

تهیه آمیخته نانوکامپوزیت UPVC/SAN/Ag-TiO₂ به روش قالب ریزی و بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی آن

نیکو فرجی^۱، مریم فربودی^{۱*}، احمد امیرشقایق^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 قالب ریزی محلول آمیخته شد. نتایج FT-IR تایید کرد که این دو پلیمر با یکدیگر به صورت آمیخته در آمده و سازگار می باشند. خواص مکانیکی آمیخته های پلیمری تهیه شده با درصدهای وزنی متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون خواص مکانیکی، افزایش مقادیر استحکام کششی (حداکثر ۲۵/۹ درصد نسبت به UPVC)، مدول یانگ (حداکثر ۱/۵ درصد نسبت به SAN) و ازدیاد طول پارگی (حداکثر ۷۵ درصد نسبت به UPVC) را در آمیخته ها نسبت به پلیمرهای خالص نشان می دهد. همچنین، افزودن ۰/۲ درصد وزنی مخلوط نانوذرات نقره و دی اکسیدتیتانیوم به آمیخته های UPVC/SAN سبب کاهش مدول (حداکثر ۵۳ درصد)، استحکام کششی (حداکثر ۷۰ درصد) و نیز افزایش ازدیاد طول پارگی (حداکثر ۳۰۰ درصد) نسبت به آمیخته ها شد. افزون بر این، آزمون گرما وزن سنجی (TGA) نشان داد، افزودن این نانوذرات سبب افزایش پایداری حرارتی آمیخته می شود. از تکنیک میکروسکوپ الکترونی نوری برای بررسی مورفولوژی فیلم نانوکامپوزیتی تهیه شده استفاده گردید.

واژه های 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 آکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS)، پلی اتیلن (PE) و کوپلیمر استایرن آکریلونیتریل (SAN) اشاره نمود [۴-۶].

کوپلیمر استایرن آکریلونیتریل 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 آکریلونیتریل 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 امولسیون، سوسپانسیون 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، آمیخته‌سازی PVC 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 SAN پراکنده 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 نانو تکنولوژی، 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 [۱۱-۱۵]. 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

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 ۲۷ Tensor، 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 ۲۰-۴۰ nm که مربوط به Ag است و ذراتی با اندازه حدود ۴۰۰-۶۰۰ nm که مربوط به TiO_2 است.

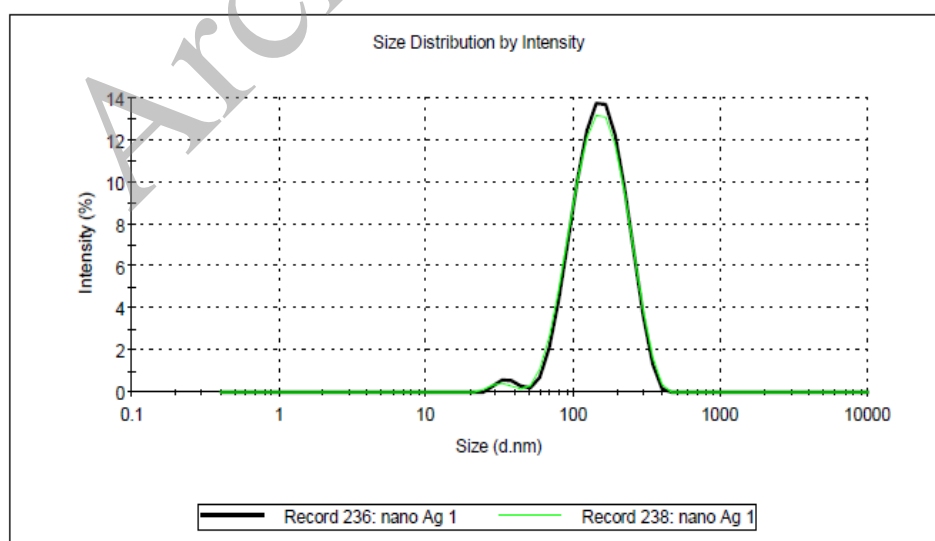
کرنش موید تقویت خواص مکانیکی نانوکامپوزیت در حضور نانوساختار مونت موریلونیت بوده است [۱۱].

