Words

polymer blend, polyvinyl chloride, acrylonitrile-butadiene-styrene, miscibility, morphology

مقدمه

پلیمرهایی که مقاومت ضربه پائینی دارند با افزودن مواد لاستیکی یا نرم کننده‌های رابری اصلاح می‌شوند. به نظر می‌رسد آلیاژسازی نسبت به ساخت پلیمرهای جدید راهی سریعتر و کم هزینه‌تر برای جواب گویی به تقاضای بازار باشد. بدون شک، موفقترین آلیاژهای پلیمری از نظر تجاری پلاستیک‌های چرم مانند (tough) شده با لاستیک‌اند که با تولید پلی‌استیرین با ضربه‌پذیری زیاد (HIPS) و آکریلونیتریل - بوتادی‌ان - استیرن (ABS) در اواخر دهه ۱۹۴۰ به بازار معرفی و عرضه شدند [۱]. آلیاژ PVC/ABS اولین بار در سال ۱۹۶۰ به شکل تجاری معرفی شد. این آلیاژ میکروهترورژن است که دارای یک ماتریس سخت با فاز نرم پراکنده است که به طور مکانیکی سازگار هستند. بدلیل سازگاری جزئی، آثار افزودنی‌ها که (تابع نسبت آلیاژ است) در مقاومت و مدول کششی، مقاومت و مدول خمشی و گرانش مشاهده می‌شود [۲].

یوکویوچی و همکارانش [۳] نشان داده‌اند که در ABS اجزاء شکننده و شیشه‌ای پلی‌استیرین و پلی‌آکریلونیتریل مقاومت کششی را بهبود می‌بخشند در حالی که پلی‌بوتادی‌ان در چرم ماندگی (toughness) شرکت می‌کند. خواص مکانیکی به نوع ABS بستگی دارد که آنهم مربوط به مقادیر مختلف پلی‌بوتادی‌ان است. در این پژوهش امتزاج‌پذیری، رفتار گرمایی و خواص فیزیکی و مکانیکی و مورفولوژی آلیاژ PVC/ABS با تغییر درصد مواد تشکیل دهنده آن مطالعه و گزارش شده است.

۱- مواد مورد استفاده

برای ساخت آلیاژها از PVC نوع تعلیقی با مقدار k برابر ۶۵، محصول پتروشیمی بندر امام، ABS دارای ۱۷٪ پلی‌بوتادی‌ان با نام تجاری: miwon ۷۵۰ ساخت کشور کره، دی اکتیل فتالات (DOP) با ضریب شکست ۱/۴۶، محصول صنایع شیمیایی فارابی و پایدارکننده Ba/Zn، محصول شرکت هوخست آلمان و استتاریک اسید صنعتی استفاده شد.

۲- دستگاه‌ها

برای اختلاط مواد از مخلوط کن داخلی هکه مدل ۹۰ HBI system استفاده شد. برای بررسی رفتار گرمایی آلیاژها از دستگاه‌های DMTA و DSC-TG مدل STA ۶۲۵ ساخت شرکت انگلیسی پلیمر لاب و برای آزمایش سختی از سختی‌سنج ساخت شرکت آلمانی زوئیک مطابق استاندارد ASTM D۲۲۴۰-۷۵ استفاده شد. برای اندازه‌گیری استحکام کششی مطابق با استاندارد ASTM D۶۳۸ به کمک دستگاه Instron مدل ۶۰۲۵ و تست ضربه مطابق با استاندارد ASTM D۲۵۶ و با استفاده از دستگاه زوئیک مدل ۵۱۰۲ انجام شد. مطالعه سطح شکست به وسیله میکروسکوپ الکترون پویشی (SEM) مدل S۳۶۰ ساخت شرکت انگلیسی کمبریج به انجام رسید. همه دستگاه‌های مورد استفاده در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران موجود است.

۳- روش آماده‌سازی آلیاژها

برای مطالعات مورد نظر، به‌عنوان مبنای کار، یک فرمول بندی نوع صنعتی PVC با نسبت وزنی PVC ۱۰۰ phr، DOP ۳۴ phr و Ba/Zn ۲/۵ phr و ۰/۴ phr استتاریک اسید 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 فرمول بندی مورد نظر در یک بشر توزین و بصورت 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 در نظر گرفته شد.

