

بهبود خواص حرارتی و مکانیکی نانوکامپوزیت پلی اتیلن / گرافیت با استفاده از تابش باریکه الکترون جهت استفاده در کلکتورهای گرمایی خورشیدی

اعظم اخوان^{*}، حسین کاظمی نژاد، فرح خویلو، نسرین شیخ

پژوهشکده‌ی کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۱۳۳۹، تهران- ایران

*Email: azakhavan@aeoi.org.ir

مقاله‌ی پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۲/۲۰

چکیده

جاذب‌های پلیمری که امروزه در کلکتورهای گرمایی خورشیدی به کار می‌روند باید از خواص حرارتی و مکانیکی مناسبی برخوردار باشند. در این پژوهش نانوکامپوزیت پلی اتیلن / گرافیت (PE/NG) به عنوان جاذب پلیمری انتخاب و اثر پرتو بر خواص حرارتی و مکانیکی آن مورد بررسی قرار گرفته است. نانوکامپوزیت PE/NG حاوی غلظت‌های ۰/۰۵، ۰/۱ و ۲/۲۵ درصد نانوذرات گرافیت به روش اکستروژن ساخته شد. تصاویر SEM نمونه حاوی بیشترین مقدار NG توزیع نسبتاً یکنواخت نانوذرات گرافیت را در بستر پلیمر تأیید کرد. نمونه‌ها در دزهای ۱۰۰ تا ۲۰۰ کیلوگری با باریکه الکترون پرتو دهی شده و با استفاده از آزمون‌های کشش، گرماسنجی و اسپکتروسکوپی مادون قرمز شناسایی شدند. نتایج نشان می‌دهد نمونه حاوی ۲/۲۵ درصد NG در دز ۱۰۰ کیلوگری نسبت به سایر نمونه‌ها استحکام مکانیکی و پایداری حرارتی بیشتری دارد. نتایج گرماسنجی نیز افزایش نقطه ذوب و خواص حرارتی را در کامپوزیت فوق نشان می‌دهد. نتایج آزمون گرماسنجی و مقادیر شاخص کربونیل حاصل از این کامپوزیت در شرایط پیرسازی تسریع شده نیز بیانگر آن است که با گذشت زمان تغییرات قابل توجهی در عملکرد حرارتی و ساختار کامپوزیت مشاهده نمی‌شود. همچنین با افزودن NG به پلی اتیلن جذب نوری نمونه PE/NG در ناحیه مرئی-فرابنفش افزایش می‌یابد. در مجموع می‌توان گفت این کامپوزیت پتانسیل استفاده در ساخت جاذب کلکتور حرارتی را دارد.

کلیدواژه‌ها: کلکتورهای خورشیدی، جاذب‌های پلیمری، نانوکامپوزیت پلی اتیلن / گرافیت، باریکه الکترون، خواص حرارتی و مکانیکی

Improvement of thermal and mechanical properties of PE/NG nanocomposite by electron beam irradiation for solar thermal collectors

A. Akhavan*, H. Kazeminejad, F. Khoylou, N. Sheikh

Radiation Application Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 1339-14155, Tehran - Iran

Research Article

Received 3.2.2021, Accepted 10.5.2021

Abstract

Polymeric absorbers used in solar thermal collectors must have appropriate thermal and mechanical properties. In this work, polyethylene/graphite (PE/NG) nanocomposite was selected as polymeric absorber and the effect of radiation on the thermal and mechanical behavior of that has been investigated. PE/NG composites containing 0.05, 0.1 and 2.25% nanographite was prepared through melt extrusion process. The SEM images of the samples proved the fair dispersion of NG in polymer matrix. Then the samples were irradiated by electron beam at doses ranging from 100 to 200 kGy. The specimens were characterized by tensile testing, Differential Scanning Calorimetry (DSC) and FT-IR spectroscopy. The results show that nanocomposite containing 2.25% graphite irradiated at 100 kGy has the best tensile strength and thermal stability. The results of DSC show that the addition of 2.25% NG to polyethylene improves the melting point and thermal properties. DSC and carbonyl index results of this composite in accelerated aging condition display no remarkable changes occur in thermal performance and structure of composite during aging. Also, with addition of NG to PE the UV/Vis absorbance of the PE/NG nanocomposite increases. Altogether, the experimental results reveal PE/NG as suitable candidates for solar thermal absorbers.