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 ۲۵ درصد 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



شکل ۱- DLS نمونه محلول Ag/TiO_2

آورده شده است در ۴۰ میلی لیتر حلال MEK در دمای حدود $65^{\circ}C$ 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 می باشد که برای جدا شدن آنها از محلول به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط قرار داده شد. برای تهیه فیلم مورد نیاز، قالب هایی با ابعاد 15×5 سانتی متر مربع تهیه شد. محلول تهیه شده به آرامی در داخل قالب ریخته شد و سپس در داخل آون در دمای $50^{\circ}C$ قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت فیلم تهیه شده با ضخامت تقریبی ۲۰ الی ۳۰ میکرو متر از قالب جدا و برای انجام تست های مورد نظر به کار گرفته شد. برای بررسی اثر نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم بر روی خواص این نمونه ها، مخلوط نانوذرات فوق با ۰/۲ و ۰/۴ درصد وزنی به محلول هر یک از نمونه های جدول (۱) اضافه شد و پس از تهیه فیلم، تست های مورد نیاز انجام گردید.

بررسی جذب محلول نقره با استفاده از آزمون UV-Vis

شکل (۲) بررسی های آزمون UV-Vis محلول جذب در ناحیه 420 nm را نشان می دهد که مربوط به نانو ذره Ag در محلول می باشد (شکل ۲ الف). جذب در این ناحیه مربوط به ذراتی است که اندازه آنها کم تر از 100 nm است [۱۶].

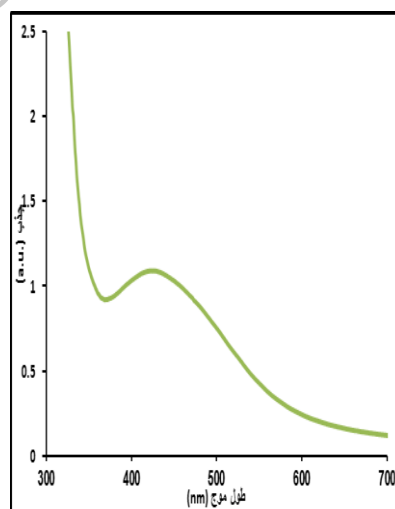
(شکل ۲ ب) نشان دهنده محلول زرد رنگی می باشد که ناشی از حضور ذرات نانومتری Ag است. حضور ذرات درشت تر دی اکسید تیتانیوم سبب تغییر رنگ محلول از زرد به قهوه ای می گردد.

روش تهیه آمیخته های $UPVC/SAN$ و $UPVC/SAN/Ag-TiO_2$

برای تهیه آمیخته $UPVC/SAN$ از روش قالب ریزی استفاده شد. برای این منظور درصدهای وزنی مشخصی از $UPVC$ و SAN (مجموعاً ۰/۶ گرم) که در جدول (۱)



