JARC

بررسی ریزساختار نانوکامپوزیت‌های بر پایه آمیزه پلی‌وینیل‌کلراید / لاستیک‌طبیعی اپوکسید شده

مرضیه شریفی تشنیزی[۱] و میترا توکلی[۲و*]

۱- کارشناس ارشد مهندسی صنایع پلیمر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران
و مرکز نوآوری، پارک علم و فناوری یزد، یزد، ایران
۲- استادیار مهندسی صنایع پلیمر، گروه مهندسی شیمی و پلیمر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

دریافت: آبان ۱۳۹۳، بازنگری: اسفند ۱۳۹۳، پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۴

چکیده: آمیزه پلی‌وینیل‌کلراید / لاستیک‌طبیعی اپوکسید شده (PVC/ENR50) با ترکیب درصدهای ۷۰/۳۰ و ۵۰/۵۰ با میزان ثابت ۳٪ وزنی نانورس Cloisite 30B با روش اختلاط مذاب تهیه شد. ساختار نانوکامپوزیت و چگونگی پراکنش نانولایه‌ها و هم‌چنین ویژگی‌های رئولوژیکی با استفاده از پراش پرتو X (XRD)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف سنجی رئومتر مکانیکی مذاب (RMS) مطالعه شد. ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها با آزمون کششی بررسی شد. تصویرهای XRD نشانگر بین لایه‌ای شدن آمیزه پلیمری درون نانولایه‌هاست. هم‌چنین مطالعه رفتار رئولوژی مذاب نشان داد افزودن نانورس به آمیزه PVC/ENR50 باعث افزایش گرانروی مختلط و مستقل شدن مدول ذخیره از بسامد در بسامدهای کم می‌شود، که بیانگر توزیع یکنواخت نانورس و برهم‌کنش مناسب بین نانولایه‌ها و بستر پلیمری است. براساس نتیجه‌های به‌دست آمده، نانوکامپوزیت PVC/ENR50 با ترکیب درصد ۷۰/۳۰ نسبت به ترکیب درصد ۵۰/۵۰ دارای ویژگی‌های بالاتری است که آن را می‌توان به توزیع یکنواخت تر نانورس Cloisite 30B در بستر آمیزه قطبی تر با میزان PVC بیشتر نسبت داد. تصویرهای SEM از سطح شکست نمونه‌ها و ویژگی‌های مکانیکی نیز نتیجه‌های فوق را تایید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: پلی‌وینیل‌کلراید / لاستیک‌طبیعی اپوکسید شده، آمیزه، نانورس، نانوکامپوزیت، ریزساختار

مقدمه

پلی وینیل کلراید یکی از پلیمرهای مهم تجاری است که به دلیل سخت بودن آن به‌طور معمول از نرم کننده‌هایی مانند DOP استفاده می‌شود، ولی مشکل مهاجرت دارند [۱]. برای رفع این عیب پلی وینیل کلراید می‌تواند با پلیمرهایی با وزن مولکولی زیاد یا کم که هم چون نرم کننده عمل می‌کنند، سامانه امتزاج پذیر تشکیل دهد. آمیزه‌های امتزاج پذیر پلی وینیل کلراید با لاستیک‌ها شامل آمیزه آن با لاستیک آکریلونیتریل بوتادی ان پلی اتیلن کلردارشده (CPE) و لاستیک طبیعی اپوکسید دار شده (ENR) است [۲ و ۳]. اگرچه لاستیک طبیعی اپوکسید دارشده درسه دهه اخیر شناخته شده است، امروزه به صورت تجاری استفاده می‌شود. لاستیک طبیعی اپوکسید دارشده ویژگی‌هایی از قبیل مقاومت خوب در برابر روغن، کاهش نفوذ پذیری هوا، میرایی و گرفتن رطوبت و ویژگی‌های مکانیکی بالا را داراست [۴]. کاربردهای این آمیزه در تسمه نقاله، پوشش کابل، پوشش شلنگ و طناب، کفش و سطوح ورزشی است. مطالعات زیادی بر روی ترکیب