Keywords: Solar collectors, Polymeric absorbers, PE/NG nanocomposite, Electron beam, Thermal and mechanical properties



۱. مقدمه

آبگرمکن‌های خورشیدی یکی از پرکاربردترین انواع فن‌آوری‌های مرتبط با انرژی خورشیدی است. گسترش آبگرمکن‌های خورشیدی می‌تواند علاوه بر جلوگیری از مصرف بیهوده‌ی انرژی و در نتیجه افزایش عمر منابع انرژی فسیلی، نقش به‌سزایی در کاهش آلودگی محیط زیست ایفا کند. مهم‌ترین بخش هر آبگرمکن خورشیدی کلکتور است که کار اصلی آن جذب تابش خورشید و تبدیل آن به گرما می‌باشد. یکی از ساده‌ترین و پرمصرف‌ترین نوع کلکتورهای خورشیدی که امروزه در کشورهای مختلف دنیا به بازار عرضه می‌شود، کلکتورهای صفحه تخت است. صفحه جذب مهم‌ترین بخش یک کلکتور صفحه تخت است که وظیفه جذب تابش خورشید و انتقال گرما به سیال عامل را بر عهده دارد. یک صفحه جذب باید از خواصی هم‌چون انتقال حرارت خوب، ضریب هدایت حرارتی بالا، ضریب جذب بالا و ضریب نشر پایین برخوردار بوده و طول عمر و پایداری مناسبی در دماهای بالا داشته باشد. معمولاً صفحه جذب از فلزاتی مانند مس یا آلومینیم با پوشش سیاه رنگ ساخته می‌شود. البته صفحات جذب مسی نسبت به آلومینیمی دارای ضریب هدایت حرارتی بالاتر است و کم‌تر زنگ می‌زنند ولی گران‌تر می‌باشند. از سوی دیگر صفحات جذب مسی نیز دارای معایبی نظیر هزینه ساخت بالا، مشکلات فنی ساخت، تشکیل رسوب در لوله‌ها به مرور زمان که خود باعث تغییر رنگ و بوی نامطبوع سیال می‌گردد، هم‌چنین اتلاف انرژی زیاد به دلیل بالا بودن ضریب حرارتی مس می‌باشند. لذا با توجه به این مشکلات جای‌گزین کردن صفحات جذب فلزی با صفحات پلیمری همواره مورد توجه محققین بوده است [۱].

با جای‌گزین نمودن قطعات شیشه‌ای و فلزی با مواد پلیمری می‌توان قیمت تمام شده را کاهش داده و قطعات را سبک‌تر نمود. سبک‌تر شدن قطعات خود موجب کاهش هزینه حمل و نقل، جابه‌جایی و نصب می‌گردد. علاوه بر سبکی و کاهش هزینه، برای ساخت این سیستم‌ها از فرایندهای معمول استفاده شده و اتصال قطعات به یک‌دیگر ساده‌تر است. چالش‌های کلیدی در این مقوله داشتن عملکرد حرارتی مناسب و زمان کارکرد طولانی پلیمر است. پلیمرهای مورد استفاده در ساخت جذب‌ها از نوع ترموپلاستیک‌ها هستند. پلیمرهای استاندارد مانند پلی‌اتیلن (PE)، پلی‌پروپیلن (PP) و پلی‌وینیل کلرید (PVC) کم‌ترین قیمت و کم‌ترین دمای عملکرد (کم‌تر از ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد) را دارند. پلیمرهای مهندسی مانند پلی‌آمید و پلی‌فنیلن سولفاید دمای عملکرد بالاتری دارند (۱۰۰-۱۵۰ درجه سانتی‌گراد) ولی قیمت آن‌ها بیش‌تر است. بنابراین در انتخاب پلیمر مناسب قیمت و دمای عملکرد در رقابت هستند. بر این اساس جذب‌های کلکتورهای بدون پوشش که

برای گرم کردن استخرها و یا گرم کردن در سیستم‌های خانگی در مناطقی که تفاوت دمای محیط با دمای آب گرم کم می‌باشد استفاده می‌شوند عموماً از جنس پلیمرهای استاندارد هستند. تاکنون از پلیمرهای PE و PP برای این نوع کلکتورها استفاده شده است [۲].

پلی‌اتیلن از نظر فرایندپذیری و مقاومت محیطی به پلی‌پروپیلن ترجیح داده می‌شود لیکن دمای عملکرد آن کم‌تر است. یکی از راه‌های افزایش پایداری حرارتی پلی‌اتیلن شبکه‌ای نمودن آن است. شبکه‌ای کردن پلی‌اتیلن به سه روش پراکسیدی، سیلانی و پرتوی امکان‌پذیر است [۳]. در روش پرتوی برای ایجاد اتصالات عرضی و تشکیل ساختار سه‌بعدی در پلی‌اتیلن از تابش الکترونی، امواج گاما و یا تابش ماوراء بنفش استفاده می‌شود. این روش نسبت به روش‌های دیگر از سرعت بیش‌تری برخوردار بوده و به دلیل عدم استفاده از افزودنی‌های شیمیایی از نظر زیست محیطی روش سالم‌تری می‌باشد.