ب



الف

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

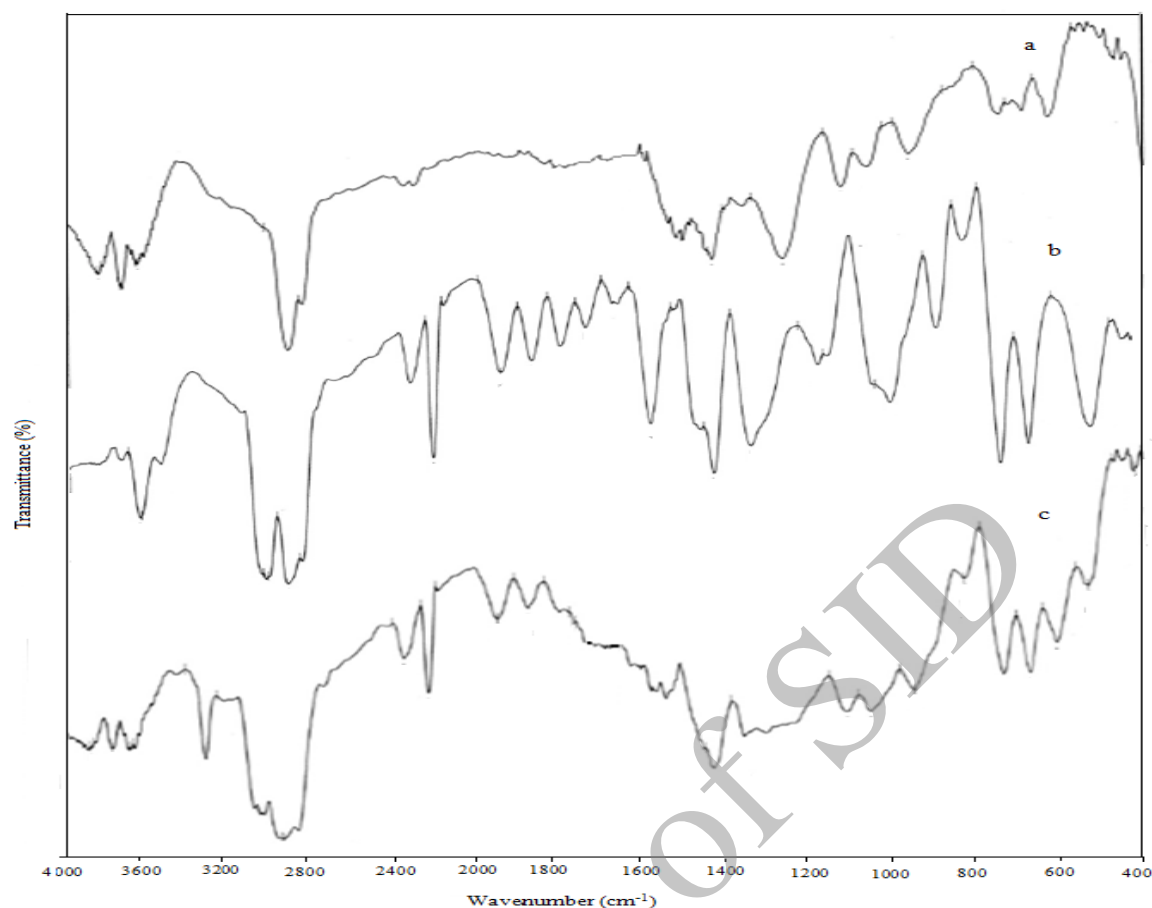
بررسی طیف سنجی FT-IR

از: پیک ناحیه کششی حلقه آروماتیک در محدوده cm^{-1} ۱۶۵۰~۱۴۵۰، پیک ارتعاشی ($\text{C}\equiv\text{N}$) در محدوده cm^{-1} ۲۵۰۰~۲۰۰۰ و پیک ارتعاشی ($\text{C}-\text{H}$) در محدوده فرکانسی (cm^{-1} ۳۰۰۰~۲۵۰۰).

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

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 (۳-۳) طیف UPVC خالص نشان داده شده است. با توجه به ساختار UPVC پیک‌های شاخص عبارتند از: پیک ناحیه کششی ($\text{C}-\text{Cl}$) در محدوده cm^{-1} ۸۰۰~۶۰۰ و پیک ناحیه کششی ($\text{C}-\text{H}$) در محدوده (cm^{-1} ۳۰۰۰~۲۷۵۰).

در شکل (۳-۳) طیف SAN خالص نشان داده شده است. با توجه به ساختار SAN پیک‌های شاخص عبارتند