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

۴- نتایج و بحث

۴-۱- خواص مکانیکی

نتایج آزمایش های خواص مکانیکی در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار ABS استحکام کششی افزایش می‌یابد و ازدیاد طول تا پارگی کاهش می‌یابد. در ABS، فاز رابری پلی‌بوتادی‌ان است که به شکل آمولسیون پلیمر می‌شود و زنجیر اصلی پلیمر را تشکیل می‌دهد و فاز شیشه‌ای استیرن - آکریلونیتریل (SAN) است که روی پلی‌بوتادی‌ان گرافت (پیوند زده) شده است. بنابراین، مقاومت ضربه رابر و مقاومت کششی و پایداری حرارتی ماتریس SAN به آلیاژ PVC/ABS منتقل می‌شود. هنگامی که از ABS با مقدار رابر کم استفاده می‌شود، اثر مضاعف (synergistic) وجود دارد و مقاومت کششی آلیاژ PVC/ABS زیاد می‌شود، چون در این صورت آلیاژ نهایی شامل مقادیر بیشتر پلی‌استیرن و پلی‌آکریلونیتریل به شکل کوپلیمر SAN که ماده‌ای سخت و شیشه‌ای با مقاومت کششی بالاست، می‌باشد. میزان SAN در آلیاژ PVC/ABS سبب افزایش تنش تسلیم می‌شود که به دلیل پیوندهای فیزیکی بین دو ماتریس سخت PVC-SAN است.

سختی آلیاژها با افزایش میزان ABS زیاد می‌شود، چون با افزایش ABS مقدار SAN که ماده‌ای سخت است زیاد شده و سختی آلیاژ حاصل و مدول افزایش می‌یابد، به طوری که در جدول ۱ دیده می‌شود.

جدول (۱) نتایج آزمایشهای مکانیکی.

| نمونه | مقدار مواد مصرف شده (phr) | | | خواص مکانیکی | | | | |
|-------|---------------------------|-----|-----|--------------------|----------------|--------------|------------|-------------------|
| | DOP | ABS | PVC | استحکام کششی (MPa) | ازدیاد طول (%) | سختی (شور D) | مدول (MPa) | مقاومت ضربه (J/m) |
| ۱ | ۳۴ | ۰ | ۱۰۰ | ۱۸ | ۲۶۹ | ۳۷ | ۳۳ | کاملاً شکسته نشد |
| ۲ | ۳۴ | ۱۰ | ۹۰ | ۲۰ | ۱۸۸ | ۵۰ | ۱۲۴ | کاملاً شکسته نشد |
| ۳ | ۳۴ | ۲۰ | ۸۰ | ۲۱ | ۱۶۶ | ۵۵ | ۲۷۲ | کاملاً شکسته نشد |
| ۴ | ۳۴ | ۴۰ | ۶۰ | ۲۳ | ۱۶۳ | ۶۵ | ۸۶۹ | ۱۰۸۵ |
| ۵ | ۳۴ | ۵۰ | ۵۰ | ۲۸ | ۴/۹ | ۷۰ | ۸۷۶ | ۳۸۰ |
| ۶ | ۳۴ | ۶۰ | ۴۰ | ۳۲ | ۴/۸ | ۷۵ | ۸۹۳ | ۲۸۱ |
| ۷ | ۳۴ | ۸۰ | ۲۰ | ۳۳ | ۴/۷ | ۷۸ | ۹۰۶ | ۲۷۳ |
| ۸ | ۳۴ | ۹۰ | ۱۰ | ۳۵ | ۴/۶ | ۸۰ | ۹۲۳ | ۲۳۲ |
| ۹ | - | ۱۰۰ | ۰ | ۳۶ | ۴/۳ | ۸۳ | ۹۴۹ | ۲۱۸ |