از سوی دیگر به منظور افزایش راندمان جذب انرژی خورشیدی پلیمرهای اولفینی از آلوتروپ‌های کربن استفاده می‌شود. کورزباک و همکارانش اثر دوده با اندازه ذرات مختلف و اثر نانو لوله کربن را بر روی PP بررسی کردند. نتایج به دست آمده نشان داد که از میان این رنگ‌دانه‌ها دوده با کم‌ترین اندازه ذرات بهترین اثر را روی رفتار جذبی و پایداری مکانیکی پلیمر در دمای بالا دارد [۴]. جاکاب و همکارانش دریافتند که تخریب PP با اضافه کردن دوده سریع‌تر اتفاق می‌افتد و رفتار پلیمرها پس از گذشت زمان به بخش فرار این رنگ‌دانه‌ها بستگی دارد [۵، ۶]. یواز و همکارانش نیز دریافتند که غلظت دوده مورفولوژی و عملکرد PP را در دمای بالا تحت تأثیر قرار می‌دهد [۷].

گرافیت یکی دیگر از آلوتروپ‌های کربن است که به دلیل داشتن ساختار بلورینی نسبت به دوده استحکام بیش‌تری داشته و از هدایت حرارتی و الکتریکی بسیار خوبی برخوردار است. هم‌چنین نسبت به سایر آلوتروپ‌های کربن از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌تر است [۸]. مطالعات زیادی در زمینه ساخت و بررسی خواص کامپوزیت‌های پلیمری حاوی نانوذرات گرافیت انجام شده است [۸، ۹] لیکن تاکنون گزارشی در خصوص پلی‌اتیلن شبکه‌ای شده با پرتو حاوی نانوذرات گرافیت منتشر نشده است. تنها در مورد مشابهی محققین به بررسی خواص بلورینی، مکانیکی و حرارتی پلی‌اتیلن شبکه‌ای شده به روش سیلانی حاوی میکروذرات گرافیت پرداخته‌اند [۱۰، ۱۱]. هدف از این پژوهش بهبود خواص پلی‌اتیلن با نانوذرات گرافیت و هم‌چنین افزایش پایداری حرارتی آن با شبکه‌ای نمودن پرتوی برای استفاده در جذب‌های حرارتی خورشیدی می‌باشد.



۲. تجربی

۱۰.۲ مواد

پلی اتیلن گرید لوله از شرکت پتروشیمی جم خریداری شد. نانو گرافیت پولکی شکل با اندازه ذرات ۸۰-۱۰ نانومتر با مساحت سطح $2\text{ m}^2/\text{g}$ از شرکت نانو پیشگامان ایرانیان تهیه گردید.

۲.۲ دستگاه‌ها و روش‌ها

اندازه‌گیری مقاومت کششی نمونه‌ها مطابق استاندارد ASTM D۶۳۸ به وسیله دستگاه کشش مدل هیوا (ساخت ایران) انجام شد. برای اندازه‌گیری درجه شبکه‌ای شدن و پایداری حرارتی، آزمون hot creep و hot set بر اساس استاندارد ASTM D۲۶۵۵ و روش ICEA-T-۲۸-۵۶۲ انجام شد. در این آزمون نمونه دمبل شکل در 150°C به مدت ۱۵ min یکبار تحت نیروی وزن خودش و یکبار هم تحت نیروی وزنه ۲۵ گرمی قرار می‌گیرد. پس از ۱۵ دقیقه بدون این‌که نمونه از آون بیرون آورده شود، درصد ازدیاد طولی ایجاد شده در فاصله ۲۵ میلی‌متری وسط دمبل اندازه‌گیری می‌شود. برای تعیین مقدار hot set نیز بعد از برداشتن وزنه، نمونه به مدت ۵ دقیقه در آون باقی مانده، سپس در دمای اتاق قرار داده می‌شود تا سرد شود. فاصله بین علایم ۲۵ میلی‌متری اولیه موجود بر روی دمبل مجدداً اندازه‌گیری شده و درصد تغییرات نسبت به مقدار اولیه به عنوان hot set گزارش می‌شود. بر اساس محاسبات انجام شده درصد خطای اعداد گزارش شده در جدول ۲/۸ می‌باشد. برای بررسی رفتار حرارتی دستگاه گرماسنج روبشی تفاضلی DSC ساخت شرکت Rheometric Scientific مدل STA ۱۵۰۰ در گستره حرارتی دمای محیط تا 600°C و سرعت حرارت‌دهی $10^\circ\text{C}/\text{min}$ استفاده شد. برای تهیه تصویر SEM از نمونه، ابتدا قطعه کوچکی از آن در نیتروژن مایع شکسته شد و سپس سطح مقطع به دست آمده با لایه نازکی از طلا لایه‌نشانی شد و در نهایت تصویر SEM آن توسط دستگاه EVO-۱۸ زایس آلمان تهیه گردید. طیف FT-IR نمونه‌ها توسط دستگاه Tensor ۲۷ ساخت شرکت Bruker آلمان به روش ATR تهیه شد. شاخص کربونیل نمونه‌ها در زمان‌های مختلف با اندازه‌گیری نسبت جذب گروه کربونیل به جذب پیک مرجع در 1465 cm^{-1} (مربوط به گروه متیلن) محاسبه شد. جذب نوری نمونه‌ها در ناحیه مرئی- فرابنفش توسط اسپکتروفتومتر Beckman coulter ساخت کمپانی UV/Visible ۸۰۰ DU ساخته شده اندازه‌گیری شد.