*عهده‌دار مکاتبات: mtavakoli@yazd.ac.ir

درصدهای متفاوت PVC/ENR50 انجام شده که نشان دهنده توجه زیاد در استفاده از آن برای تهیه مواد مهندسی مانند ساخت دستگاه‌های پزشکی و هم‌چنین در صنعت خودرو است. از طرف دیگر، دو ترکیب درصد ۵۰/۵۰ و ۷۰/۳۰ دو ترکیب درصد معمول استفاده شده در صنعت هستند [۵ تا ۱۰]. سامانه‌های کامپوزیت پلیمری در صنعت یا بخش پژوهش گستره وسیعی دارد، دلیل این امر وزن سبک، انعطاف پذیری، ویژگی‌های فرایندی مناسب این کامپوزیت‌هاست. اختلاط پرکننده‌ها رویکردی در حال توسعه برای کامپوزیت‌های جدید پلیمری با عملکرد بهتر به دلیل ویژگی‌های مکانیکی برجسته است. در سال‌های اخیر، نانو کامپوزیت‌های خاک رس، چه از دیدگاه صنعتی و چه از دیدگاه علمی و پژوهشی، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. صنعت به دنبال ویژگی‌های بهبود یافته این مواد در مقایسه با پلیمرهای خالص و یا کامپوزیت‌های معمول است، که می‌توان به ویژگی‌هایی از قبیل مدول بالا، استحکام و مقاومت بیش‌تر، پایداری حرارتی بالا، نفوذپذیری کم در برابر گازها، احتراق پذیری پایین و قابلیت تجزیه بالا به‌وسیله عوامل زیستی اشاره کرد [۱۱].

Varughes و همکارانش آمیزه‌های قابل اختلاط PVC سخت و ENR50 را با روش اختلاط مذاب تهیه کردند. با مطالعه ویژگی‌های مکانیکی دینامیکی و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) آمیزه تولیدی، امتزاج پذیری آمیزه PVC/ENR50 در ترکیب درصدهای متفاوت PVC را تایید کردند [۱۲]. هم‌چنین Ramesh و همکارش امتزاج پذیری آمیزه PVC/ENR50 با ترکیب درصدهای متفاوت تولید شده با روش اختلاط مذاب را با تغییر شرایط فرایندی از جمله زمان اختلاط، گشتاور دستگاه اختلاط و سرعت افزایش دما بررسی و ویژگی‌های آمیزه‌های تولید شده را مطالعه کردند. نتیجه‌های به‌دست آمده از مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که آمیزه‌ها درهمه شرایط امتزاج پذیرند اما شرایط فرایندی ویژگی‌های آمیزه‌ها را تغییر می‌دهد [۱۳]. در سال‌های اخیر مطالعاتی بر نانوکامپوزیت بر پایه PVC/ENR50 انجام گرفته است. Dahlan و همکاران تاثیر pH بر ریخت‌شناسی و ویژگی‌های مکانیکی نانوکامپوزیت PVC/ENR50 با ترکیب درصد ۷۰/۳۰ و تترا اتوکسی سیلان (TEOS) تهیه شده از روش محلولی را بررسی کردند [۱۴]. هم‌چنین Jon و همکاران تاثیر نانوسیلیس (TEOS) بر غشای آمیزه ENR50/PVC با ترکیب درصد ۶۰/۴۰ را بررسی کردند. پس از آماده‌سازی آمیزه ENR50/PVC به روش اختلاط مذاب، TEOS را به روش محلولی و با مقدار ۲۵٪ وزنی به محلول پلیمر افزودند. دو خاصیت مکانیکی غشاء از جمله استحکام کششی و مدول مورد مطالعه قرار گرفت که نتیجه‌ها نشان دهنده افزایش در هر دو ویژگی است [۱۵].

هدف از انجام پژوهش حاضر، تهیه نانوکامپوزیت بر پایه PVC/ENR50 با ترکیب درصد ۵۰/۵۰ و ۷۰/۳۰ با نانورس Cloisite 30B برای نخستین بار است. اثر این نانو رس با مطالعه پراش پرتو X، ویژگی‌های رئولوژیکی مذاب آمیزه و ویژگی‌های مکانیکی آمیزه بررسی شد.

بخش تجربی

مواد مصرفی

پلی وینیل کلراید (PVC) با KValue65، گرید S-6558 و ۵۶٪ کلر به شکل پودر و سفید رنگ، لاستیک طبیعی اپوکسید شده با ۵۰ درصد مولی اپوکسید (ENR50) متعلق به شرکت Co.Ltd. San–Thap International از کشور تایلند تهیه شد. نانو رس اصلاح شده مورد استفاده در این پژوهش با نام تجاری Cloisite 30B از کمپانی Southern Clay متعلق به کشور آمریکا تهیه شد. پایدارکننده گرمایی تری‌بیسیک قلع سولفات TBLS (PX 2131) تولید شرکت AKDENIZ کشور ترکیه بود.

دستگاه‌ها و آزمون‌ها

در این پژوهش، مخلوط کن داخلی Brabender مدل E 350 ساخت آلمان، آسیاب دوغلتکی Brabender، ساخت آلمان و مخلوط کننده با دور بالا پارس خزر مدل J.B.G.610P برای اختلاط، آون خلاء مدل VT-6060p ساخت شرکت Heraeus از کشور آلمان مجهز به پمپ خلاء برای رطوبت‌زدایی از نانورس، دستگاه XRD مدل X'Pert Pro MPD و ساخت

شرکت PANalytical برای مطالعه پراکنش نانورس، دستگاه پرس هیدرولیک مدل P200P ساخت آلمان برای تهیه ورق، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل VEGA3 SB ساخت شرکت TESCAN کشور چکسلواکی و دستگاه روکش‌دهی طلا بر سطح شکست نمونه‌ها Sputter coater مدل SBC12 ساخت شرکت kyky کشور چین برای بررسی سطح شکست آمیزه‌ها، بررسی رفتار رئولوژیکی مذاب (RMS) دستگاه Paar physicaus 200 ساخت کشور اتریش، استحکام سنج SDL مدل Micro 350 ساخت انگلستان، به کار گرفته شد.