همان‌طور که انتظار می‌رود افزودن ABS به PVC مقاومت ضربه را بهبود می‌بخشد. لازم به ذکر است که در درصدهای ۰، ۱۰ و ۲۰ ABS در آلیاژ به علت وجود DOP در PVC نمونه شکسته نمی‌شود و آنقدر نرم است که به راحتی خم می‌شود و مقاومت کافی در مقابل ضربه و مدول مناسب جهت کاربرد را ندارد. آزمایش‌ها به خوبی این مطالب را تایید می‌کنند. در آلیاژهای PVC/ABS درصد بهینه ۶۰/۴۰ است که بالاترین مقاومت ضربه و مدول به‌مراه استحکام کششی و ازدیاد طول مناسب را داراست. در این ترکیب درصد اثر مضاعف (synergistic effect) مشاهده می‌شود. بعد از ۴۰ درصد ABS افزایش مقاومت ضربه مشاهده نمی‌شود بلکه افت نسبتاً شدیدی وجود دارد. بیشترین مقاومت ضربه مشاهده شده در بهترین نسبت آلیاژ به طور قابل ملاحظه‌ای از ABS با مقاومت ضربه‌ای بالا به تنهایی بیشتر است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که یک جزء حجمی بحرانی برای فاز الاستومر (در این حالت ذرات بصورت کروی با قطر اپتیمم هستند) لازم است تا بیشترین افزایش مقاومت ضربه مشاهده شود. هنگامی که مقدار ABS از این حد بحرانی بیشتر می‌شود، مقاومت ضربه افت می‌کند. در نسبت PVC/ABS : ۶۰/۴۰، آلیاژ به این حد بحرانی می‌رسد. ماییتی و همکارانش [۴] اظهار داشته‌اند در مقدار ABS ثابت، هنگامی که از ABS با بالاترین میزان رابر استفاده می‌شود مقاومت ضربه بالاتر است. در آلیاژهایی که مقدار رابر بیشتری دارند، پلی‌بوتادی‌ان بیشتری در ماتریس سخت و شیشه‌ای PVC پخش می‌شود و در آلیاژ با مقدار کم رابر، SAN بیشتری پراکنده می‌شود که خود طبیعت شیشه‌ای دارد و در چرم ماندگی نمی‌تواند شرکت کند. نتایج حاصل از بررسی خواص مکانیکی نشان می‌دهد که خواص بهینه در ترکیب PVC/ABS : ۶۰/۴۰ به دست می‌آید.

۴-۲- رفتار گرمایی

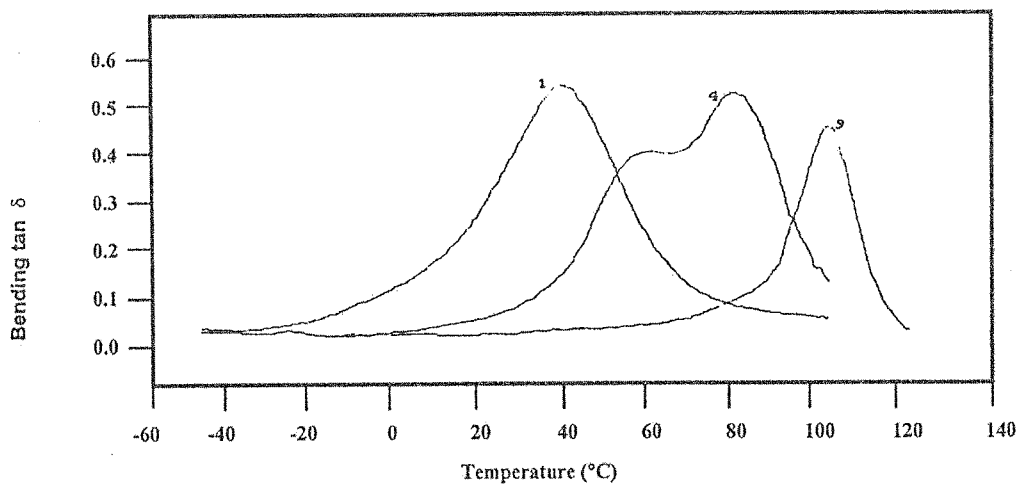
در آزمایش‌های انجام شده، PVC، یعنی، نمونه شماره ۱ دارای دمای انتقال شیشه‌ای 40°C و ABS، یعنی، نمونه شماره ۹ دارای دمای انتقال شیشه‌ای 109°C است. درصد بهینه آلیاژ PVC/ABS : ۶۰/۴۰ نمونه شماره ۴ است که دودمای انتقال شیشه‌ای در 62°C و 84°C را نشان می‌دهد (شکل ۱).