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

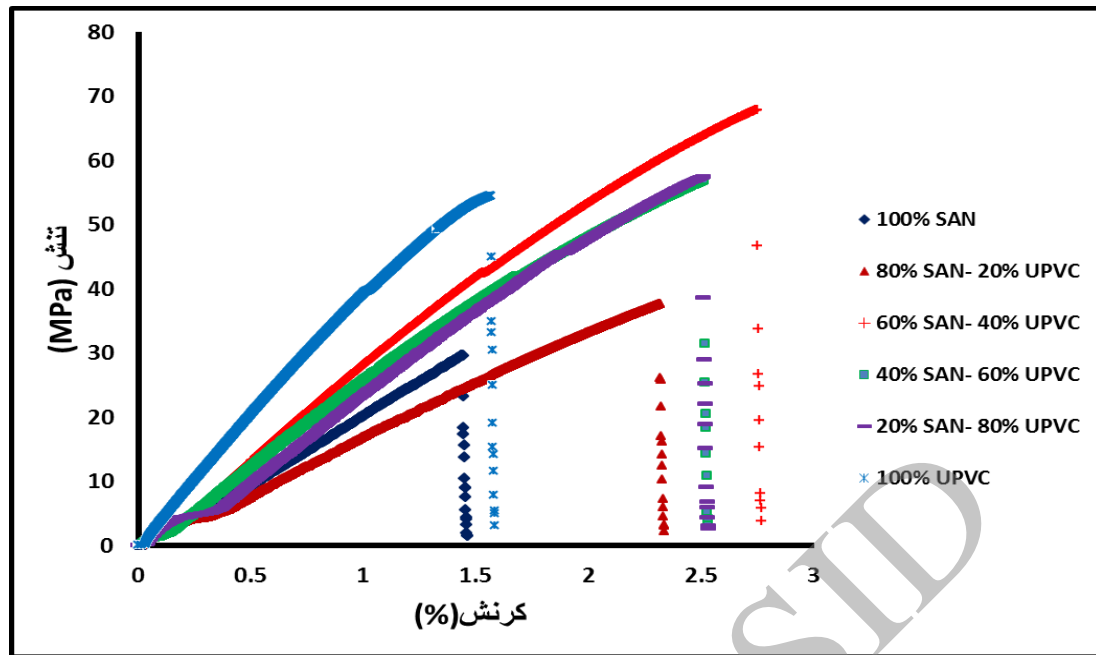
تنش - کرنش شکل (۴) رسم گردید. از این نمودارها پارامترهای ازدیاد طول تا نقطه پارگی، حداکثر استحکام کششی و مدول یانگ استخراج شد.

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.

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 جایجایی 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



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

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 تقریباً غیر قطبی استایرن به عنوان روان کننده می‌تواند در بین زنجیره‌های پلیمری عمل کند. این اتفاق، سبب افزایش میزان ازدیاد طولی نمونه‌ها می‌گردد.

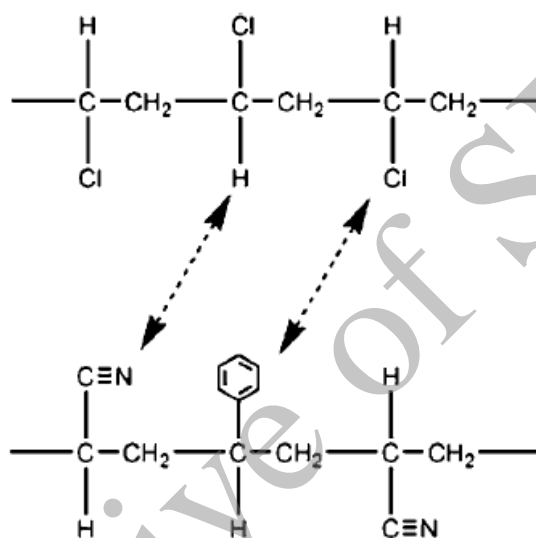
همچنین در جدول (۲) مقادیر حداکثر نیروی پارگی برای نمونه‌ها آورده شده است. مقایسه نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، به استثنای نمونه ۲، آمیخته‌سازی سبب تقویت زمینه پلیمری شده و نیروی بیشتری برای پارگی لازم است. دلیل این پدیده عمدتاً مربوط به برهمکنش مناسب بین زنجیره‌های پلیمری در حضور گروه‌های قطبی در هر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