درجه بین لایه‌ای شدن ذرات نانو رس با استفاده از دستگاه XRD با پرتو Cu-Kα (طول موج λ = ۱۵۴۰۵۶ nm) مورد ارزیابی قرار گرفت. با استفاده از قانون براگ ($\lambda = 2d\sin 2\theta$) فاصله بین صفحات نانورس محاسبه شد. نمونه‌ها با سرعت S^{-1} ۰٫۰۲ در گستره زاویه 2θ برابر با ۰٫۶ تا °۱۲ پردازش شده است. رفتار رئولوژیکی مذاب نمونه‌های نانو کامپوزیت با دستگاه RMS با صفحات موازی با قطر mm ۲۵ در دمای °C ۱۶۰ در فرکانس ۰٫۰۱ تا Hz ۱۰۰ اندازه‌گیری شد. با استفاده از آزمون پویش کرنش ناحیه گرانرو کشسان خطی (۱٪) انتخاب شد. با آزمون پویش بسامد، گرانروی مختلط و مدول کشسانی مذاب اندازه‌گیری شد. سطح شکست با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) در ولتاژ KV ۱۵ مورد مطالعه قرار گرفت. یک لایه نازک طلا روی سطوح شکست نمونه‌ها پوشش داده شد تا مانع از باردار شدن الکترواستاتیک حین آزمایش شود. با استفاده از دستگاه استحکام سنج، اندازه گیری ویژگی‌های مکانیکی طبق استاندارد D638 با سرعت mm/min ۵۰ انجام گرفت.

روش تهیه نانو کامپوزیت

ابتدا PVC به همراه ۴٪ وزنی پایدار کننده TBLS در دمای اتاق با مخلوط کننده با دور بالا به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط شد. به منظور تهیه نانو کامپوزیت، از فرایند اختلاط مذاب در مخلوط کن داخلی با دور rpm ۵۰، دمای °C ۱۶۰ استفاده شد. وقتی دما به مقدار مورد نظر رسید، لاستیک ENR در مخلوط کن ریخته شده و پس از ثابت شدن گشتاور حدود (۱٫۵ دقیقه) مخلوط PVC و مواد افزودنی آماده شده، افزوده شد و به مدت ۵ دقیقه مخلوط شدند. نانورس اصلاح شده که قبل از استفاده به مدت ۱۲ ساعت در دمای °C ۸۰ در آون خلاء رطوبت زدایی شده بود، به مقدار ۳٪ وزنی به مخلوط کن داخلی افزوده شد تا گشتاور به حالت پایدار برسد و فرایند اختلاط انجام شود. زمان کلی فرایند حدود ۱۴ دقیقه بود. مشخصات نمونه‌های تهیه شده در جدول (۱) آمده است.

برای تهیه نمونه جهت انجام آزمون کشش، آمیزه‌های تهیه شده با دستگاه پرس در دمای °C ۱۶۰، تحت فشار kg/cm^2 ۱۵۰ و به مدت ۳ دقیقه تبدیل به ورقه‌هایی به ضخامت mm ۱ شد. ورقه‌ها بلافاصله بین دو صفحه به دمای °C ۲۵ سرد شدند. صفحات به شکل دمبل بریده شده و برای ارزیابی ویژگی‌های مکانیکی مورد آزمون قرار گرفت.

جدول ۱ ویژگی‌های آمیزه‌ها

کد آمیزه	مقدار PVC (phr)*	مقدار ENR50 (phr)	مقدار نانو رس (٪ وزنی)
P70	۷۰	۳۰	-
P70C	۷۰	۳۰	۳
P50	۵۰	۵۰	-
P50C	۵۰	۵۰	۳