DMTA

Head: Combined 300°C

RUN ID : MS.HONARKAR GAS 1 : AIR

RATE : 5 C/M



شکل (۱) دمای انتقال شیشه‌ای (۱) PVC، (۴) ترکیب درصد ۶۰/۴۰ PVC/ABS و (۹) ABS.

این مطالب دو فازی بودن آلیاژ فوق را به خوبی نشان می‌دهد. ولی با توجه به اینکه T_g دو جزء به سمت یکدیگر انتقال یافته‌اند. بنابراین سیستم به طور جزئی امتزاج پذیر است که همین امر سبب افزایش و بهبود خواص شده است. PVC و ABS به اندازه کافی امتزاج پذیر نیستند تا یک T_g منفرد در آلیاژ نشان دهند که این امر خود نیز مزیتی برای آلیاژ است که می‌توان خواص خوب هر دو را با

هم داشت. در حقیقت امتزاج‌پذیری کامل چنین اصلاح‌کننده رابری مثل ABS در PVC همیشه دلخواه نیست تا بتوان خواص مکانیکی مفیدی بدست آورد. شکل ۲ رابطه مدول با دما برای PVC و ABS و آلیاژ بهینه را نشان می‌دهد که ترکیبی از مدول هر دو ماده است.

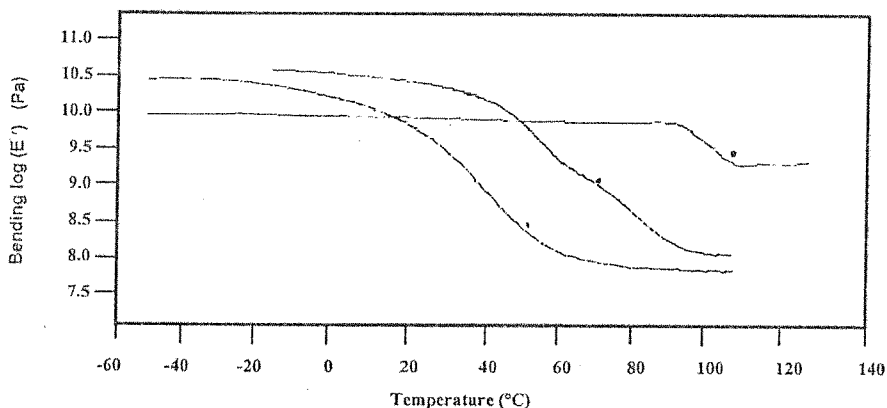
۴-۳- سنجش کاهش وزن در اثر گرما

تجزیه گرمائزنی (TGA) در بررسی پایداری حرارتی آلیاژ PVC/ABS بسیار مفید است. در شکل ۳ دمانگاشت PVC و ABS و درصد بهینه آلیاژ PVC/ABS نشان داده شده است. برای PVC تجزیه سه مرحله‌ای است و ABS دو مرحله تخریب را نشان می‌دهد. خروج مواد فرار حدود 200°C آغاز می‌شود و بالای 300°C هیدروکلرید زدایی کامل صورت می‌گیرد و HCl محصول اصلی تخریب است [۵]. در مورد ABS خروج مواد فرار حدود 350°C آغاز می‌شود و در 400°C افت سریع وزن خواهیم داشت. رفتار آلیاژ PVC/ABS غیرقابل انتظار است. تجزیه سه مرحله‌ای مانند آنچه برای PVC گفته شد، اتفاق می‌افتد. ولی دمای اولیه تجزیه نسبت به PVC بالاتر است. به علاوه هیدروکلریدزدایی با افزایش مقدار ABS کم می‌شود. در PVC، مرحله اول تخریب، فرایند هیدروکلریدزدایی و تشکیل پلی‌ان است. مرحله دوم، تخریب پلی‌ان باقیمانده و تشکیل اجزایی با جرم مولکولی پایین‌تر و مرحله سوم تخریب کلی است [۶]. همان‌گونه که دیده می‌شود افزودن ABS به PVC بطور خطی افت جرم را در مرحله اول تخریب پایین می‌آورد، حال آنکه در مرحله دوم افت جرم زیاد می‌شود.

