تهیه آمیخته نانوکامپوزیت UPVC/SAN/Ag-TiO_2 به روش قالب ریزی و بررسی خواص فیزیکی ومکانیکی آن

نیکو فرجی[۱و۲]، مریم فربودی [۱و۲*]، احمد امیرشقاقی[۳]

چکیده

در این پژوهش پلیمر UPVC (پی وی سی سخت) با پلیمر SAN (استایرن آکریلو نیتریل) در حضور و عدم حضور نانو ذرات نقره و دی اکسیدتیتانیوم به روش قالب‌ریزی محلول آمیخته شد. نتایج FT-IR تایید کرد که این دو پلیمر با یکدیگر به صورت آمیخته در آمده و سازگار می‌باشند. خواص مکانیکی آمیخته‌های پلیمری تهیه شده با درصدهای وزنی متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون خواص مکانیکی، افزایش مقادیر استحکام کششی(حداکثر ۲۵/۹درصد نسبت بهUPVC)، مدول یانگ (حداکثر ۲۱/۵درصد نسبت به SAN) و ازدیاد طول پارگی (حداکثر ۷۵درصد نسبت به UPVC)را در آمیخته‌ها نسبت به پلیمرهای خالص نشان می‌دهد. همچنین، افزودن ۰/۲ درصدوزنی مخلوط نانوذرات نقره و دی اکسیدتیتانیوم به آمیخته‌های UPVC/SAN سبب کاهش مدول (حداکثر ۵۳درصد)، استحکام کششی (حداکثر ۷۰درصد) و نیز افزایش ازدیاد طول پارگی (حداکثر ۳۰۰درصد)نسبت به آمیخته‌ها شد. افزون بر این، آزمون گرما وزن سنجی (TGA) نشان داد، افزودن این نانوذرات سبب افزایش پایداری حرارتی آمیخته می‌شود. از تکنیک میکروسکوپ الکترونی نوری برای بررسی مورفولوژی فیلم نانوکامپوزیتی تهیه شده استفاده گردید.

واژه‌های کلیدی: پلی وینیل کلراید(PVC)- پلی استایرن آکریلو نیتریل(SAN)- نانوذرات -نقره - دی اکسید تیتانیوم- قالب ریز.

[۱]- گروه شیمی، واحد علوم و تحقیقات آذربایجان شرقی، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
[۲]- گروه شیمی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
[۳]- اهر، ایران گروه شیمی، واحد اهر ،دانشگاه آزاد اسلامی
* -m.farbodi@iaut.ac.ir

پیشگفتار

پیشرفت‌های صنعتی و تحول زندگی به وجود آمده در قرن حاضر بدون پلیمرها امکان پذیر نبوده و این مواد با ارزش، چنان در زندگی روزمره رسوخ نموده‌اند که عملاً بدون آن‌ها زندگی قابل تصور نمی‌باشد. در حال حاضر تعداد و تنوع پلیمرها که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم کاربرد دارند به هزاران مورد می‌رسد. با توجه به نیازهای جدید، محصولات تک پلیمری در اکثر موارد، دیگر نمی‌تواند جوابگوی نیازهای امروزی باشد، چرا که در اغلب کاربردها مجموع چندین خاصیت مورد نظر است. لزوم به کارگیری آمیخته‌های (Blend) پلیمری در تمامی صنایع به ویژه در صنعت شکل‌دهی پلیمرها برای به دست آوردن خواص بهتر و دائمی امری بدیهی و اجتناب پذیر است[۱]. آمیخته کاری و اختلاط دو یا چند پلیمر، افزون بر این که روش اقتصادی برای به دست آوردن پلیمرهای جدید با خواص مطلوب است، راهکاری کاملاً شناخته شده جهت دست یافتن به خواص ویژه بدون نیاز به سنتز می‌باشد[۲].

پلی وینیل کلراید سخت یا UPVC (Unplasticized Poly Vinyl Chloride) جزو پلیمرهای عمومی با گستره وسیعی از مصارف صنعتی و خانگی است که قیمت پایین آن نسبت به سایر پلیمرها استفاده گسترده از آن را توجیه می‌کند؛ اما UPVC به تنهایی یک ماده شکننده است که پایداری حرارتی پائینی نیز دارد به همین دلیل با افزودنی‌های متفاوت در انواع متعدد، تولید و استفاده می‌شود. قابلیت UPVC در اختلاط با افزودنی‌ها آن را به ماده‌ای با خواص گسترده اعم از ماده‌ای سخت و سفت تا ماده‌ای نرم (و حتی فیلم) تبدیل کرده است. این افزودنی‌ها شامل عوامل لیز کننده، نرم کننده، رنگدانه‌ها، واکس‌ها، پرکننده‌ها، کمک فرآیندها، اصلاح کننده‌های ضربه و پایدارکننده‌های حرارتی می‌باشند[۳]. افزون بر این، از پلیمرهای دیگر نیز برای تولید آمیخته پلیمری با UPVC استفاده شده است که می‌توان به آکریلو نیتریل بوتادین استایرن (ABS)، پلی اتیلن (PE) وکوپلیمراستایرن اکریلونیتریل (SAN) اشاره نمود[۶-۴].

کوپلیمراستایرن اکریلونیتریل از جمله پلیمرهای گرمانرم شفاف است که به دلیل دارا بودن خواص مکانیکی قابل قبول، مقاومت شیمیایی خوب و قیمت ارزان نسبت به سایر کوپلیمرهای استایرنی در زمره پرمصرف‌ترین آن‌ها قرار دارد[۷]. علاوه بر آن به دلیل ماهیت قطبی اکریلونیتریل این کوپلیمر مقاومت بهتری در برابر روغن‌ها و گریس‌ها دارد. هم‌چنین، نقطه نرمی این کوپلیمر بالا بوده و در برابر به وجود آمدن ترک، شکاف و فشار مقاوم می‌باشد. SAN در مقایسه با هموپلیمرها، مقاومت ضربه‌ای بیش‌تری بدون از دست دادن شفافیت دارد و می‌توان آن را به هریک از روش‌های امولسیونی، سوسپانسیونی و توده‌ای تولید نمود. این کوپلیمر در صنایعی همچون ساخت ظروف شفاف، لوازم التحریر، خوردوسازی و تولید پلیمر مهندسی ABS به کار می‌رود[۸]. با توجه به مزایای فوق، حضور SAN در کنار UPVC به صورت آمیخته پلیمری می‌تواند برخی از معایب UPVC را مرتفع سازد. هم‌چنین بررسی منابع نشان می‌دهد، آمیخته‌سازیPVC با ABS سبب بهبود خواص، از جمله خاصیت ضربه پذیری آمیخته نسبت به مواد اولیه می‌شود[۴]. با توجه به اینکه در ABS پلی بوتادین به عنوان یک ترکیب فرعی در ماتریس SANپراکنده شده است، بنابراین برهمکنش بین SAN و UPVC در آمیزه UPVC/ABS، عامل مهمی برای سازگاری مطلوب است[۹]. از این رو انتظار می‌رود، پلیمر SAN نیز بتواند به عنوان یک ترکیب مستقل به UPVC اضافه شده و خواص نهایی آمیخته پلیمری را نسبت به مواد اولیه بهبود بخشد.