خواص مکانیکی آمیخته‌های UPVC/SAN/Ag-TiO₂

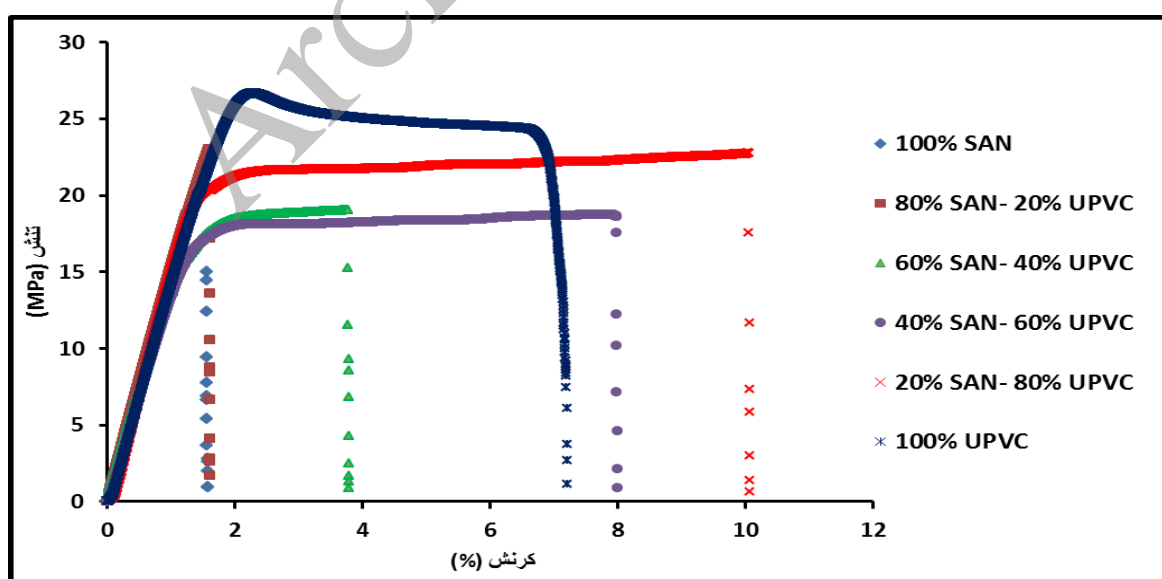
به منظور بررسی تاثیر حضور ذرات نانومتری بر خواص مکانیکی آمیخته‌های UPVC/SAN منحنی تنش- کرنش آمیخته‌ها با استفاده از روش استاندارد ASTM(D-638)، در حضور ۰/۲ و ۰/۴ درصد وزنی از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم ثبت گردید. منحنی تنش-کرنش آمیخته‌ها در حضور ۰/۲ و ۰/۴ درصد وزنی از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم در شکل (۶) نشان داده شده است. از منحنی تنش-کرنش، مقادیر مدول

یانگ، حداکثر نیروی کششی و ازدیاد طولی در حضور ۰/۲ و ۰/۴ درصد وزنی از مخلوط نانوذرات استخراج گردید که در جدول (۳) آورده شده است.

از بررسی نمودار تنش-کرنش شکل (۶) تاثیرات زیاد حضور ۰/۲ درصد وزنی از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم بر آمیخته قابل استنباط است. چنانچه در جدول (۳) مشاهده می‌شود، وجود نانو ذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم، سبب افزایش شکل پذیری آمیخته و کاهش شکنندگی آن می‌شود. در نتیجه بر خلاف انتظار باعث کاهش مقدار مدول و کاهش مقدار نیروی پارگی می‌شود.



شکل ۵- 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

آمیخته‌ها، دارای بیش‌ترین مقادیر برای پارامترهای مدول یانگ، حداکثر نیروی کششی و ازدیاد طولی آمیخته‌ها بوده است و به‌عنوان 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 دی‌اکسید تیتانیوم می‌توان چنین نتیجه گرفت که اگر هدف افزایش سختی و نیروی پارگی باشد، آمیخته‌سازی به‌تنهایی کافی می‌باشد. در حالی که اگر هدف شکل‌پذیری و افزایش ازدیاد طولی پلیمرها باشد، استفاده از نانوذرات نقره و دی‌اکسید تیتانیوم موثر خواهد بود.

دلیل کاهش مقدار نیروی پارگی را شاید بتوان به کاهش برهمکنش بین زنجیرهای پلیمری UPVC/SAN در اثر حضور نانوذرات، خصوصاً ذرات درشت دی‌اکسید تیتانیوم (در محدوده ۴۰۰-۶۰۰ نانومتر) نسبت داد. همان‌گونه 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 روان‌کننده 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 از مخلوط نانوذرات نقره و دی‌اکسید تیتانیوم، نمونه شماره چهار (UPVC-۶۰٪/SAN-۴۰٪) نسبت به بقیه

جدول ۳- مقادیر پارامترهای مدول یانگ، حداکثر نیروی پارگی و حداکثر ازدیاد طولی نانوکامپوزیت‌های