DMTA

RUN ID : MS.HONARKAR GAS 1 : AIR

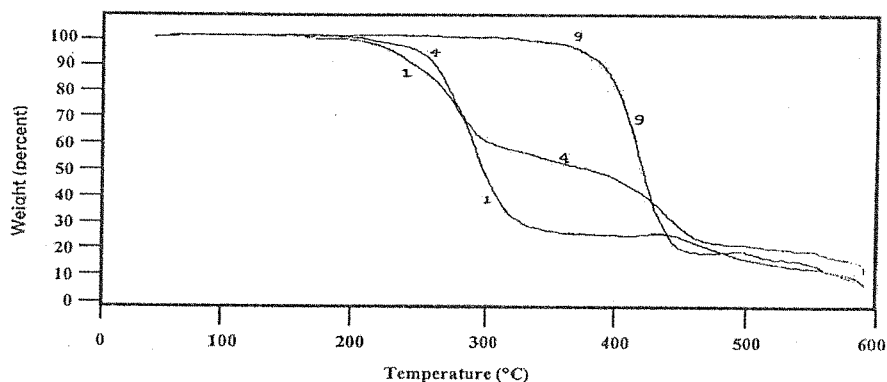
Head: Combined 300°C



شکل (۲) رابطه مدول با دما (۱) PVC، (۴) ترکیب درصد ۶۰/۴۰ PVC/ABS و (۹) ABS.

STA 625

SMP ID : 773P294 / 1
 RUN ID : MS.HONARKAR GAS 1 : N2
 SIZE ID : 4.300 MG GAS 2 : O2
 RATE : 10 Min At 600 °C

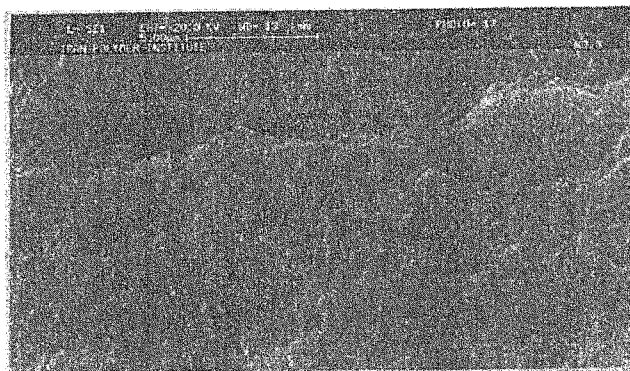


شکل (۳) افت درصد جرمی نسبت به دما (۱) PVC، (۴) ترکیب درصد ۶۰/۴۰ PVC/ABS و (۹) ABS.