از سوی دیگر، امروزه با ظهور نانوتکنولوژی، استفاده از نانوذرات در ساختار پلیمرها و آمیخته‌های پلیمری به عنوان راهکار نوین جهت بهبود خواص مواد پلیمری مورد نظر است[۱۰]. از آن جمله می‌توان به تهیه نانوکامپوزیت‌های پلی وینیل کلراید با نانوذرات مونت موریلونیت، کربن نانوتیوپ، دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی اشاره نمود که در بهبود بسیاری از خواص پلیمرها نقش دارند[۱۵-۱۱]. به عنوان مثال، نانوکامپوزیت PVC- مونت موریلونیت از طریق پخش کردن نانوساختار مونت موریلونیت در ماتریس پی وی سی تهیه شده و فیلم‌های نانوکامپوزیت پی وی سی - مونت موریلونیت به روش محلول و با درصدهای وزنی گوناگون تهیه گردیده است. پراش اشعه ایکس و منحنی‌های تنش - کرنش به دست آمده است. اطلاعات به دست آمده از منحنی‌های تنش

کرنش موید تقویت خواص مکانیکی نانوکامپوزیت در حضور نانوساختار مونت موریلونیت بوده است[۱۱].

در این پژوهش با هدف دستیابی به آمیخته‌ای با خواص بهبود یافته نسبت به مواد اولیه، UPVC با پلیمر SAN به روش محلول آمیخته شده و خواص فیزیکی و مکانیکی آن با انجام آزمایش‌های لازم مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه کار به منظور بهره مندی از خواص نانوذرات نقره و تیتانیوم، تاثیر مخلوط این نانوذرات بر روی خواص مکانیکی آمیخته هیبریدی UPVC/SAN/Ag-TiO_2 نیز مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی

PVC گرید تجاری B-3160 (k-value 60) تولید شرکت پتروشیمی بندر امام خمینی(ره)، SAN تولید شرکت TPC (شرکت پتروشیمی تبریز) با ۲۵درصد وزنی AN (اکریلونیتریل)، حلال MEK (متیل اتیل کتون) ساخت شرکت مرک آلمان و مخلوط نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم به نسبت وزنی ۱ به ۹ به ترتیب با اندازه ذرات ۲۰ الی ۴۰ نانومتر و ۶۰ الی ۴۰۰ نانومتر. مواد تهیه شده بدون خالص سازی و به همان صورت که خریداری شده بودند، مورد استفاده قرار گرفته است.

تجهیزات

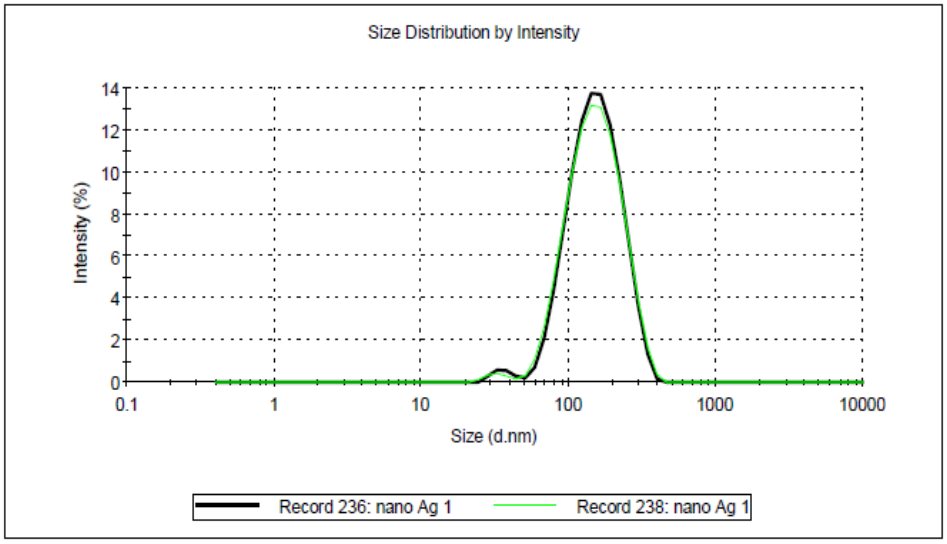
در این پژوهش از دستگاه کشش مدل GOTETH AI-7000 M، دستگاه DLS مدل Zetasizer nano zs ساخت شرکت Malvern، دستگاه UV-Vis مدل ۲۰۰۰ Hach، دستگاه TGA مدل F1 MAIA ساخت شرکت NETZSCH آلمان، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، مدل ۳ MIRA-TESCAN، ساخت کشور چک و دستگاه طیف سنجی FT-IR، مدل Tensor ۲۷، ساخت کشور آلمان استفاده شده است.

تعیین اندازه ذرات نانومتری

برای به دست آوردن اندازه و توزیع اندازه ذرات نانومتری نقره و دی اکسید تیتانیوم که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته از آزمون‌های DLS و UV-Vis استفاده شد.

آزمون DLS

مطابق شکل (۱) بررسی توزیع و اندازه ذرات در محلول نشان از حضور دو نوع ذره است. ذراتی با اندازه حدود ۲۰-۴۰nm که مربوط به Ag است و ذراتی با اندازه حدود ۶۰-۴۰۰nm که مربوط به TiO_2 است.



شکل ۱- DLS نمونه محلول Ag/TiO_2

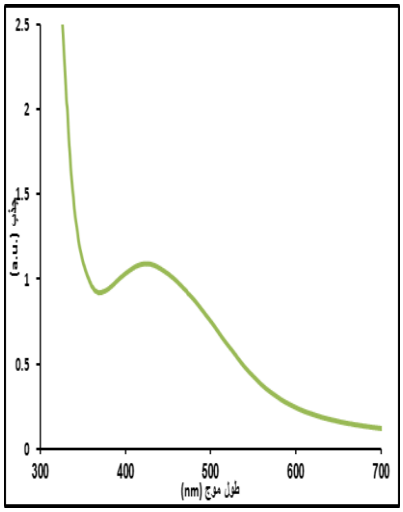
بررسی جذب محلول نقره با استفاده از آزمون UV-Vis

شکل (۲) بررسی‌های آزمون UV-Vis محلول جذب در ناحیه ۴۲۰nm را نشان می‌دهد که مربوط به نانو ذره Ag در محلول می‌باشد (شکل۲ الف). جذب در این ناحیه مربوط به ذراتی است که اندازه آن‌ها کم‌تر از ۱۰۰nm است[۱۶].