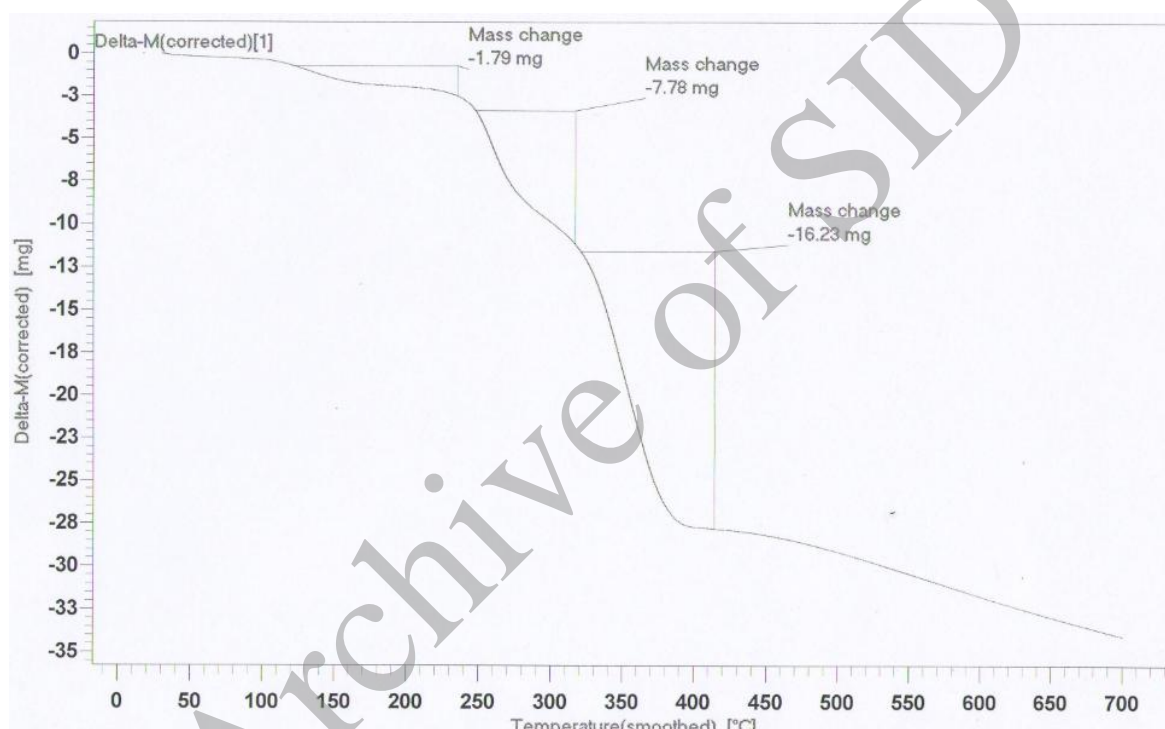
UPVC/SAN/Ag-TiO₂

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶
درصد وزنی نانوذرات نقره- دی‌اکسید تیتانیوم	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
حداکثر نیروی پارگی (MPa)	۲۳	۲۰	۲۳	۱۵	۱۹/۵	۱۷
حداکثر ازدیاد طولی (%)	۱/۶	۱/۶	۱/۶	۱/۷	۳/۶	۲/۹
					۸	۸
					۱۰	۸/۱
					۷/۳	۴/۶
					۱۴	۱۵/۵
					۱۲	۱۱
					۱۳	۱۱
					۱۲	۱۱
					۱۲	۱۱
					۱۲	۱۱