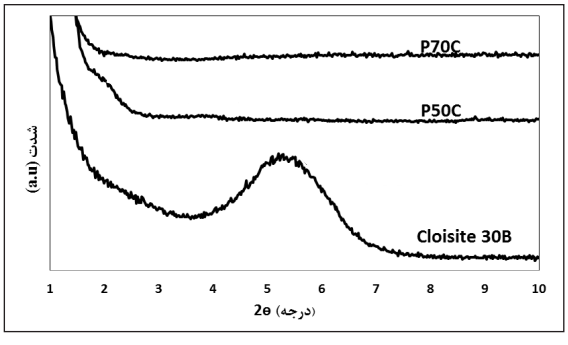
* قسمت نسبت به ۱۰۰قسمت لاستیک

نتیجه‌ها و بحث

مطالعه ریزساختار

به منظور بررسی چگونگی پراکنش نانورس در بستر پلیمری از نانورس اصلاح شده و الگوی XRD نمونه‌های ساخته شده تهیه شد. در شکل ۱ الگوی پراش پرتو X، Cloisite 30B و آمیزه‌های PVC/ENR50 با ترکیب درصد ۷۰/۳۰ و ۵۰/۵۰ حاوی ۳٪ وزنی نانورس (P۷۰C و P50C) نشان داده شده است. Cloisite 30B یک پیک پهن در 2θ = ۵٫۳۲۷ نشان می‌دهد که طبق معادله براگ مطابق با فاصله بین لایه‌ای d_{001} = ۱٫۶۶ nm است. آمیزه

PVC/ENR50 با ترکیب درصد ۵۰/۵۰ حاوی ۳٪ وزنی نانورس (P50C) انتقال پیک به سمت زوایای کمتر و کاهش شدت پیک نسبت به Cloisite 30B مشاهده می‌شود. نمونه P50C دارای یک پیک در زاویه $2\theta = 2{,}06^\circ$ که مطابق با فاصله بین لایه‌ای $d_{001} = 4{,}3$ nm است. کاهش زاویه نشان دهنده افزایش فاصله بین لایه‌ها و بیان کننده بین لایه‌ای شدن نانو لایه‌ها و توزیع آن‌ها در نمونه است. برای نمونه P70C هیچ پیکی مشاهده نمی‌شود که بیانگر بین لایه‌ای شدن بیشتر نانو لایه‌ها و توزیع یکنواخت‌تر آن‌ها در نمونه است. آمیزه حاوی ۷۰٪ از PVC به‌دلیل ویژگی قطبی‌تر PVC نسبت به ENR50 و هم‌چنین گرانروی کمتر PVC نسبت به لاستیک ENR50 در دمای فرایند، بهتر می‌توانند وارد فضای بین لایه‌ای نانورس شده و در نتیجه باعث بین لایه‌ای شدن بیشتر و توزیع یکنواخت تر در بستر پلیمر می‌شوند. بنابراین در نمونه حاوی مقدار بیشتر PVC نانولایه‌ها به‌طور کامل از هم باز شده و در کل نمونه توزیع می‌شود. برای درک بیشتر رفتار نمونه‌ها سایر ویژگی‌ها مانند ویژگی‌های رئولوژیکی و تصویرهای میکروسکوپی نمونه‌ها نیز مطالعه شد.



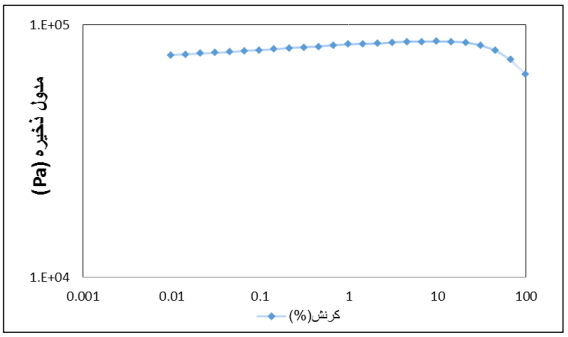
شکل۱ الگوی پراش پرتو X نانورس Cloisite 30B و نمونه های PVC/ENR50 حاوی نانورس