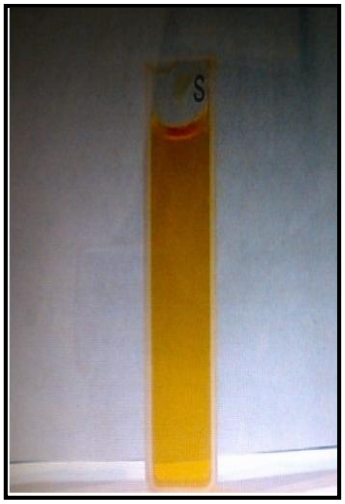
(شکل ۲ ب) نشان دهنده محلول زرد رنگی می‌باشد که ناشی از حضور ذرات نانومتری Ag است. حضور ذرات درشت‌تر دی اکسید تیتانیوم سبب تغییر رنگ محلول از زرد به قهوه‌ای می‌گردد.

روش تهیه آمیخته‌های UPVC/SAN و $UPVC/SAN/Ag\text{-}TiO_2$

برای تهیه آمیخته UPVC/SAN از روش قالب‌ریزی استفاده شد. برای این منظور درصدهای وزنی مشخصی از UPVC و SAN (مجموعا ۰/۶گرم) که در جدول (۱) آورده شده است در ۴۰ میلی لیتر حلال MEK در دمای حدود ۶۵°C توسط همزن (۱۵۰ دور در دقیقه) به مدت ۲ ساعت هم زده و حل شد. محلول فوق حاوی مقادیری حباب ریز ناشی از به هم خوردن می‌باشد که برای جدا شدن آن‌ها از محلول به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار داده شد. برای تهیه فیلم مورد نیاز، قالب‌هایی با ابعاد ۵×۱۵ سانتی متر مربع تهیه شد. محلول تهیه شده به آرامی در داخل قالب ریخته شد و سپس در داخل آون در دمای ۵۰°C قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت فیلم تهیه شده با ضخامت تقریبی ۲۰ الی ۳۰ میکرو متر از قالب جدا و برای انجام تست‌های مورد نظر به کار گرفته شد. برای بررسی اثر نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم بر روی خواص این نمونه‌ها، مخلوط نانوذرات فوق با ۰/۲ و ۰/۴ درصد وزنی به محلول هر یک از نمونه‌های جدول (۱) اضافه شد و پس از تهیه فیلم، تست‌های مورد نیاز انجام گردید.



الف



ب

شکل ۲- الف) طیف UV-Vis محلول Ag/TiO_2 ب) تصویری از نانو محلول نقره

جدول ۱- درصد وزنی آمیخته‌های UPVC/SAN

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
درصد وزنی	۱۰۰ ٪ SAN	۸۰٪ SAN ۲۰٪ UPVC	۶۰٪ SAN ۴۰٪ UPVC	۴۰٪ SAN ۶۰ ٪ UPVC	۲۰٪ SAN ۸۰٪ UPVC	۱۰۰ ٪UPVC

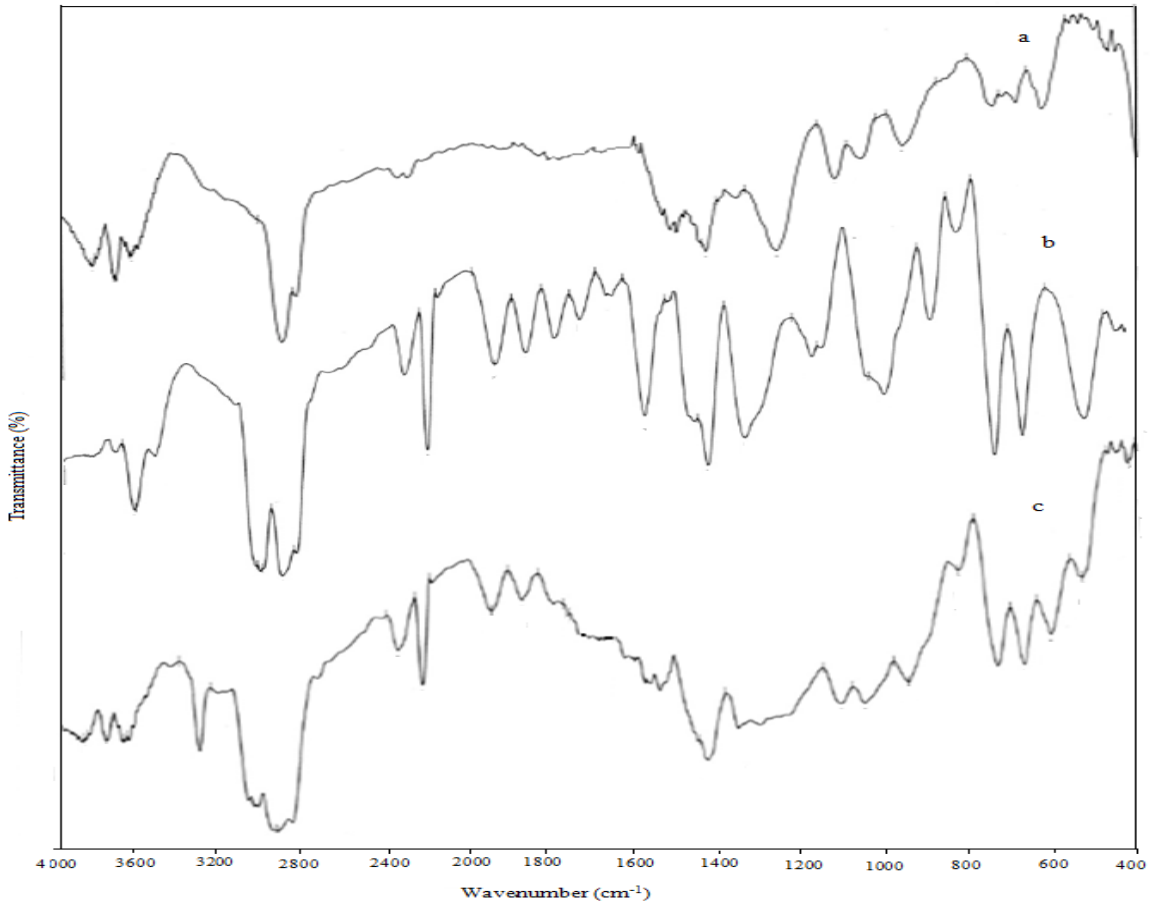
نتایج و بحث

بررسی طیف سنجی FT-IR

در این پژوهش به منظور بررسی ساختار آمیخته‌های تهیه شده، سه نمونه برای ثبت طیف FT-IR انتخاب شد. دو نمونه مربوط به UPVC و SAN خالص و یک نمونه دیگر مربوط به آمیخته UPVC/SAN با ترکیب ۶۰/۴۰ می‌باشند. در شکل (۳-a) طیف UPVC خالص نشان داده شده است. با توجه به ساختار UPVC پیک‌های شاخص عبارتند از: پیک ناحیه کششی (C–Cl) در محدوده (cm^{-1} ۶۰۰~۸۰۰) و پیک ناحیه کششی (C–H) درمحدوده (cm^{-1} ۲۷۵۰~۳۰۰۰).