۳.۲ ساخت کامپوزیت‌ها

برای تهیه کامپوزیت‌های PE/NG از روش مستریج استفاده شد. اختلاط مواد در اکسترودر انجام شده و نمونه‌ها به روش قالب گیری فشاری در دمای 160°C به شکل ورقه‌های $14 \times 14\text{ cm}^2$ با ضخامت ۲ mm تهیه شدند. کامپوزیت‌های حاوی ۰/۰۵، ۰/۱ و ۲/۲۵ درصد NG به ترتیب با نام‌های PE/NG ۰/۰۵، PE/NG ۰/۱ و PE/NG ۲/۲۵ به روش رقیق‌سازی از مستریج ۱۰٪ PE/NG تهیه گردید.

۴.۲ شرایط پرتودهی کامپوزیت‌ها

کامپوزیت‌های تهیه شده در دزهای ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری با باریکه الکترون حاصل از شتاب‌دهنده ردوترون TT۲۰۰ با انرژی ۱۰ MeV پرتودهی شدند.

۳. نتایج و بحث

۱.۳ مورفولوژی

به منظور بررسی نحوه توزیع نانوذرات گرافیت در بستر پلیمر تصاویر SEM نمونه‌های PE و PE/NG ۲/۲۵ که حاوی بیشترین غلظت نانو ذرات گرافیت می‌باشد، با بزرگ‌نمایی KX ۳۰ تهیه شد (شکل ۱). مقایسه دو تصویر نشان‌دهنده حضور نانوذرات در نمونه PE/NG ۲/۲۵ می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در تصویر PE/NG ذرات به طور نسبتاً یکنواخت در بستر پلیمر توزیع شده‌اند در حالی‌که در بعضی از نقاط اندکی تجمع وجود دارد.

۲.۳ بررسی پایداری حرارتی کامپوزیت‌ها

برای تعیین درجه شبکه‌ای شدن و در نتیجه استحکام طولی در گرما، نمونه‌های پرتو دیده کامپوزیت‌های حاوی NG مطابق با روش آزمون در 150°C قرار داده شده و نتایج hot set و hot creep به دست آمد (جدول ۱). از آن‌جا که نمونه‌های پرتو دیده پس از چند دقیقه در آون ریزش کردند مقادیر عددی برای ازدیاد طول آن‌ها قابل گزارش نبود. در حالی‌که نمونه‌های پرتو دیده کاملاً پایدار بوده و شکل خود را حفظ نمودند. برای مقایسه پایداری حرارتی نمونه‌های پرتو دیده در دزهای مختلف پس از آویزان کردن وزنه ۲۵۰ گرمی از هر یک از نمونه‌ها، نمونه‌ها در آون قرار داده شده و درصد ازدیاد طول (hot creep) آن‌ها پس از ۱۵ دقیقه ثبت شد. نتایج به دست آمده در جدول ۱ نشان می‌دهد که با افزایش دز درصد ازدیاد طولی در همه نمونه‌ها کاهش می‌یابد که این امر مربوط به افزایش درصد شبکه‌ای شدن آن‌ها می‌باشد. سپس نمونه‌ها از آون بیرون آورده شد و پس از سرد شدن درصد ازدیاد طولی آن‌ها (hot set) مجدداً اندازه‌گیری شد. نتایج جدول نشان می‌دهد



