



دانشگاه علم و فناوری و منابع طبیعی گوانگژو

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد هجدهم، شماره چهارم، ۱۳۹۰

<http://jwsc.gau.ac.ir>

تأثیر ذرات نانورس بر خواص فیزیکی و آتشگیری چندسازه پلی‌اتیلن سنگین - آرد چوب

بهزاد کرد

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۶

چکیده

در این پژوهش، اثر مقدار ذرات نانورس بر خواص فیزیکی و آتشگیری چندسازه حاصل از پلی‌اتیلن سنگین و آرد چوب مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، آرد چوب و پلی‌اتیلن سنگین با نسبت وزنی ۵۰ درصد با یکدیگر مخلوط شدند و نانورس نیز در چهار سطح ۰، ۲، ۴ و ۶ درصد استفاده گردید. همچنین ماده سازگارکننده مالئیک انیدرید به میزان ۲ درصد در تمام ترکیب‌ها به کار رفت. سپس چندسازه چوب پلاستیک با استفاده از روش قالب‌گیری تزریقی ساخته شد، و خواص فیزیکی و آتشگیری بر روی نمونه‌ها انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش مقدار ذرات نانورس، میزان جذب آب، واکشیدگی ضخامت، مقدار سوختن، مقدار حرارت آزاد شده و مقدار کل دود تولید شده چندسازه چوب پلاستیک کاهش می‌یابد. در حالی که مقدار زغال باقی‌مانده و زمان سوختن نانوکامپوزیت ساخته شده با افزایش مقدار نانورس افزایش می‌یابد. همچنین بررسی نوع فازها در نانوچندسازه چوب پلاستیک به کمک روش پراش اشعه X نشان داد که توزیع ذرات نانورس در زمینه پلیمری از نوع ساختار بین‌لایه-ای است، و با افزایش مقدار ذرات نانورس فاصله بین لایه‌ها کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: چندسازه، نانورس، خواص فیزیکی، آتشگیری، ساختار بین‌لایه‌ای

*مسئول مکاتبه: behzad_i8498@yahoo.com

مقدمه

مواد پلیمری اغلب به وسیله پرکننده‌ها برای اصلاح خواص مکانیکی تقویت می‌شوند. به تازگی با ورود فناوری نانو^۲ در عرصه علم مواد، کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با فاز نانو علائق زیادی را در حوزه صنعت و پژوهش ایجاد کرده‌اند. از این‌رو نانو چندسازه‌ها در واقع نوع جدیدی از چندسازه‌های پلیمری را تشکیل می‌دهند که در ساختار آنها ذرات با ابعاد نانو مورد استفاده قرار می‌گیرد، که از جمله این نانو ذرات می‌توان به نانوکربن‌ها^۳ و ذرات نانورس^۴ اشاره کرد (تی جونگ ۲۰۰۶، اوتراکی و همکاران ۲۰۰۷). به همین خاطر در طی سال‌های اخیر استفاده از خاک رس اصلاح شده به‌عنوان پرکننده نانو در ساخت نانو چندسازه‌های پلیمری در حجم قابل توجهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طوری که مصرف مقادیر اندکی از آن سبب افزایش مدول، استحکام، مقاومت گرمایی، کاهش نفوذپذیری گاز^۵، مقاومت در برابر اشتعال و بهبود خواص فیزیکی پلیمر می‌گردند، همچنین این افزایش خواص در بیشتر مواقع باعث کاهش سایر خواص در موارد دیگر نمی‌شود (کفاشی و همکاران ۲۰۰۷، ویسواناتان و همکاران ۲۰۰۶). بنابراین با توجه به اهمیت موضوع و رویکرد جهانی به سوی چندسازه‌ها و ناشناخته بودن سازوکار این مواد، در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری در راستا شناسایی خواص نانوکامپوزیت‌های پلیمری-خاک رس و توسعه کاربردی این گروه از مواد شکل گرفته است (شکریه و سنبلستان، ۲۰۰۷)

صحراییان (۲۰۰۴) رفتار آتشگیری سه گروه پلیمرهای گرماترم، گرماسخت و الاستومرها را بانانو چندسازه‌های مربوط به آنها که حاوی ۵ درصد خاک رس اصلاح شده بود، مقایسه نمودند. نتایج کاهش در آتشگیری را برای تمامی نانو چندسازه‌های پلیمر-خاک رس نشان داد، به طوری که تأثیر ذرات نانورس در کاهش آتشگیری و بهبود پایداری حرارتی پلیمرهای گرماترم بسیار قابل توجه بود. یوان و میسرا (۲۰۰۶) دریافتند که افزایش خصوصیات فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت‌های تقویت شده با خاک رس به نوع، مقدار، ساختار بلورین، کیفیت پراکنده شدن و فاصله افقی بین ذرات رس بستگی دارد. وو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که با اضافه نمودن تنها ۲ درصد ذرات نانورس به نانو