در شکل (۳-b) طیف SAN خالص نشان داده شده است. با توجه به ساختار SAN پیک‌های شاخص عبارتند از: پیک ناحیه کششی حلقه آروماتیک در محدوده (cm^{-1} ۱۴۵۰~۱۶۵۰)، پیک ارتعاشی (C≡N) در محدوده (cm^{-1} ۲۰۰۰~۲۵۰۰) و پیک ارتعاشی (C–H) در محدوده فرکانسی (cm^{-1} ۲۵۰۰~۳۰۰۰).

در شکل (۳-c) نمودار طیف FT-IR مربوط به آمیختهUPVC/SAN با ترکیب وزنی ۶۰/۴۰ نشان داده شده است. پیک‌های شاخص این آمیخته عبارتند از: پیک ناحیه کششی (C–Cl) در محدوده فرکانسی (cm^{-1} ۶۰۰~۸۰۰)، پیک ناحیه کششی حلقه آروماتیک در محدوده (cm^{-1} ۱۴۵۰~۱۶۵۰)، پیک ناحیه کششی (C=O) در محدوده (cm^{-1} ۱۷۰۰~۱۷۳۰) و پیک ارتعاشی (C≡N) در محدوده فرکانسی (cm^{-1} ۲۵۰۰~۳۰۰۰).



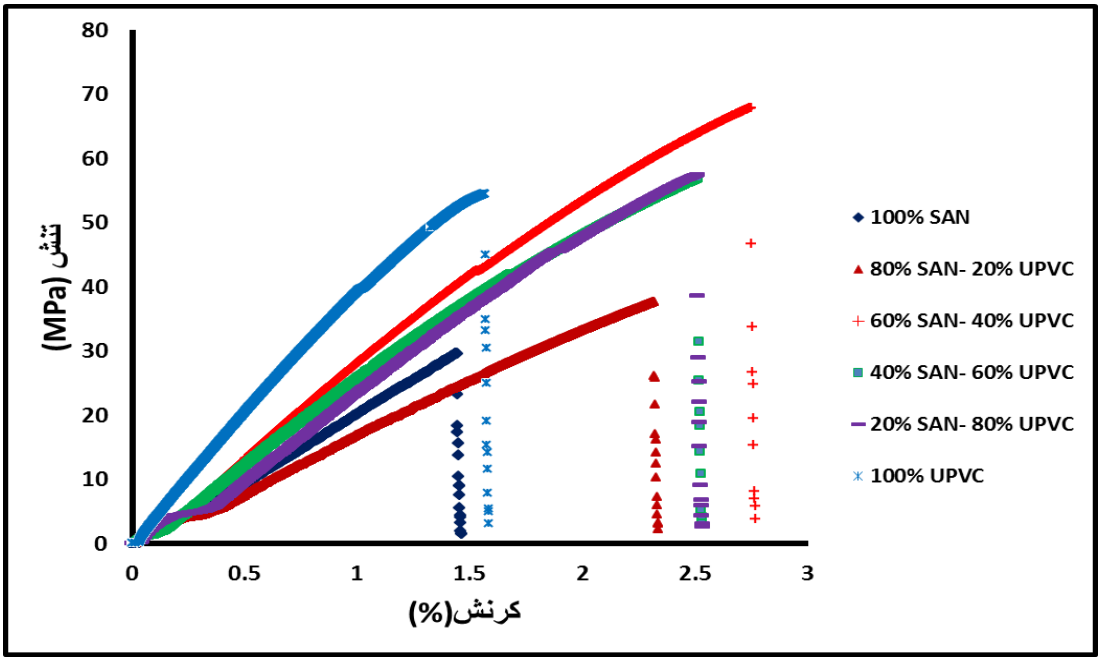
شکل ۳- طیف FT-IR مربوط به(a) UPVC, (b) SAN, (c)آمیخته UPVC/SAN با درصد وزنی ۶۰/۴۰

همان‌گونه که مشخص است پیک‌های شاخص پلیمرهای خالص در طیف FT-IR آمیخته به خوبی قابل تشخیص بوده و این امر نشان دهنده آن است که ساختار آمیخته با دو پلیمر اصلی یکی بوده و جابجایی اندک پیک‌های شاخص نشان دهنده وجود برهمکنش بین این دو پلیمر می‌باشد.

بررسی خواص مکانیکی

برای بررسی خواص مکانیکی فیلم‌های تهیه شده از آمیخته‌های UPVC/SAN، آزمون کشش انجام شد. از داده‌های به دست آمده، منحنی‌های تنش - کرنش شکل (۴) رسم گردید. از این نمودارها پارامترهای ازدیاد طول تا نقطه پارگی، حداکثر استحکام کششی و مدول یانگ استخراج شد.

جدول (۲)، مقادیر مدول یانگ فیلم‌های تهیه شده آورده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود به استثنای نمونه ۲، در بقیه آمیخته‌ها حضور UPVC که دارای بیش‌ترین مدول می‌باشد، سبب افزایش مدول یانگ آمیخته‌ها نسبت به SAN خالص شده است.