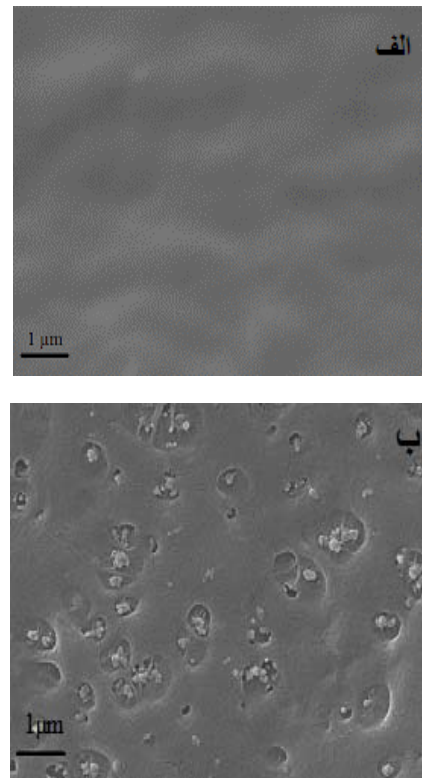
۳.۳ بررسی خواص مکانیکی

مقادیر استحکام کششی و درصد ازدیاد طولی کامپوزیت‌های PE/NG پس از پرتودهی به میزان ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگری در جدول ۲ آمده است. نتایج تغییرات استحکام کششی نمونه‌ها در هر سه غلظت نشان می‌دهد که در اثر افزایش دز تا ۱۰۰ kGy استحکام کششی در کامپوزیت حاوی NG در غلظت ۰/۱ نسبت به ۰/۰۵٪ تغییر قابل توجهی نکرده است ولی در غلظت ۲/۲۵٪ اندکی افزایش یافته است. افزایش استحکام کششی در این دز نشان‌دهنده تقویت کامپوزیت به علت تشکیل ساختار شبکه‌ای است. همچنین این افزایش در نمونه ۲/۲۵٪ می‌تواند به دلیل تأثیر مثبت افزایش غلظت نانو ذرات NG باشد. نتایج نشان می‌دهد با افزایش دز تا ۲۰۰ کیلوگری استحکام کششی در کلیه نمونه‌ها کاهش می‌یابد که این امر به علت اثرات تخریبی پرتو در دزهای بالا است که به طور معمول در رقابت با واکنش شبکه‌ای شدن رخ می‌دهد [۱۲].

درصد ازدیاد طولی در هر سه غلظت کامپوزیت PE/NG با افزایش دز کاهش می‌یابد لیکن روند کاهشی تا دز ۱۰۰ کیلوگری ملایم‌تر می‌باشد. این امر نیز به علت شبکه‌ای شدن کامپوزیت‌ها پس از پرتودهی می‌باشد. شبکه‌ای شدن باعث می‌شود که تحرک زنجیره‌های پلیمر کم شده و زنجیره‌های پلیمر نتوانند به خوبی در کنار هم حرکت کرده و ازدیاد طول پیدا کنند [۱۲].

با توجه به نتایج به طور کلی استحکام کششی هر سه کامپوزیت حاوی NG پس از ۱۰۰ کیلوگری پرتودهی تقریباً مشابه و بیش‌ترین مقدار است ضمن این‌که کاهش درصد ازدیاد طولی در این دز از سایر دزها کم‌تر است. از سوی دیگر در کامپوزیت با غلظت ۲/۲۵٪ استحکام کششی نسبت به قبل از پرتودهی اندکی افزایش یافته است لذا با در نظر گرفتن نتایج استحکام کششی که مهم‌ترین ویژگی از نظر عملکرد صفحه می‌باشد و با در نظر گرفتن نتایج حاصل از بررسی پایداری حرارتی، نمونه با غلظت ۲/۲۵٪ به عنوان نمونه بهینه انتخاب گردید و از این پس سایر خواص روی این نمونه بررسی می‌شود.

با افزایش مقدار دز و همچنین با افزایش درصد NG درصد ازدیاد طول کاهش یافته است و این کاهش در نمونه حاوی ۲/۲۵٪ نانوذرات در دز ۲۰۰ کیلوگری نسبت به سایر نمونه‌ها بیش‌تر است. با توجه به این‌که جاذب پلیمری هنگام کار کردن ممکن است تحت تنش‌های حرارتی قرار بگیرد، هر چه این تغییرات طولی در اثر حرارت کم‌تر باشد احتمال این‌که پلیمر در شرایط بحرانی تغییر شکل داده و عملکرد خود را از دست بدهد کم‌تر است.

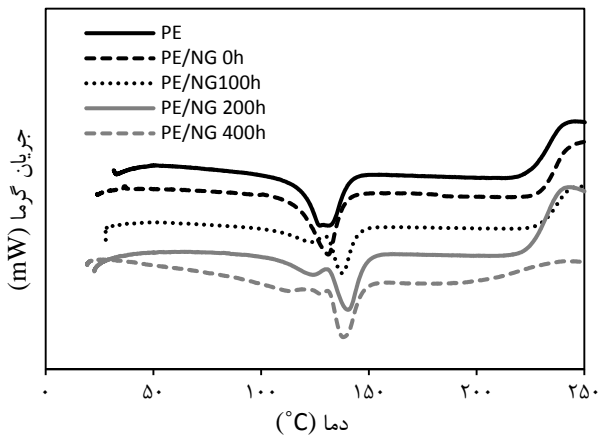


شکل ۱. تصاویر SEM (الف) PE، (ب) ۲/۲۵ PE/NG.