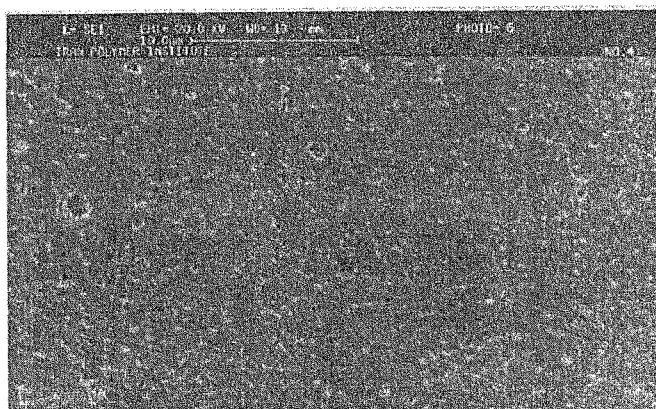


۴-۴- مطالعات میکروسکوپی

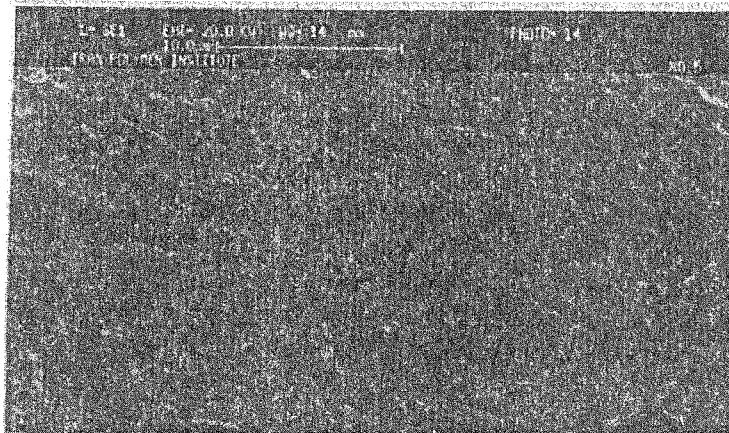
همان‌طور که قبلاً اشاره شد PVC و ABS سیستم دو فازي تشکیل می‌دهند که مربوط به فاز الاستومری پلی‌بوتادی‌ان و فاز سخت (SAN-PVC) است. سطح مقطع نمونه‌های ناچدار پس از شکست مورد مطالعه میکروسکوپی SEM قرار گرفتند. نمونه‌هایی که شکسته نشدند در نیتروژن مایع شکستند. شکل‌های ۴ الی ۷ تصاویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست دورتر از ناچ را برای آلیاژهای PVC/ABS با نسبتهای ۸۰/۲۰، ۶۰/۴۰، ۵۰/۵۰ و ۴۰/۶۰ را به ترتیب نشان می‌دهند. با افزایش درصد ABS در آلیاژ، ذرات ABS به صورت کروی و ریز در فاز PVC پراکنده شده است. این ذرات تا ترکیب ۴۰ درصد دیده می‌شوند (شکل ۵) ولی با افزایش درصد ABS در ۵۰٪ مورفولوژی آلیاژ بصورت هم پیوسته (co-continuous) خواهد بود (شکل ۶) و به‌همین دلیل است که مقاومت ضربه تا ترکیب ۴۰ درصد افزایش و سپس به خاطر تغییر مورفولوژی کاهش مقاومت ضربه مشاهده می‌گردد که در ترکیب ۶۰ درصد ABS (شکل ۷) تغییر فاز (phase inversion) اتفاق می‌افتد و در این حالت فاز PVC بصورت ذرات کروی ریز در فاز ماتریس ABS خواهد بود و در نتیجه مقاومت ضربه‌ای کاهش و با افزایش میزان ABS مقاومت ضربه‌ای به میزان ABS خالص نزدیک می‌شود. شکل‌های ۸-۱۰ سطح شکست نزدیک ناچ را برای آلیاژهای ۲۰، ۴۰ و ۵۰ درصد ABS در PVC به ترتیب نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در ترکیب نسبت ۸۰/۲۰ PVC/ABS به علت وجود DOP و نرم بودن PVC سطح شکست ductile از خود نشان می‌دهد (شکل ۸). سطح شکست آلیاژ ۶۰/۴۰ PVC/ABS (شکل ۹) سطح کاملاً چرم مانند (tough) را نشان می‌دهد و تشکیل shear bandها که در نمونه‌های با چرم مانندی بسیار بالا اتفاق می‌افتد در این نمونه‌ها دیده می‌شود. این مشاهدات نتایج خواص مکانیکی و افزایش چشمگیر مقاومت ضربه در این ترکیب درصد را کاملاً تأیید می‌کند. مانند این shear band در آلیاژ با چرم مانندی بالا در PA/NBR نیز دیده شده است [۷] و در ترکیب درصد ۵۰/۵۰ PVC/ABS سطح شکست مشابه سطح شکست ترکیبات شکننده (brittle) است (شکل ۱۰).



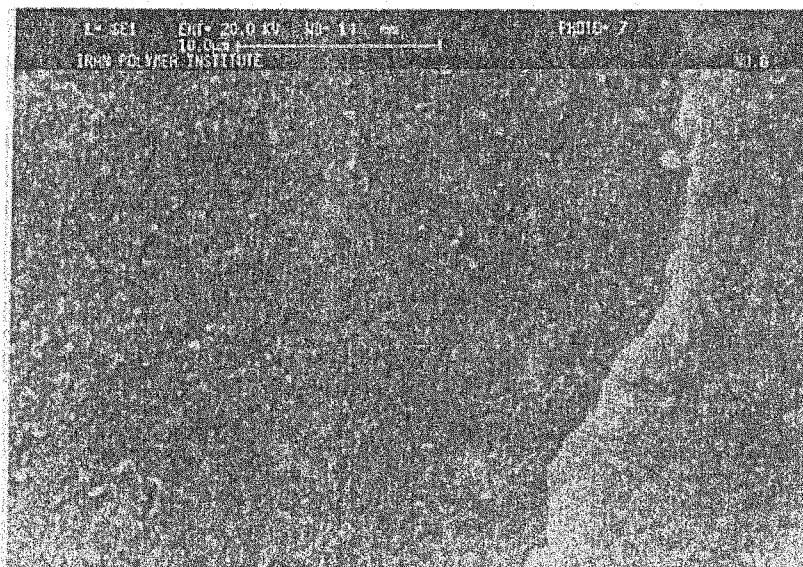
شکل (۴) تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست PVC/ABS : ۸۰/۲۰ دورتر از ناچ.