شکل ۴- نمودار تنش-کرنش آمیخته‌های UPVC/SAN

جدول ۲- مقادیر پارامترهای مدول یانگ، حداکثر نیروی پارگی و حداکثر ازدیاد طولی آمیخته‌های UPVC/SAN

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
مدول یانگ (MPa)	۲۰	۱۷/۴	۲۴/۳	۲۲/۵	۲۲/۵	۳۲/۷
حداکثر نیروی پارگی (MPa)	۳۰	۴۰	۶۸	۵۶	۵۶	۵۴
حداکثر ازدیاد طولی(%)	۱/۵	۲/۳	۲/۸	۲/۵	۲/۵	۱/۶

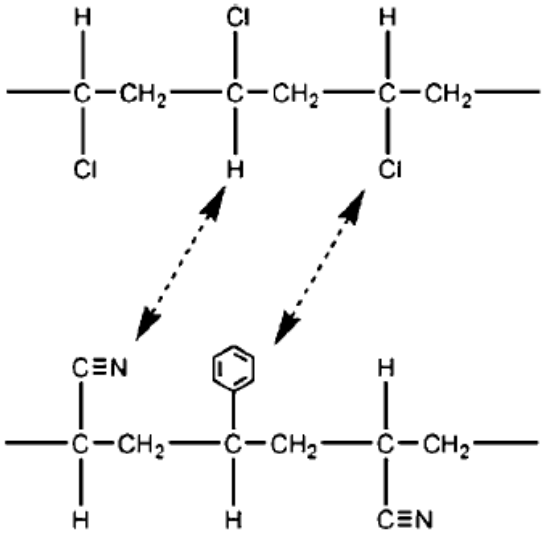
هم‌چنین در جدول (۲) مقادیر حداکثر نیروی پارگی برای نمونه‌ها آورده شده است. مقایسه نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، به استثنای نمونه ۲، آمیخته‌سازی سبب تقویت زمینه پلیمری شده و نیروی بیش‌تری برای پارگی لازم است. دلیل این پدیده عمدتا مربوط به برهمکنش مناسب بین زنجیره‌های پلیمری در حضور گروهای قطبی در هر دو زنجیر است. وجود گروه‌های کلر و نیتریل برهمکنش‌های قویتری بین زنجیرها ایجاد می‌کند در نتیجه نیروی بیش‌تری برای پارگی لازم است (شکل ۵).

در جدول (۲) مقادیر ازدیاد طولی آمیخته‌های UPVC/SAN نیز گزارش داده شده است که نشان دهنده افزایش ازدیاد طولی آمیخته‌ها نسبت به پلیمرهای خالص می‌باشد و ناشی از کاهش خاصیت شکنندگی در آمیخته‌ها بوده است. پلیمر SAN به دلیل داشتن گروه قطبی آکریلونیتریل و گروه تقریبا غیر قطبی استایرن به عنوان روان کننده می‌تواند در بین زنجیره‌های پلیمری عمل کند. این اتفاق، سبب افزایش میزان ازدیاد طولی نمونه‌ها می‌گردد.

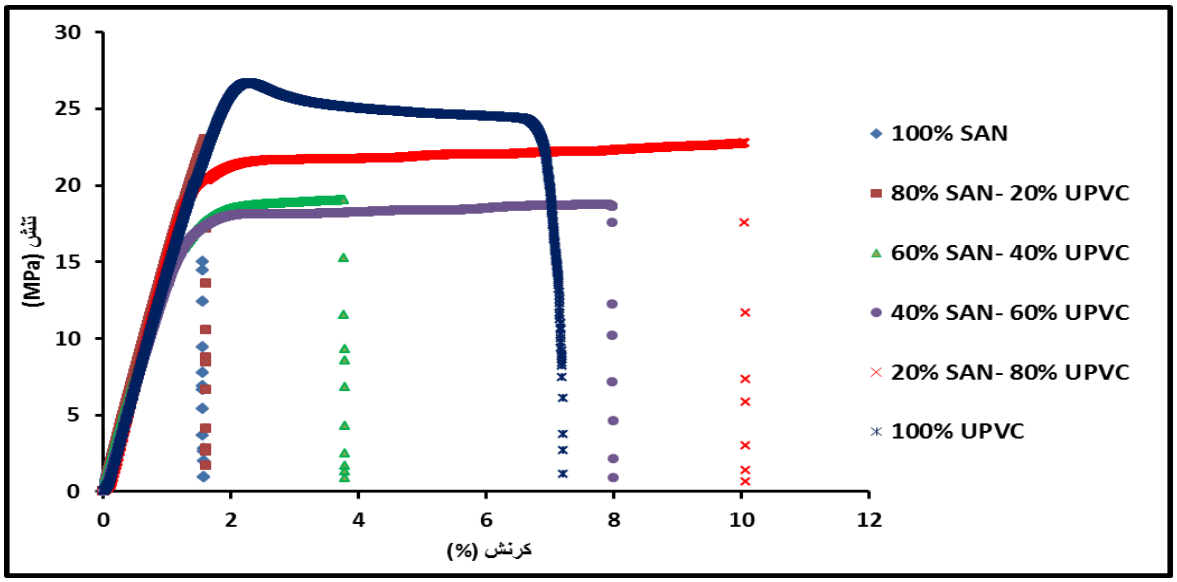
خواص مکـانیکی آمیختـه‌هـای-UPVC/SAN/Ag-TiO_2

به منظور بررسـی تـاثیر حضـور ذرات نـانومتری بـر خواص مکانیکی آمیخته‌های UPVC/SAN منحنی تنش-کـرنش آمیختـه‌هـا بـا اسـتفاده از روش اسـتاندارد ASTM(D-638)، در حضـور ۰/۲ و ۰/۴ درصـد وزنـی از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم ثبت گردیـد. منحنـی تنش-کرنش آمیخته‌ها در حضور ۰/۲ و ۰/۴درصـد وزنـی از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم درشـکل (۶) نشـان داده شده است. از منحنـی تـنش-کـرنش، مقـادیر مـدول یانگ، حداکثر نیروی کششـی و ازدیـاد طـولی در حضـور ۰/۲ و ۰/۴ درصـد وزنـی از مخلـوط نـانوذرات اسـتخراج گردید که در جدول (۳)آورده شده است.

از بررسی نمودار تـنش-کـرنش شـکل (۶) تـاثیرات زیـاد حضور ۰/۲ درصـد وزنـی از نـانوذرات نقـره و دی اکسـید تیتانیوم بر آمیخته قابل استنباط است. چنانچه در جـدول (۳) مشاهده می‌شود، وجود نـانو ذرات نقـره و دی اکسـید تیتانیوم، سبب افـزایش شـکل پـذیری آمیختـه و کـاهش شکنندگی آن می‌شود. در نتیجه بـر خـلاف انتظـار باعـث کاهش مقدار مدول و کاهش مقدار نیروی پارگی می‌شود.