جدول ۱. مقادیر hot set و hot creep کامپوزیت‌های PE/NG

Hot creep (%)				
مقدار درصد NG در کامپوزیت‌های PE/NG	دز (kGy)			
	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۰
۰/۰۵	۴۰	۵۶	۷۶	-
۰/۱	۴۴	۶۰	۷۶	-
۲/۲۵	۴۴	۵۶	۷۲	-
Hot set (%)				
مقدار درصد NG در کامپوزیت‌های PE/NG	دز (kGy)			
	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۰
۰/۰۵	۴	۶	۶	-
۰/۱	۴	۶	۶	-
۲/۲۵	۲	۴٫۸	۵٫۲	-





شکل ۲. ترموگرام نمونه PE و کامپوزیت‌های PE/NG پس از قراردادن در دمای ۱۴۰ °C در زمان‌های مختلف.

۲.۴.۳ تغییرات ساختاری

شکل ۳ طیف‌های FT-IR کامپوزیت PE/NG ۲/۲۵ پرتودیده به میزان ۱۰۰ کیلوگری را پس از گذشت ۱۰۰، ۲۰۰، و ۴۰۰ ساعت در آن ۱۴۰ °C نشان می‌دهد. با توجه به این‌که در اثر تخریب پلی اتیلن گروه‌های کربونیل نظیر گروه‌های کتونی و آلدیدی تولید می‌شوند پیک جذبی در عدد موجی $1740-1720\text{ cm}^{-1}$ برای بررسی شاخص کربونیل انتخاب شد. برای تعیین این شاخص، پیک 1465 cm^{-1} مربوط به گروه متیلن (-CH₂-) به دلیل تغییر بسیار کم به عنوان مرجع داخلی برای نرمال‌سازی پیک‌ها در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که مقدار شاخص کربونیل در نمونه حرارت ندیده ۰/۶۱ است این مقدار پس از گذشت ۱۰۰ و ۲۰۰ ساعت در آن به ترتیب به ۰/۶۳ و ۰/۶۳ می‌رسد و به نظر می‌رسد که تغییر محسوسی نداشته است. اما پس از گذشت ۴۰۰ ساعت شاخص کربونیل به مقدار ناچیزی افزایش یافته و به ۰/۶۸ می‌رسد که نشان‌دهنده تخریب تدریجی کامپوزیت با گذشت زمان در اثر حرارت است [۱۵].

۵.۳ جذب نوری در ناحیه مرئی-فرابنفش

در شکل ۴ میزان جذب نوری در ناحیه مرئی-فرابنفش در نمونه‌های PE خالص که بی‌رنگ می‌باشد و نمونه ۲/۲۵ PE/NG که مشکی رنگ می‌باشد، مقایسه شده‌اند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نمونه بی‌رنگ در ناحیه فرابنفش (۲۰۰-۳۰۰ nm) مشابه نمونه PE/NG حداکثر جذب را نشان می‌دهد. در ناحیه نور مرئی (۳۰۰-۸۰۰ nm) میزان عبور نور در نمونه PE بیش‌تر شده و جذب نمونه با افزایش طول موج کاهش می‌یابد در حالی‌که نمونه ۲/۲۵ PE/NG در ناحیه نور مرئی نیز هم‌چنان حداکثر جذب را دارد. بنابراین بر اساس نتایج به دست آمده افزودن NG به پلی اتیلن موجب افزایش جذب انرژی خورشید در ناحیه UV/Visible می‌گردد.

جدول ۲. خواص مکانیکی کامپوزیت‌های PE/NG

نمونه	دز (kGy)	ازدیاد طول (%)	استحکام کششی (MPa)
PE/NG _{۰٫۵}	۰	۶۶۱ ± ۵۵	۲۴٫۱۳ ± ۲٫۴
	۱۰۰	۶۱۵ ± ۴۷	۲۵٫۷ ± ۱٫۶
	۱۵۰	۵۱۱ ± ۳۹	۲۳٫۱ ± ۳٫۳
PE/NG _{۰٫۱}	۰	۴۴۹ ± ۲۵	۱۸٫۴ ± ۰٫۴
	۱۰۰	۶۹۳ ± ۳۴	۲۶٫۶ ± ۲٫۸
	۱۵۰	۶۱۶ ± ۳۲	۲۷٫۱ ± ۱٫۷
PE/NG _{۲٫۲۵}	۰	۴۸۷ ± ۲۹	۲۱٫۸ ± ۱٫۹
	۱۰۰	۴۲۹ ± ۲۳	۱۹٫۲ ± ۰٫۶
	۱۵۰	۶۷۴ ± ۵۱	۲۷٫۲ ± ۱٫۲
PE/NG _{۲٫۲۵}	۰	۳۹۹ ± ۴۵	۱۸٫۲ ± ۰٫۶
	۱۰۰	۵۶۲ ± ۳۴	۲۹٫۸ ± ۱٫۳
	۲۰۰	۳۷۵ ± ۵۴	۱۸٫۷ ± ۰٫۱