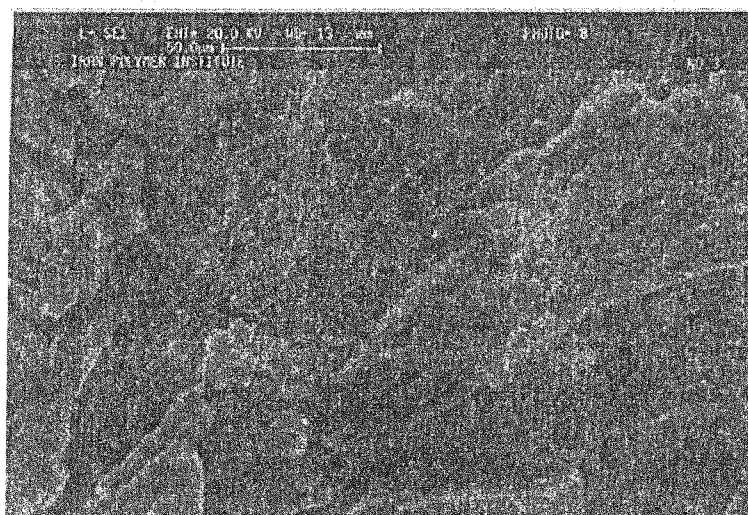
شکل (۵) تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست PVC/ABS : ۶۰/۴۰ دورتر از ناچ.



شکل (۶) تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست ۵۰/۵۰ PVC/ABS دورتر از ناچ .

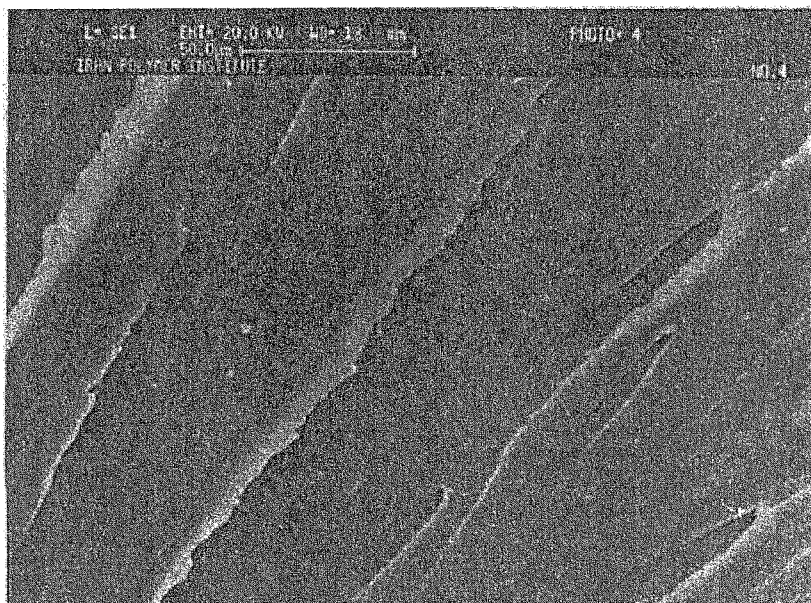


شکل (۷) تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست ۴۰/۶۰ PVC/ABS دورتر از ناچ .