شکل۵-برهمکنش‌های بین UPVC و SAN[۱۷]



شکل ۶- اثر افزودن ۰/۲ درصد وزنی مخلوط نانو ذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم بر رفتار تنش-کرنش آمیخته‌های UPVC/SAN با درصدهای وزنی متفاوت

دلیل کاهش مقدار نیروی پارگی را شاید بتوان به کاهش برهمکنش بین زنجیرهای پلیمری UPVC/SAN در اثر حضور نانوذرات، خصوصا ذرات درشت دی اکسید تیتانیوم (در محدوده ۴۰۰-۶۰ نانومتر)نسبت داد. همان گونه که از مقادیر گزارش شده در جدول (۳) مشخص است، با افزایش درصد نانوذرات، کاهش مقدار نیروی پارگی نیز بیش‌تر است. از طرف دیگر، در اثر کاهش برهمکنش بین زنجیرهای پلیمری UPVC/SAN، پلیمر SAN بیش‌تر در نقش روان کننده در بین زنجیره‌های پلیمری عمل کرده و این اتفاق، سبب کاهش مدول و افزایش میزان ازدیاد طولی نمونه‌های نانوکامپوزیتی در حضور درصدهای وزنی مختلف نانوذرات می‌گردد.

با توجه به نتایج حاصله، در حضور ۰/۲ درصد وزنی ازمخلوط نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم، نمونه شماره چهار (۴۰٪SAN-۶۰٪UPVC) نسبت به بقیه آمیخته‌ها، دارای بیش‌ترین مقادیر برای پارامترهای مدول یانگ، حداکثر نیروی کششی و ازدیاد طولی آمیخته‌ها بوده است و به عنوان بهترین حالت آمیخته‌های UPVC/SAN در حضور نانوذرات انتخاب شد.

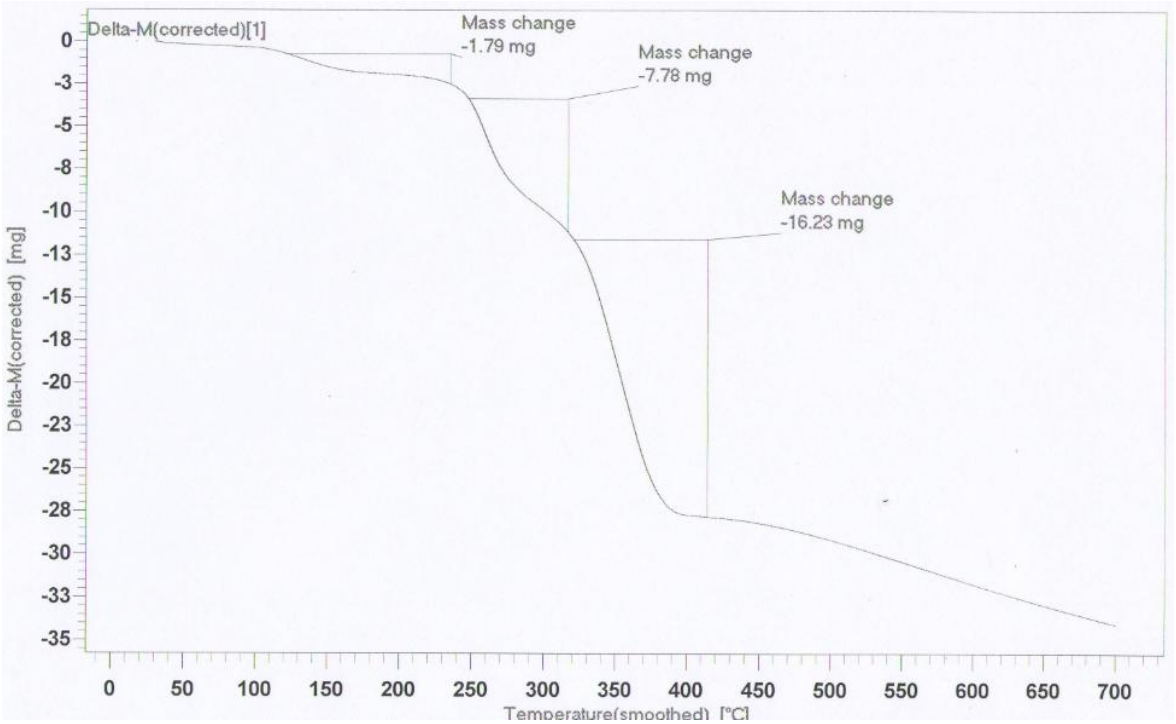
با توجه به مقایسه پارامترهای مدول کشسانی، حداکثر نیرو برای پارگی و حداکثر ازدیاد طولی برای آمیخته‌های UPVC/SAN در حضور و عدم حضور نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم می‌توان چنین نتیجه گرفت که اگر هدف افزایش سختی و نیروی پارگی باشد، آمیخته‌سازی به تنهایی کافی می‌باشد. در حالی که اگر هدف شکل پذیری و افزایش ازدیاد طولی پلیمرها باشد، استفاده از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم موثر خواهد بود.

جدول ۳- مقادیر پارامترهای مدول یانگ، حداکثر نیروی پارگی و حداکثر ازدیاد طولی نانوکامپوزیت‌های UPVC/SAN/Ag-TiO2

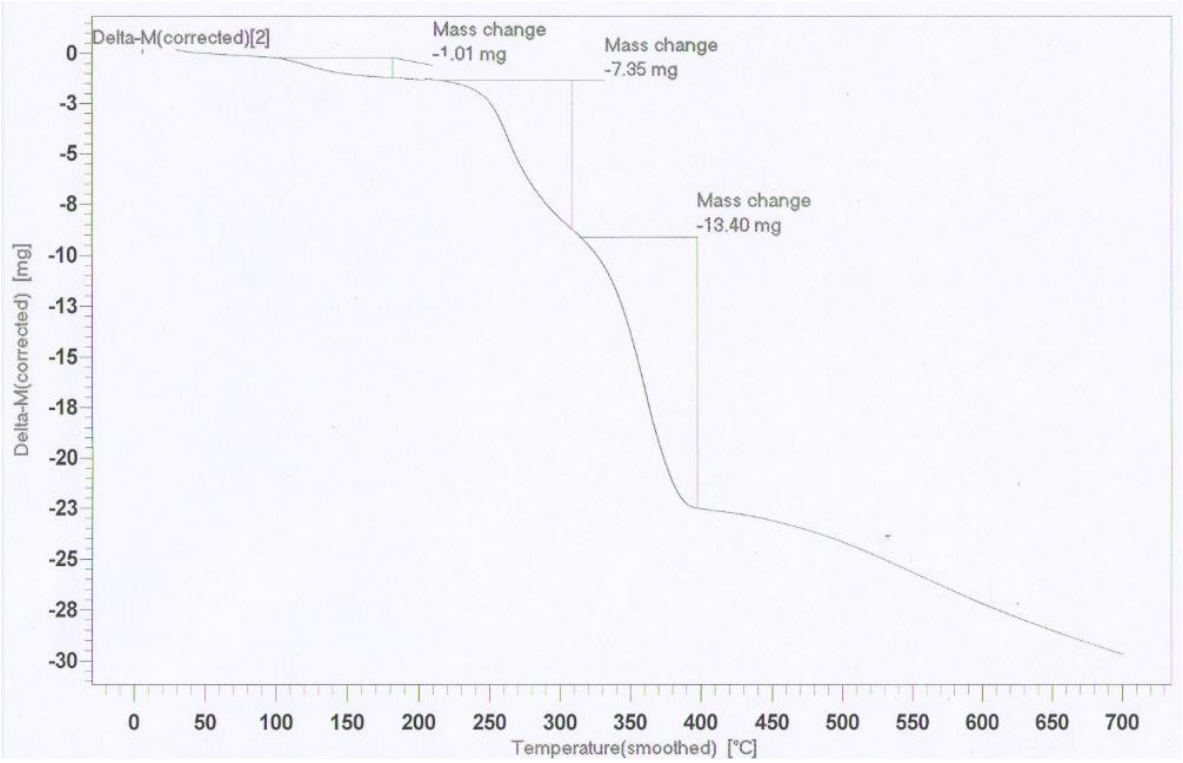
شماره نمونه	۱		۲		۳		۴		۵		۶	
درصد وزنی نانوذرات نقره- دی اکسید تیتانیوم	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۴	۰/۲	۰/۴
مدول(MPa)	۱۴/۳۷	۱۲/۵	۱۴/۳۷	۸/۸	۱۱/۳	۱۳	۱۱	۱۲	۱۴	۱۵/۵	۱۴/۱	۱۷
حداکثر نیروی پارگی(MPa)	۲۳	۲۰	۲۳	۱۵	۱۹/۵	۱۷	۱۹	۱۸	۲۳	۲۲	۲۷	۲۶/۵
حداکثر ازدیاد طولی(%)	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱/۷	۳/۶	۲/۹	۸	۸	۱۰	۸/۱	۷/۳	۴/۶