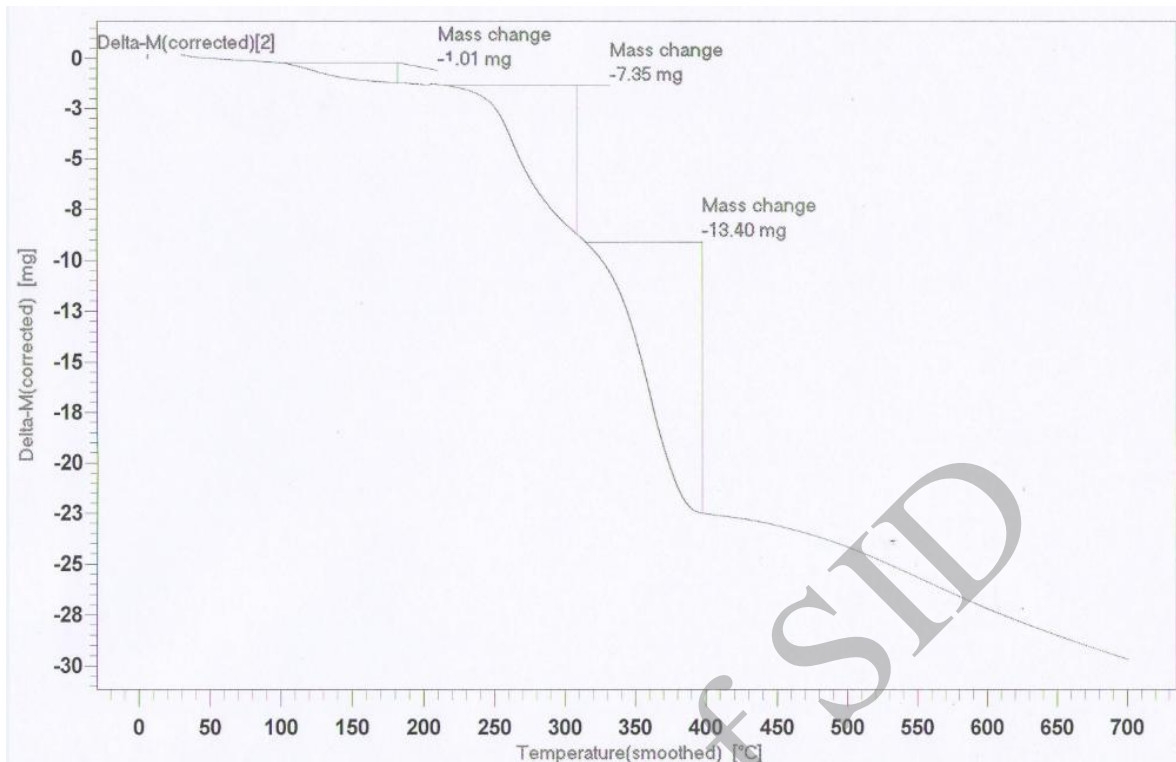
نتایج حاصل از گرما وزن سنجی (TGA)

شکل (۷) نمودار TGA مربوط به آمیخته $UPVC/SAN$ با درصدهای وزنی ۴۰/۶۰ و شکل (۸) نمودار TGA مربوط به آمیخته تهیه شده از ترکیب فوق در حضور ۰/۲ درصد وزنی از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم می باشد. مشاهده می شود که T_0 برای $UPVC/SAN$ برابر ۸۵ و برای $UPVC/SAN/Ag$ در حدود ۹۵ درجه سانتی گراد، T_5 برای آمیخته $UPVC/SAN$ ، ۲۶۰ و برای $UPVC/SAN/Ag$ ، ۲۷۰ درجه سانتی گراد است، T_{10} برای $UPVC/SAN$ ۳۰۰ و برای

شکل (۷) نمودار TGA مربوط به آمیخته $UPVC/SAN$ با درصدهای وزنی ۴۰/۶۰ و شکل (۸) نمودار TGA مربوط به آمیخته تهیه شده از ترکیب فوق در حضور ۰/۲ درصد وزنی از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم می باشد. مشاهده می شود که T_0 برای $UPVC/SAN$ برابر ۸۵ و برای $UPVC/SAN/Ag$ در حدود ۹۵ درجه سانتی گراد، T_5 برای آمیخته $UPVC/SAN$ ، ۲۶۰ و برای $UPVC/SAN/Ag$ ، ۲۷۰ درجه سانتی گراد است، T_{10} برای $UPVC/SAN$ ۳۰۰ و برای



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



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

نانومتری و میکرومتری در نمونه دارد (شکل ۹). تصاویر ذرات زیر ۱۰۰ nm نانومتر مربوط به نقره و تصاویر ذرات ذرشت تر از ۱۰۰ nm مربوط به TiO_2 است. بنابراین با توجه به تصویر زیر می توان ادعا کرد که ترکیب نانوکامپوزیت تشکیل شده است.