رئولوژی مذاب

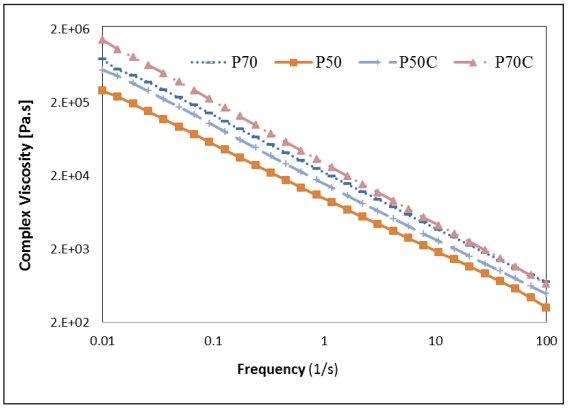
مطالعات رئولوژیکی از ابزارهای مهم برای بررسی ریز ساختار نانوکامپوزیت آمیخته‌های پلیمری و چگونگی برهم‌کنش میان نانوذرات و پلیمرها محسوب می‌شود. تاکنون تعداد قابل توجهی از مطالعات در زمینه بررسی اثر پراکنش نانوذرات و برهم کنش میان این ذرات و پلیمر با رفتار رئولوژیکی نانوکامپوزیت‌های پلیمری انجام شده است [۱۶]. ابتدا به منظور تعیین ناحیه گرانرو کشسان خطی، آزمون پویش کرنش روی آمیزه PVC/ENR50 با نسبت ۵۰/۵۰ انجام شد (شکل ۲). کرنش ۱٪ در این منطقه قرار می‌گیرد که در این کرنش رفتار رئولوژیکی مذاب نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. شکل‌های ۳ و ۴ رفتار رئولوژیکی آمیزه‌های PVC/ENR50 تهیه شده را نشان می‌دهد. در شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب منحنی گرانروی مختلط و مدول ذخیره بر حسب بسامد نمونه‌های فاقد و حاوی نانورس مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، افزایش گرانروی مختلط دو نمونه نسبت به نمونه‌های بدون نانورس (P70 و P50)، در همه بسامدها به‌ویژه در بسامدهای کم، بیشتر است که دلیل آن را می‌توان به برهم کنش و چسبندگی و هم‌چنین پراکنش مطلوب نانورس در بستر آمیزه نسبت داد. با توجه به شکل ۴ افزایش مدول ذخیره نمونه‌های P70C و P50C نیز نسبت به نمونه‌های بدون نانو (P70C و P50C)، در همه بسامدها بیشتر است، هم‌چنین مدول ذخیره دربسامدهای کم نیز به‌تقریب مستقل از بسامد شده که نشان‌دهنده تشکیل شبکه بین نانورس است. دلیل این رفتار را می‌توان به درجه بین لایه‌ای شدن نانولایه‌های نانورس با زنجیره‌های پلیمری نسبت داد که تاییدی بر نتیجه‌های XRD است. از طرف دیگر، مدول ذخیره و گرانروی مختلط نمونه P70C نسبت به P50C بیشتر است که به دلیل پراکنش و توزیع یکنواخت‌تر نانورس در بستر آمیزه پلیمری قطبی تر است که نتیجه‌های XRD، آن را تأیید می‌کند. ضمن این‌که در شکل ۳ مشاهده می‌شود با افزایش بسامد، گرانروی مذاب کاهش می‌یابد و رفتار سودوپلاست را نشان می‌دهد. بنابراین، حضور نانورس در آمیزه رفتار سودپلاست آمیزه پلیمری را نیز تغییر نداده است.

تصویرهای میکروسکوپ الکترونی از سطوح شکست

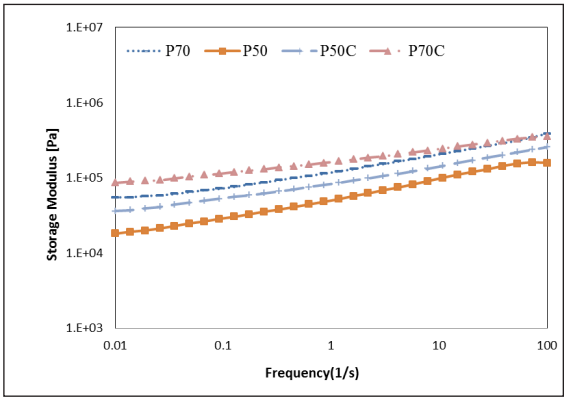
شکل ۵ (الف– د) سطوح شکست آمیزه‌های PVC/ENR50 با ترکیب درصد متفاوت با و بدون نانو رس شکسته شده در نیتروژن مایع را نشان می‌دهد. در شکل مشاهده می‌شود که با



شکل ۲ مدول ذخیره برشی (G) به عنوان تابعی از کرنش برای آمیزه PVC/ENR50 با ترکیب درصد ۵۰/۵۰