نتایج حاصل از گرما وزن‌سنجی (TGA)

شکل (۷) نمودار TGA مربوط به آمیخته UPVC/SAN با در صدهای وزنی ۴۰/۶۰ و شکل (۸) نمودار TGA مربوط به آمیخته تهیه شده از ترکیب فوق در حضور۰/۲ درصد وزنی از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم می‌باشد. مشاهده می‌شود که T_0 برای UPVC/SAN برابر ۸۵ و برای UPVC/SAN/Ag در حدود ۹۵ درجه سانتی‌گراد، T_5 برای آمیخته UPVC/SAN،۲۶۰ و برای UPVC/SAN/Ag، ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد است، T_{10} برای UPVC/SAN۳۰۰ و برای UPVC/SAN/Ag ، ۳۳۰ درجه سانتی‌گراد و در نهایت T_{max} برای UPVC/SAN در حدود ۳۵۰ و برای نانوکامپوزیت درحدود ۳۷۰ درجه سانتی‌گراد است. از اختلاف دماهای تخریب موجود بین نمونه‌های UPVC/SAN با (درصدهای وزنی ۴۰/۶۰) و نانوکامپوزیت (آمیخته) مشخص می‌شود که افزودن نانوذرات معدنی دی اکسید تیتانیوم و نقره به ساختار آمیخته موجب افزایش پایداری حرارتی آن می‌شود. این نتایج با نتایج بدست آمده توسط سایر محققین همخوانی دارد[۱۸، ۱۹].



شکل ۷- نمودار گرما وزن‌سنجی (TGA) مربوط به آمیخته UPVC/SAN با درصد وزنی ۴۰/۶۰



شکل ۸- نمودار گرما وزن‌سنجی (TGA) مربوط به آمیخته UPVC/SAN با درصد وزنی ۴۰/۶۰در حضور ۰/۲ درصد وزنی نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم

با توجه به نتایج بدست آمده در نمودارها، کاهش وزن اولیه به مقدار ۱/۷۹میلی‌گرم مربوط به خروج مواد فرار مانند HCl از ساختار پلیمر می‌باشد. کاهش وزن دوم به مقدار ۷/۷۸ مربوط به شکسته شدن زنجیره‌های اصلی پلیمر UPVC می‌باشد و کاهش وزن سوم به مقدار ۱۶/۲۳ نیز مربوط به شکسته شدن زنجیره‌های اصلی پلیمرSAN می‌باشد. به دلیل اینکه UPVC پایداری حرارتی کم‌تری نسبت به SAN دارد، لذا سریع‌تر از SAN تخریب می‌شود. بنابراین، کاهش دوم مربوط به UPVC می‌باشد. از طرف دیگر، چون مقدار کم‌تری از UPVC نسبت به SAN استفاده شده است، میزان تخریب کم‌تر مربوط به UPVC و مقدار زیاد، مربوط به SAN می‌باشد.

بررسی ظاهرشناسی آمیخته (Morphology)

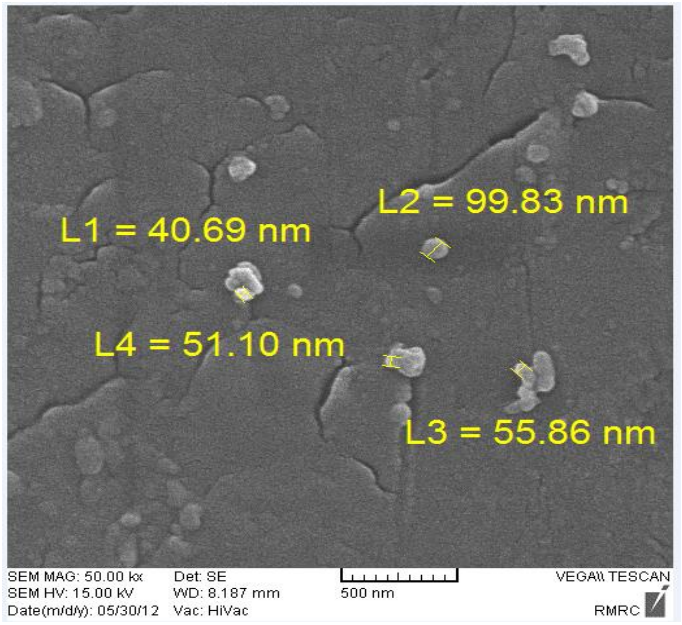
بررسی تصویر میکروسکوپ الکترونی نوری از نمونه آمیختهUPVC/SAN در حضور ۰/۲ درصد وزنی از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم، نشان از حضور ذرات نانومتری و میکرومتری در نمونه دارد (شکل۹). تصاویر ذرات زیر ۱۰۰ nm نانومتر مربوط به نقره و تصاویر ذرات درشت‌تر از ۱۰۰ nm مربوط به TiO_2 است. بنابراین با توجه به تصویر زیر می‌توان ادعا کرد که ترکیب نانوکامپوزیت تشکیل شده است.