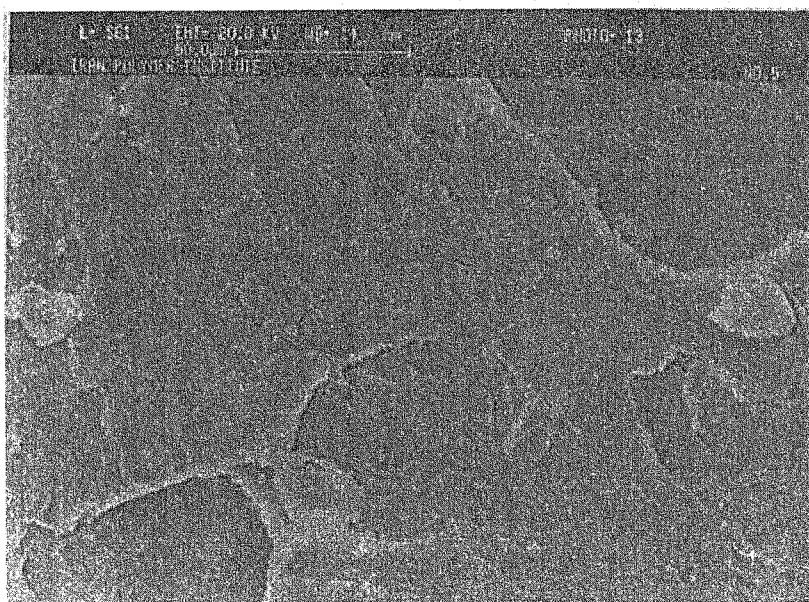


شکل (۸) تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست ۸۰/۲۰ PVC/ABS نزدیک ناچ .





شکل (۹) تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست ۶۰/۴۰ PVC/ABS نزدیک ناچ.



شکل (۱۰) تصویر میکروسکوپ الکترونی سطح شکست ۵۰/۵۰ PVC/ABS نزدیک ناچ.

۵- نتیجه گیری

با توجه به نتایج آزمایش ها، دیده می شود که PVC و ABS امتزاج پذیری جزئی نسبتاً مناسبی با یکدیگر دارند که این خود سبب بهبود خواص می شود. افزایش ABS به PVC باعث افزایش استحکام کششی و مدول، کاهش ازدیاد طول نهایی و افزایش سختی آلیاژ و همچنین باعث بهبود مقاومت آلیاژ در برابر ضربه می شود. بهترین نتایج در ترکیب درصد ۶۰/۴۰ PVC/ABS دیده می شود و مطالعات میکروسکوپی موید این مطلب است. بنابراین با افزودن ABS به PVC نه تنها مقاومت ضربه و سایر خواص مکانیکی بهبود می یابد بلکه فرایند پذیری آن نیز اصلاح می شود.

- [1] Paul D.E., Barlow J.W., Keskkula H., In Mark H.F., Bikales N.M., Overberger C.G., and Menges G., Editors, Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, 12, John Wiley & Sons, 399-462 (1985).
- [2] Sharma Y.N., Anada J.S., Kulshreshtha A.K., Xavier S.F., and Chakrapani S., Development and Characterization of PVC/ABS Polyblends, *Inter. J. Polym. Mater.*, **12**, 165-183 (1988).
- [3] Yokouchi M., Seto S., and Kabayashi Y., Comparison of Polystyrene, Poly (styrene/acrylonitrile), high-impact Polystyrene and Poly (acrylonitrile/butadiene/ styrene) with Respect to Tensile and Impact Properties, *J. Appl. Polym. Sci.*, **28**, 2209 (1983).
- [4] Maiti S.N., Saroop U.K., and Misra A., Studies on Polyblends of Poly(vinylchloride) and Acrylonitrile-butadiene-styrene terpolymer, *Polym. Eng. Sci.*, **32**, 1, 27-35 (1992).
- [5] محمود محرابزاده، سعید بختیاری، عبدالصمد زرین‌قلم، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال دهم، شماره چهارم، زمستان ۷۶.
- [6] Klaric I., Roje U., and Bravar M.J., Thermooxidative Degradation of Poly(vinylchloride)/acrylonitrile-butadiene-styrene blends, *J. Appl. Polym. Sci.*, **61**, 6, 1123-1129 (1996).
- [7] Mehrabzadch M. and Burford R.P., Impact Modification of Polyamide 11, *J. Appl. Polym. Sci.*, **61**, 13, 2305-3214 (1996).