شکل ۳ گرانروی مختلط آمیزه‌های PVC/ENR50 با ترکیب درصد متفاوت با و بدون نانورس

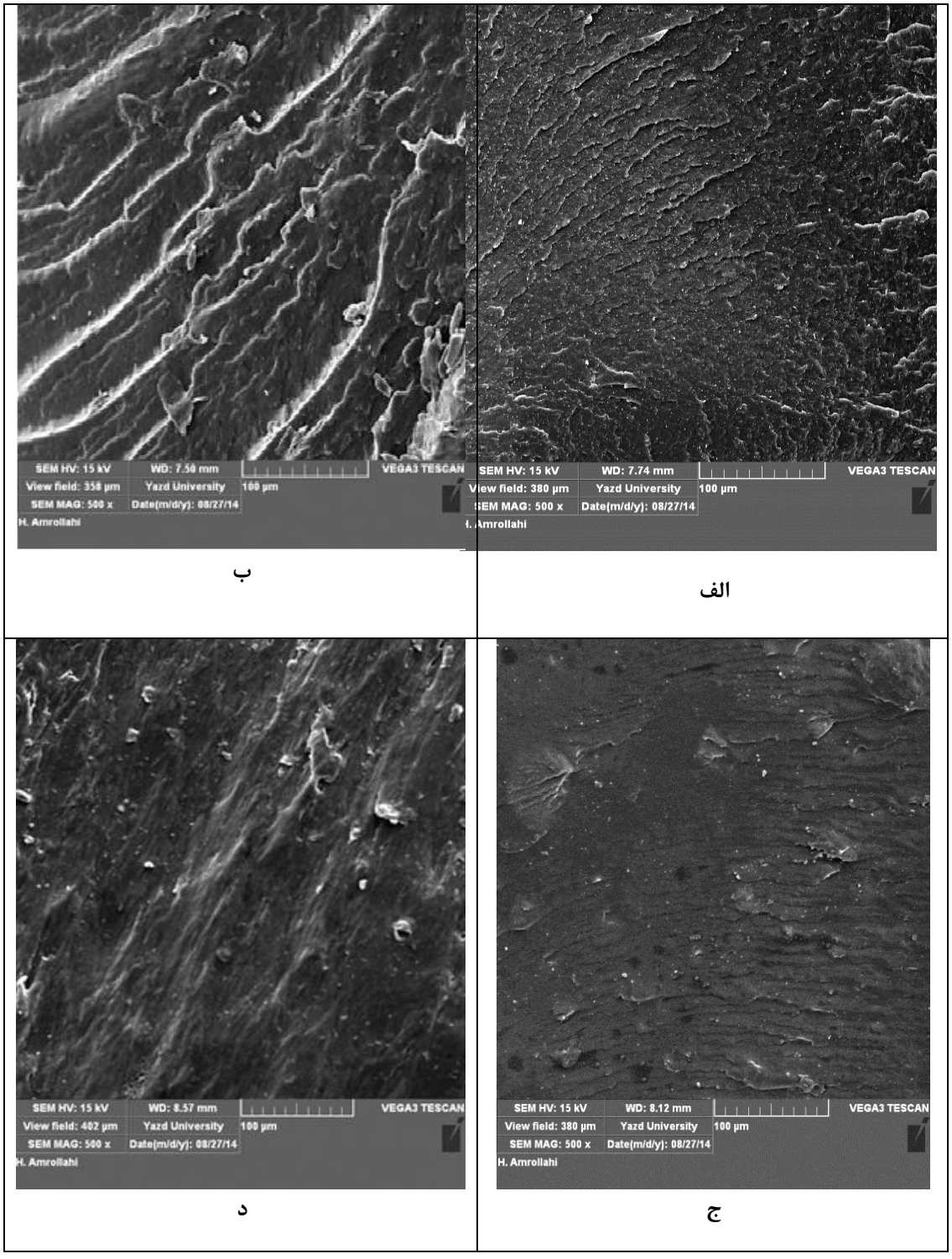


شکل ۴ مدول ذخیره آمیزه‌های PVC/ENR50 با ترکیب درصد متفاوت با و بدون نانورس

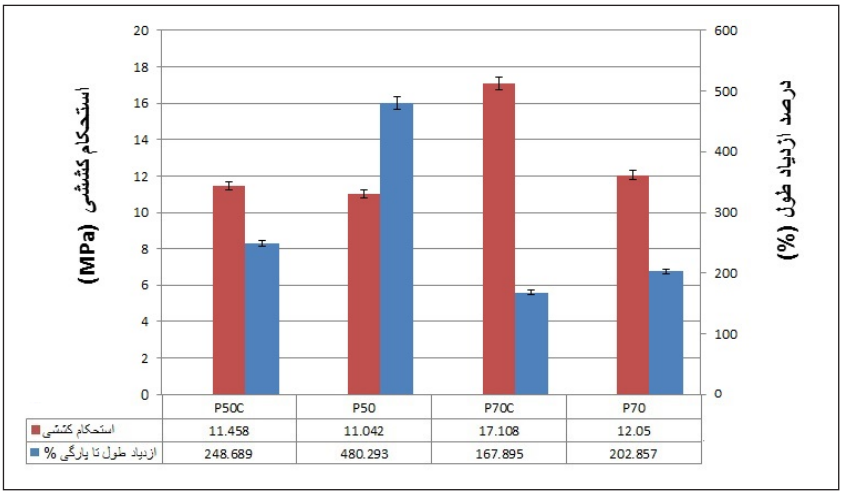
افزودن نانورس Cloisite30B به آمیزه PVC/ENR50 با دو ترکیب درصد ۷۰/۳۰ و ۵۰/۵۰، سطوح شکست در مقایسه با نمونه‌های بدون نانورس (P70 و P50) زبرتر می‌شود که نشانگر رفتار شکست است. این رفتار را می‌توان به افزایش چسبندگی بین سطحی بین نانولایه‌های نانورس پراکنده شده و بستر PVC/ENR50 نسبت داد [۱۷]. این افزایش چسبندگی و سطح تماس بین نانورس و بستر، باعث محدود شدن جهت گیری زنجیره‌ها و افزایش مدول می‌شود و شکست شکننده را سبب می‌شود. با توجه به شکل، سطح شکست نمونه P70C نسبت به سطح شکست نمونه P50C، ترک‌های عمیق‌تر و سطح زبرتر و نایکنواخت‌تر است که همان‌طور که از نتیجه‌های XRD و RMS مشخص شد، به‌دلیل بین لایه‌ای شدن بیشتر نانو لایه‌ها و توزیع یکنواخت‌تر آن‌ها در نمونه P70C است.