نتیجه گیری

آمیخته UPVC/SAN به روش قالب ریزی محلول و با بکارگیری درصدهای وزنی متفاوت از پلیمرها تهیه شد. بررسی خواص مکانیکی آمیخته های UPVC/SAN و مقایسه آن با خواص مکانیکی پلیمرهای خالص، نشان دهنده افزایش مدول یانگ، افزایش نیروی پارگی و نیز افزایش ازدیاد طولی در آمیخته های پلیمری می باشد. از سوی دیگر، افزودن نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم با درصدهای وزنی ۰/۲ و ۰/۴ به آمیخته های UPVC/SAN، سبب کاهش مدول یانگ، کاهش نیروی پارگی و در نهایت افزایش ازدیاد طولی در

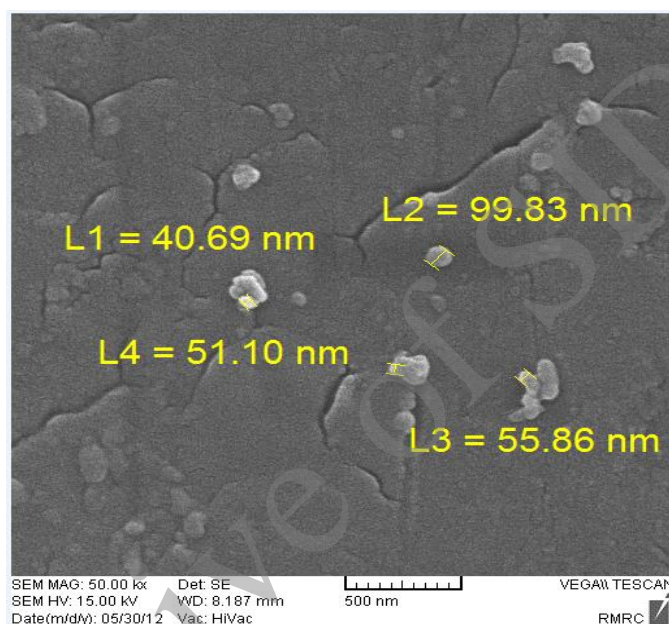
با توجه به نتایج بدست آمده در نمودارها، کاهش وزن اولیه به مقدار ۱/۷۹ میلی گرم مربوط به خروج مواد فرار مانند HCl از ساختار پلیمر می باشد. کاهش وزن دوم به مقدار ۷/۷۸ مربوط به شکسته شدن زنجیره های اصلی پلیمر UPVC می باشد و کاهش وزن سوم به مقدار ۱۶/۲۳ نیز مربوط به شکسته شدن زنجیره های اصلی پلیمر SAN می باشد. به دلیل اینکه UPVC پایداری حرارتی کمتری نسبت به SAN دارد، لذا سریع تر از SAN تخریب می شود. بنابراین، کاهش دوم مربوط به UPVC می باشد. از طرف دیگر، چون مقدار کمتری از UPVC نسبت به SAN استفاده شده است، میزان تخریب کم تر مربوط به UPVC و مقدار زیاد، مربوط به SAN می باشد.

بررسی ظاهرشناسی آمیخته (Morphology)

بررسی تصویر میکروسکوپ الکترونی نوری از نمونه آمیخته UPVC/SAN در حضور ۰/۲ درصد وزنی از نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم، نشان از حضور ذرات

آمیخته UPVC/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.

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



شکل ۹- تصویر SEM مربوط به آمیخته UPVC/SAN با درصد وزنی ۴۰/۶۰ در حضور ۵ میلی لیتر مخلوط نانوذرات نقره و دی اکسید تیتانیوم

References:

۱-۱. 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 لیاف 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. Ricco, 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 and Packaging, SRI Report, pp. 487, 1993.
- 8 - F. Ullmans, "Encyclopedia of Industrial Chemistry", German: Wiley-VCH Pub, pp. 892-901, 1999.
- 9 - Doo. Whanin, "Compatibility Enhancement of ABS/PVC Blends", Journal of Applied Polymer Sci, Vol.70, pp. 705-709, 1998.
- ۱۰- س. صاحبیان سفی، س. م. زبرجد، ج. وحدتی خاکی، و. ا. لاتزری، "تاثیر همزمان عملیات سطحی و امواج التراسون بر توزیع پذیری نانولوله‌های کربنی در زمینه پلی اتیلن"، مجله مواد نوین، جلد ۵، شماره ۱، صفحه 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. Vol.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 Diperoxidocuprateinitiated Grafting Copolymerization, Iranian Polymer Journal, vol.19 (1), pp.17-25, 2010.