۴.۳ بررسی عملکرد کامپوزیت در اثر گذشت زمان

۱.۴.۳ رفتار حرارتی

به منظور بررسی رفتار حرارتی نمونه‌ها با گذشت زمان کامپوزیت PE/NG ۲/۲۵ پرتودیده به میزان ۱۰۰ کیلوگری در شرایط تسریع شده که حدوداً شبیه به شرایط بحرانی در هنگام استفاده از جاذب است یعنی به مدت ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ ساعت در آن ۱۴۰ °C قرار داده شد و پس از خارج کردن نمونه‌ها از آن نمودار گرماسنجی آن‌ها تهیه شد (شکل ۲). با توجه به این‌که دمای اکسایش نشان‌دهنده پایداری حرارتی نمونه با گذشت زمان می‌باشد، دمای اکسایش نمونه‌ها با گذشت زمان از روی نمودارها به دست آمد. ملاحظه می‌شود که دمای ذوب و اکسایش پلی اتیلن خالص به ترتیب ۱۳۰ °C و ۲۱۴ °C می‌باشد. با افزودن NG به PE دمای ذوب ۲ °C افزایش یافته و دمای اکسایش نیز از ۲۱۴ °C به ۲۲۲ °C افزایش پیدا می‌کند. بهبود خواص حرارتی کامپوزیت احتمالاً به علت برهم‌کنش NG با پلیمر و هم‌چنین بالا بودن پایداری حرارتی نانو ذرات گرافیت می‌باشد [۱۳]. پس از قرار دادن نمونه در آن به مدت ۱۰۰ ساعت، نقطه ذوب نمونه از ۱۳۲ °C به ۱۳۷ °C افزایش پیدا می‌کند ولی تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در دمای اکسایش ایجاد نمی‌شود. افزایش نقطه ذوب احتمالاً به علت افزایش بلورینگی در اثر آرایش یافتگی مجدد بلورهای نمونه در دمای بالا می‌باشد [۷]. با افزایش زمان تغییرات قابل توجهی در نقطه ذوب ایجاد نمی‌شود ولی دمای اکسایش پس از ۲۰۰ ساعت از ۲۲۲ °C به ۲۱۲ °C کاهش می‌یابد و بیش‌ترین کاهش پس از ۴۰۰ ساعت رخ می‌دهد که نشان‌دهنده تخریب شدن تدریجی پلیمر پس از گذشت زمان بیش‌تر است. این کاهش می‌تواند به علت مصرف شدن پایدارکننده‌های موجود در گرانول پلیمر در دمای بالا هم باشد که منجر به تخریب حرارتی آن می‌گردد [۱۴].

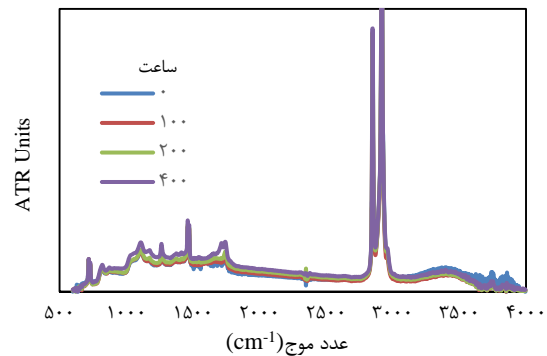


تشکر و قدردانی

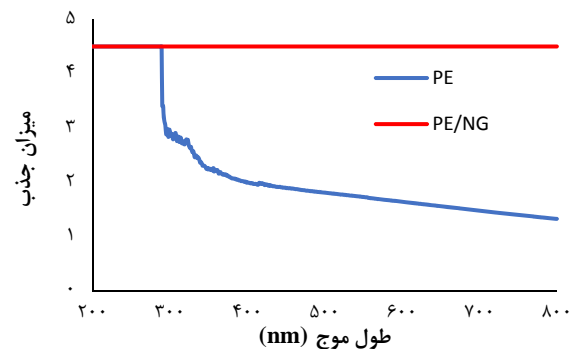
از همکاران مجتمع پژوهشی یزد در بخش دزیمتری و آزمایشگاه پلیمر خصوصا آقای مهندس یحیی خیرخواه جهت همکاری در پرتودهی و ساخت نمونه‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