- 1- Nano Technology
- 2- Carbon Nanotubes
- 3- Nanoclay
- 4- Barrier Properties

چندسازه حاصل از آرد چوب کاج و پلی اتیلن سنگین، مقاومت خمشی از $19/6$ درصد به 24 درصد و مقاومت کششی از $11/8$ درصد به 13 درصد افزایش می‌یابد، در صورتی که مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت به میزان $7-5$ درصد کاهش می‌یابد. گو و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی تأثیر ذرات نانورس بر خصوصیات آتشگیری چندسازه‌های حاصل از الیاف چوب و پلی اتیلن با دانسیته بالا دریافتند که با افزایش مقدار ذرات نانورس سرعت سوختن به میزان 18 درصد کاهش یافت. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر ذرات نانورس بر ویژگی‌های فیزیکی و آتشگیری چندسازه-چوب پلاستیک حاصل از آرد چوب و پلی اتیلن سنگین صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از پلی اتیلن سنگین، تولید شده توسط شرکت پتروشیمی اراک با شاخص جریان مذاب $11 \text{ g}/10\text{min}$ و چگالی $0.954 \text{ g}/\text{cm}^3$ به‌عنوان ماده پلیمری، همچنین از مالئیک انیدرید پیوند شده با پلی اتیلن با خلوص 98 درصد محصول شرکت مرک به‌عنوان عامل سازگارکننده، و نیز آرد چوب راش تولید شده توسط شرکت صنعت سلولز آریا، با اندازه ابعاد $60-40$ میکرون مورد استفاده قرار گرفت. همچنین از پودر نانورس ساخت شرکت خاک رس جنوبی^۶ کشور آمریکا با نام تجاری کلوزیت **B 30** استفاده شد، که در جدول ۱ مشخصات و ساختار شیمیایی این ماده آورده شده است.

جدول ۱- مشخصات و ساختار شیمیایی خاک رس اصلاح شده کلوزیت **B 30**.

ساختار شیمیایی	اصلاح کننده آلی	غلظت اصلاح کننده (میلی اکی والان/۱۰۰)	فاصله بین لایه‌ها (نانومتر)
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ $\text{CH}_3-\text{N}^+-\text{T}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	نمک آمونیوم چهارتایی متیل، تالو، بیس-۲ هیدروکسی اتیل	۹۰	۱۸/۵

فرآیند اختلاط: به‌منظور بررسی اثر میزان ذرات نانورس بر خواص چندسازه حاصل از پلی اتیلن سنگین و آرد چوب، نانورس کلوزیت **B 30** در چهار سطح 0 ، 2 ، 4 و 6 درصد مورد استفاده قرار

گرفت (جدول ۲). فرآیند اختلاط مواد با دستگاه مخلوط کن داخلی هکه^۷ با دما اختلاط ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت اختلاط ۶۰ دور در دقیقه انجام شد. پس از اختلاط مواد، چند سازه بی شکل تولید شده پس از سرد شدن آسیاب شده و به دستگاه قالب‌گیری تزریقی^۸ منتقل شد و این دستگاه پس از ذوب مجدد چندسازه ماده مذاب را به درون قالب‌هایی تزریق نموده و نمونه‌های آزمونی تهیه شدند.

جدول ۲- درصد وزنی اجزا چندسازه چوب پلاستیک در تیمارهای مختلف.

شماره تیمار	آرد چوب (%)	پلی اتیلن (%)	سازگارکننده (%)	نانورس (%)
۱	۵۰	۴۸	۲	۰
۲	۵۰	۴۶	۲	۲
۳	۵۰	۴۴	۲	۴
۴	۵۰	۴۲	۲	۶

اندازه‌گیری خواص فیزیکی: آزمایش‌های فیزیکی شامل جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مطابق استاندارد ASTM D ۷۰۳ انجام شد. برای این منظور نمونه‌هایی با اندازه ابعاد استاندارد تهیه و به مدت ۲۴ ساعت در آن با دما ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا رطوبت آن‌ها از بین‌رفته و خشک شوند. نمونه‌های خشک شده بلافاصله توزین و ابعاد آن اندازه‌گیری شدند، سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دما معمولی اتاق (۲۳ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شده و در پایان این فاصله زمانی نمونه‌ها را از آب خارج کرده و توسط یک پارچه خشک سطح خیس آن‌ها را پاک و بلافاصله وزن و ضخامت آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای توزین نمونه‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم و برای اندازه‌گیری ضخامت نمونه‌ها از میکرومتر با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر استفاده شد. در نهایت مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه گردید:

$$WA(t) = \frac{W(t) - w(0)}{W(0)} \times 100 \quad (1)$$

- 1- Hakee Internal Mixer
- 2- Injection Molding

$WA(t)$ = مقدار جذب آب در زمان t ، $W(t)$ = وزن نمونه در زمان غوطه‌وری t ، $W(0)$ = وزن خشک نمونه قبل از غوطه‌وری.