ویژگی‌های مکانیکی

شکل ۶ استحکام کششی آمیزه‌های PVC/ENR50 پرشده و نشده در دو ترکیب درصد متفاوت را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود با افزودن نانورس Cloisite30B به آلیاژ PVC/ENR50 در هر دو ترکیب درصد ۷۰/۳۰ و ۵۰/۵۰ استحکام کششی افزایش می‌یابد. استحکام کششی به سه عامل چگالی پیوندهای عرضی، پراکنش نانورس و چسبندگی نانورس به بستر آمیزه بستگی دارد [۱۷].ا فزودن نانورس به آمیزه و توزیع ذرات نانو در بستر آمیزه باعث چسبندگی زمینه– نانورس می‌شود، بنابراین، استحکام کششی را افزایش می‌دهد، به همین دلیل استحکام کششی آمیزه با نانورس نسبت به آمیزه بدون نانورس بیشتر می‌شود. همان طور که در شکل مشاهده می‌شود، استحکام کششی نمونه‌های P70C و P50C به ترتیب از نمونه‌های P70 و P50 بیشتر است. هم‌چنین با مقایسه استحکام کششی نمونه‌های حاوی نانورس مشخص می‌شود که استحکام کششی نمونه P70C بسیار بیشتر است که به دلیل بین لایه‌ای شدن بیشتر نانو لایه‌ها و توزیع یکنواخت‌تر آن‌ها در نمونه است و تاییدی بر نتیجه‌های SEM، XRD و رفتار رئولوژیکی است.



شکل ۵ تصویرهای SEM از سطح شکست آمیزه PVC/ENR50 (الف) P70 ، (ب) P70C ، (ج) P50 و (د) P50C



	P50C	P50	P70C	P70
استحکام کششی	11.458	11.042	17.108	12.05
ازدیاد طول تا پارگی %	248.689	480.293	167.895	202.857

شکل ۶ استحکام کششی و درصد ازدیاد طول تا پارگی آمیزه‌های PVC/ENR50 در دو ترکیب درصد متفاوت با و بدون نانورس

شکل ۶ درصد ازدیاد طول تا پارگی نمونه‌های PVC/ENR50 حاوی ۳٪ وزنی Cloisite30B و فاقد نانورس را نشان می‌دهد. در شکل مشهود است با افزودن نانورس Cloisite30B به آمیزه PVC/ENR50 درصد ازیاد طول نمونه به شدت کاهش می‌یابد. کاهش درصد ازدیاد طول نمونه به‌دلیل ایجاد بر هم کنش لایه‌های نانورس و آمیزه است که در نتیجه آزادی زنجیرها کاسته شده و ازدیاد طول تا پارگی کم می‌شود [۱۸]. نمونه‌های P70C و P50C به ترتیب درصد ازیاد طول کمتری نسبت به نمونه‌های P70 و P50 دارند. نمونه P70C درصد ازدیاد طول تا پارگی کمتری نسبت به نمونه P50C دارد که به‌دلیل بین لایه‌ای شدن صفحات نانورس و برهم‌کنش بیشتر ذرات نانو با بستر پلیمری و در نتیجه محدود شدن تحرکات زنجیرها در این نمونه است. همچنین در شکل مشاهده می‌شود نمونه P50 بیشترین درصد ازدیاد طول را دارد که به‌دلیل بیشتر بودن میزان لاستیک ENR50 در آمیزه است.

نتیجه گیری

نتیجه‌های به‌دست آمده از تصویرهای XRD نشان داد، با افزودن نانو رس اصلاح شده Cloisite30B به آمیزه PVC/ENR50 در دو ترکیب درصد ۷۰/۳۰ و ۵۰/۵۰ به روش اختلاط مذاب، نانو لایه‌ها به خوبی بین لایه‌ای شده‌اند. افزایش گرانروی مختلط و مدول ذخیره نسبت به بسامد، به‌ویژه در بسامدهای کم، بیانگر توزیع یکنواخت نانولایه‌ها در آمیزه و همچنین بر هم کنش مناسب بین نانو لایه‌ها و بستر پلیمری است. همچنین استحکام کششی آمیزه‌های حاوی نانورس در هر دو ترکیب درصد افزایش یافته است. همچنین نتیجه‌های رئولوژی مذاب نمونه‌ها نشان داد، آمیزه PVC/ENR50 با ترکیب درصد ۷۰/۳۰ حاوی نانو رس نسبت به آمیزه حاوی نانورس با ترکیب درصد ۵۰/۵۰ دارای گرانروی مختلط و مدول ذخیره بالاتری است که آن را می‌توان به توزیع یکنواخت تر نانورس قطبی Cloisite 30B در بستر آلیاژ قطبی تر با میزان PVC بیشتر نسبت داد. سطح زبرتر به‌دست آمده از سطح شکست نانوکامپوزیت با ترکیب درصد ۷۰/۳۰ مشاهده شده در تصویرهای SEM و استحکام کششی بیشتر آن نیز نشانگر افزایش چسبندگی و سطح تماس بین نانورس و ماتریس پلیمری در این نمونه است که نتیجه‌های قبلی را تایید می‌کند.