نتیجه‌گیری

آمیخته UPVC/SAN به روش قالب‌ریزی محلول و با بکارگیری درصدهای وزنی متفاوت از پلیمرها تهیه شد. بررسی خواص مکانیکی آمیخته‌های UPVC/SAN و مقایسه آن با خواص مکانیکی پلیمرهای خالص، نشان دهنده افزایش مدول یانگ، افزایش نیروی پارگی و نیز افزایش ازدیاد طولی در آمیخته‌های پلیمری می باشد.

از سوی دیگر، افزودن نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم با درصدهای وزنی ۰/۲ و ۰/۴ به آمیخته‌های UPVC/SAN، سبب کاهش مدول یانگ، کاهش نیروی پارگی و در نهایت افزایش ازدیاد طولی در

نانوکامپوزیت‌های پلیمری نسبت به آمیخته‌های پلیمری می‌شود. نتایج بدست آمده نشان داد اگر هدف افزایش سختی و نیروی پارگی باشد، آمیخته‌سازی به تنهایی کافی می‌باشد؛ اما اگر هدف افزایش مقاومت حرارتی و شکل‌پذیری پلیمرها باشد، استفاده از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم موثر خواهد بود. مشخص شد که افزودن نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم به آمیخته UPVC/SAN،سبب افزایش پایداری حرارتی آمیخته می‌شود. بررسی تصویر میکروسکوپ الکترونی نوری از آمیخته‌UPVC/SAN در حضور نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم، حضور ذرات نانومتری نقره و میکرومتری دی اکسید تیتانیوم را در ساختار سطحی آمیخته تایید نمود.



شکل۹- تصویر SEM مربوط به آمیخته UPVC/SAN با درصد وزنی ۴۰/۶۰در حضور ۵ میلی‌لیتر مخلوط نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم

References:

۱۱-ا.برزگر، "تولیدالیاف نانوکامپوزیت ضد باکتری بر پایه PP/PET/Nanosilver"،پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، اسفند ۱۳۸۸.

۲- ش. شفایی، "بازیافت بطری های PET برای تولید الیاف پلیمری،" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۳.

3 -S.G. Patric, “Practical Guide to Polyvinyl Chloride”, United Kingdom: SmithersRapra Press Pub, pp. 122-128, 2005.

4 -A. Pavan and T. Rricco, and M. Rink, “High Performance polymer Blends”, Journal of Materials and Engineering Sci, vol.48, pp.9-15,1981.

5 -S. Maou, A. Meghezzi, N. Nebbache, M. Slimani, and R. Zaghdoudi, “Thermal and Mechanical Properties of PVC and PVC-HDPE Blends”, Research and

Reviews: Journal of Material Sciences, vol 1, pp. 6-11, 2013.

6 -Jianzhi Diao, Xiaohong Song, Zheng Peng, and Yongqiang Wang, "Compatibilization Effects of a Hyperbranched Polymer on Acrylonitrile-butadienestyrene/Poly(vinylchloride) Blends", Iranian Polymer Journal, 15 (11), pp. 863-870, 2006.

7 -A. Desai, "Styrene Acrylonitrile (SAN)", Popular Plastic andPackaging, SRI Report, pp. 487, 1993.

8 -F. Ullmans, "Encyclopedia of Industrial Chemistry", German: Wiley-VCH Pub, pp. 892-901, 1999.

9 -Doo. Whanin, "Compatibility Enhancent of ABS/PVC Blends", Journal of Applied Polymer Sci, Vol.70, pp. 705–709, 1998.

۱۰- س. صاحبیان سقی، س. م. زبرجد، ج. وحدتی خاکی، و ا. لاتزری،" تـاثیر همزمـان عملیـات سـطحی و امـواج آلتراسون بر توزیع پذیری نانولولـه‌هـای کربنـی در زمینـه پلی اتیلن"،مجله مواد نوین، جلد ۵، شماره ۱،صـفحه ۴۱- ۵۴، پاییز ۱۳۹۳.

11 -A.Sarfraz, M.Warsi, M.Sarwar, and M.Ishaq, "Improvement in tensile properties of PVC-montmorillonite nanocomposites through controlled uniaxial stretching", Bulletin of Materials Science, Vol. 35, pp. 539-544, 2012.

12- J. Pagacz, and K. Pielichowski, "Preparation and characterization of PVC/montmorillonite nanocomposites-A review", Journal of Vinyl and Additive Technology, 15, pp. 61–76, 2009.

13- V. Kazukauskas, V. Kalendra, C.W. Bumby, Ba.M. Ludbrook, and A. B. Kaiser, "Electrical Conductivity of carbon nanotubes and polystyrene ecomposites", Phys Stat Sol C, 5, pp. 3172-3174, 2008.

14- P. Sokhandani, A. Babaluo, M. Rezaei, M. Shahrezaei, A. Hasanzadeh, S. G. Mehmandoust, and R. Mehdizadeh, "Nanocomposites of PVC/TiO2 nanorods: Surface tension and mechanical properties before and after UV exposure", Journal of Applied Polymer Science, 129, pp. 3265–3272, 2013.

15 -J.T. Seil, and T.J. Webster, "Reduced Staphylococcus aureus proliferation and biofilm formation on zinc oxide nanoparticle PVC composite surfaces", Acta Biomaterialia, 7,pp. 2579–2584, 2011.

16 -Y. Mohan, K. Vimala K.Sreedhar B, Bajpai, and S.K. Mohana, "Controlling of silver nanoparticles structure by hydrogel networks", Journal of Colloid and Interface Sci. Vo1.21, pp.3-4, 2009.

17- H. S. Moon, W. M. Choi, M.H. Kim, and O. Park, Miscibility and Rheological Properties of Poly(vinyl chloride)/Styrene–Acrylonitrile Blends Prepared by Melt Extrusion, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 104, pp. 95–101, 2007.

18 - S. S. Gasaymeh, S. R., L. Y. Heng, E. Saion , and G. H. Mohamed Saeed, Synthesis and Characterization of Silver/Polyvinilpirrolidone (Ag/PVP) Nanoparticles Using Gamma Irradiation Techniques, African Physical Review, vol.4, pp.0006 31, 2010,

19- K. Deng, X. Ren, Y. Jiao, H. Tian, P. Zhang, H. Zhong, and Y. Liu, Preparation of Poly(methyl acrylate)/TiO2 Composites by Potassium Diperiodatocuprateinitiated Grafting Copolymerization, Iranian Polymer Journal, vol.19 (1), pp.17-25, 2010.