1. A.A. Zargar, J. Kazemi, *Theoretical and experimental investigation of a flat plate solar thermal collector*, M.S. Thesis (1391), Azad University, (In Persian).
2. M. Köhl, et al, *Polymeric Materials for Solar Thermal Applications*, (Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Germany, 2012).
3. S.M. Tamboli, S.T. Mhaske, D.D. Kale, *Crosslinked polyethylene*, *Indian J. Chem. Technol.*, **11**, 853 (2004).
4. M. Kurzböck, G.M. Wallner, R.W. Lang, *Black pigmented polypropylene materials for solar absorbers*, *Energy Procedia*, **30**, 438 (2012).
5. E. Jakab, M. Blazso', *The effect of carbon black on the thermal decomposition of vinyl polymers*, *J. Anal. Appl. Pyrol.*, **64**, 263 (2002).
6. E. Jakab, M. Omastova', *Thermal decomposition of polyolefin/carbon black composites*, *J. Anal. Appl. Pyrol.*, **74**, 204 (2005).
7. M. Povacz, G.M. Wallner, R.W. Lang, *Black-pigmented polypropylene materials for solar thermal absorbers – Effect of carbon black concentration on morphology and performance properties*, *Sol. Energy*, **110**, 420 (2014).
8. A. Naz, A. Kausar, M. Siddiq, *Influence of graphite filler on physicochemical characteristics of polymer/graphite composites: a review*, *Polym. Plast. Technol. Eng.*, **55**, 604 (2016).
9. L. Wang, J. Hong, G. Chen, *Comparison Study of Graphite Nanosheets and Carbon Black as Fillers for High Density Polyethylene*, *Poly. Eng. Sci.*, **50**, 2176 (2010).
10. D. Kourtidou, et al., *Graphite reinforced silane crosslinked high density polyethylene: The effect of filler loading on the thermal and mechanical properties*, *Polym. Compos.*, 1-17 (2020).
11. D. Kourtidou, et al., *Non-isothermal crystallization kinetics of graphite-reinforced crosslinked high-density polyethylene composites*, *J. Therm. Anal. Calorim.*, **142**, 1849 (2020).
12. A. Chapiro, *Radiation chemistry of polymeric systems*, Wiley-Interscience, New York, (1962).



شکل ۳. طیف FT-IR کامپوزیت PE/NG ۲/۲۵ در دمای ۱۴۰ °C در زمان‌های مختلف.



شکل ۴. طیف UV/Visible نمونه‌های PE و PE/NG ۲/۲۵.

۴. نتیجه‌گیری

نانو کامپوزیت PE/NG حاوی غلظت‌های ۰٫۰۵، ۰٫۱ و ۲/۲۵ درصد نانوذرات گرافیت به روش اکستروژن ساخته شده و به روش پرتودهی با باریکه الکترون شبکه‌ای شد. با توجه به این‌که نمونه PE/NG ۲/۲۵ پرتودهی شده در دز ۱۰۰ کیلوگری استحکام مکانیکی و پایداری حرارتی بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها داشت به عنوان نمونه انتخاب گردید و سایر آزمون‌ها بر روی آن انجام شد. براساس نتایج به دست آمده افزودن ۲/۲۵ درصد NG به PE موجب افزایش نقطه ذوب و دمای اکسایش می‌شود که نشان‌دهنده بهبود خواص حرارتی است. رفتار حرارتی نانوکامپوزیت در اثر گذشت زمان در شرایط تسریع شده نشان می‌دهد که تخریب حرارتی پس از گذشت ۴۰۰ ساعت به تدریج آغاز می‌شود که این نتیجه با نتایج به دست آمده از شاخص کربونیل نیز هم‌خوانی دارد. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد جذب نوری در ناحیه مرئی-فرابنفش با افزودن NG به پلی‌اتیلن افزایش می‌یابد. در مجموع بر اساس نتایج به دست آمده نانو کامپوزیت PE/NG ۲/۲۵ پرتو دیده در دز ۱۰۰ کیلوگری قابلیت آن را دارد که پس از بررسی‌های تکمیلی به عنوان گزینه مناسب برای ساخت جاذب پلیمری مورد استفاده قرار گیرد.



13. A. Choudhury, et al, *Effect of various nanofillers on thermal stability and degradation kinetics of polymer nanocomposites*, *J. Nanosci Nanotechnol*, **10**, 5056-71 (2010).
14. K. Schwarzenbach, et al, *Plastics Additives, Handbook, Sixth Ed. Hanser, Munich*, (2009).
15. M. Povacz, et al, *Novel solar thermal collector systems in polymer design- part 3: aging behaviour of PP absorber materials*, *Energy Procedia*, **91**, 392 (2016).

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.



استناد به این مقاله

اعظم اخوان، حسین کاظمی نژاد، فرح خویلو، نسرین شیخ (۱۴۰۱)، بهبود خواص حرارتی و مکانیکی نانوکامپوزیت پلی اتیلن / گرافیت با استفاده از تابش باریکه الکترون جهت استفاده در کلکتورهای گرمایی خورشیدی، ۱۰۰، ۹۶-۱۰۲

DOR: 20.1001.1.17351871.1401.43.2.11.6

Url: https://jonsat.nstri.ir/article_1388.html