مراجع

[1] Messadi,D.;JeanMaurice,V.;Marc,H.;Journal of Applied Polymer Science, 26, 667-677, 1981.

[2] Perera, M.; Ishiaku, U.; Ishak, Z.; Polymer degradation and stability, 68, 393-402, 2000.

[3] Esmizadeh, E.; Naderi, G.; Ghoreishy, M.; Bakhshandeh, G.; Iran. J. Polym. Sci. Technol. (In Persian), 23, 293-304, 2010.
[4] Gelling, I.; NR Technology, 16, 1-2, 1985.
[5] Ramlee, N.A.; Ratnam, C.T.; Alias, N.H.; Rahman, M.F.A.; International Journal of Science and Engineering, 6, 24-30, 2014.
[6] Ratnam, C.; Zaman, K.; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 152, 335-342, 1999.
[7] Ratnam, C.T.; Nasir, M.; Baharin, A.; Zaman, K.; Journal of applied polymer science, 81, 1914-1925, 2001.
[8] Ratnam, C.; Polymer Testing, 21, 93-100, 2002.
[9] Ramlee, N.A.; Ratnam, C.T.; Rahman, S.A.; Samat, N.A.A. "Incorporation of TiO_2 nanoparticles in PVC/ENR blends," in Business Engineering and Industrial Applications Colloquium (BEIAC), 2013 IEEE , 557-560, 2013.
[10] Mai, Y.-W.; Yu, Z.-Z.; Polymer nanocomposites: CRC press Boca Raton, FL, 2006.
[11] Varughese, K.; Nando, G.; De, P.; De, S.; Journal of Materials Science, 23, 3894-3902, 1988.
[12] Varughese, K.; Nando, G.; De, P.; De, S.; Journal of Materials Science, 23, 3894-3902, 1988.
[13] Andrady, A.; Hamid, H.; Torikai, A.; Photochemical & Photobiological Sciences, 6, 311-318, 2007.
[14] Karim, J.; Ahmad, A.; Abdullah, I.; Dahlan, H.; Journal of sol-gel science and technology, 62, 7-12, 2012.
[15] Jon, N.; Abdullah, I.; Othaman, R.; SAINS MALAYSIANA, 42, 469-473, 2013.
[16] Ray, S.S.; Okamoto, M.; Prog. Polym. Sci., 28, 1539-1641, 2003.
[17] Tavakoli, M.; Katbab, A.A.; Nazockdast, H.; Journal of Macromolecular Science, Part B, 50, 1270-1284, 2011.
[18] Jowdar, E.; Beheshty, M.; Atai, M.; Science and Technology, 24, 83-92, 2011

Study of microstructure of nanocomposites based on PVC/ENR50 blends

M. Sharifi-Teshnizi[1] and M. Tavakoli[2,*]

1. MSc in Polymer Engineering, Faculty of Engineering, University of Yazd, Iran
2. Assistant Prof. of Polymer Engineering, Department of Chemical and Polymer Engineering, Faculty of Engineering, University of Yazd, Iran

Recieved: October 2014, Revised: March 2015, Accepted: April 2015

Abstract: Blends of Poly Vinyl Chloride/Epoxidized Natural Rubber (PVC/ENR50) with 70/30 and 50/50 wt%, based on nanocomposites containing the constant amount of organoclay (3 wt% Cloisite30B) were prepared by melt mixing process. XRD, SEM and RMS were used to study the nonocomposite microstructure, dispersion of nanolayers and rheological properties, respectively. Mechanical properties of samples were investigated by tensile test. XRD images indicated intercalation structure of nanolayers in the polymer blends. Also, the melt rheological behavior demonstrated that the addition of organoclay to the PVC/ENR50 blend increases the complex viscosity and storage modulus becomes independent of frequency in low frequency which indicates uniform dispersion and enhanced interaction between nanolayers and polymer matrix. The obtained results revealed that the addition of Closite30B to PVC/ENR50 compound with 70/30 wt% composition had enhanced properties compared to the sample containing 50/50 wt% composition. This can be attributed to uniform dispersion of closite30B in the more polar matrix blend that contains more PVC. SEM images from fractured surface of samples and also results of the mechanical properties are consistent with the results mentioned above.

Keywords: Poly Vinyl Chloride (PVC)/Epoxidized Natural Rubber (ENR), Blend, Organoclay, Nanocomposite, Microstructure

*Corresponding author Email: mtavakoli@yazd.ac.ir