$$TS(t) = \frac{T(t) - T(0)}{T(0)} \times 100 \quad (2)$$

$TS(t)$ = واكشیدگی ضخامت در زمان غوطه‌وری t ، $T(0)$ = ضخامت اولیه نمونه ها، $T(t)$ = ضخامت در زمان t

اندازه‌گیری خواص آتشگیری: نمونه‌ها به صورت ورقه‌ای با ابعاد $6 \times 100 \times 100$ میلی‌متر مکعب جهت انجام آزمون تهیه شدند. سپس آزمون‌های مختلف آتشگیری شامل: مقدار زغال باقی‌مانده، مقدار سوختن، کل دود تولید شده، زمان سوختن و مقدار حرارت آزاد شده با استفاده از دستگاه کالریمتر مخروطی^۹ مطابق استاندارد ASTM E-1354 مورد ارزیابی قرار گرفت (اسلد و جنکینز، ۱۹۹۶).

آزمون تفرق اشعه ایکس^{۱۰}: پراش پرتو اشعه ایکس امکان شناخت نوع ساختار بلورشناسی ذرات نانورس در نانوکامپوزیت‌های پلیمری و چگونگی توزیع خاک رس را در ماده زمینه پلیمری فراهم می‌کند (در ساختار بین لایه‌ای^{۱۱} ذرات رس به‌طور جزئی و تا حدودی از یکدیگر جدا شده و به درون ماتریس پلیمری نفوذ می‌کنند، در این حالت فاصله بین لایه‌ای صفحات بیشتر از $1/5$ نانومتر می‌باشد. اما در ساختار لایه لایه‌ای^{۱۲} ذرات رس به‌طور کامل از یکدیگر فاصله گرفته و به‌صورت رشته‌های مجزا در می‌آیند، در این حالت فاصله بین لایه‌ای صفحات رس بیشتر از $8/8$ نانومتر است). از کاربردهای بسیار مهم این روش، محاسبه فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس می‌باشد، که با استفاده از معادله براگ به صورت زیر محاسبه می‌شود (تی جونگ ۲۰۰۷، اوتراکی و همکاران ۲۰۰۷).

$$d_{00} = n\lambda / 2\sin \theta \quad (3)$$

در رابطه فوق، d_{00} فاصله بین لایه‌های رسی، n عدد صحیح، θ زاویه پراکنش پرتو اشعه و λ طول موج اشعه می‌باشد.

-
- 1- Cone Calorimeter
 - 2- X-ray Diffraction (XRD)
 - 3- Intercalation
 - 4- Exfoliation

آزمون اشعه ایکس توسط دستگاه XRD واقع در مجتمع آزمایشگاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات بر روی نمونه‌ها انجام گرفت. آزمون با تشعشع لامپ $CuK\alpha$ ، طول موج $1/54$ نانومتر، اندازه گام $0/02$ درجه، سرعت $0/3$ درجه بر دقیقه و زاویه تابش 2θ در دامنه $12-0$ درجه انجام شد. نمونه‌ها به صورت ورقه‌ای با ابعاد $10 \times 10 \times 1$ میلی‌متر جهت انجام این آزمون تهیه شدند. تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS Version ۱۳ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و در نهایت مقایسه و گروه بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۹ درصد انجام گرفت.

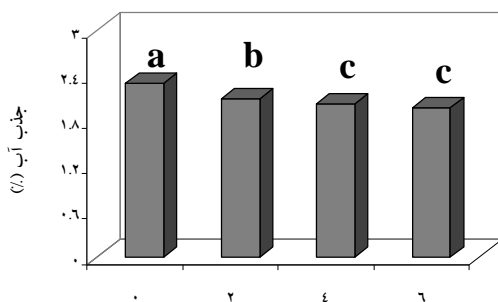
نتایج و بحث

خواص فیزیکی: نتایج تجزیه و تحلیل آماری حاصل نشان می‌دهد که تأثیر ذرات نانورس بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نانوچندسازه چوب پلاستیک در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳). همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار نانورس از ۰ به ۶ درصد، مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در چندسازه حاصل از پلی‌اتیلن سنگین و آرد چوب کاهش می‌یابد. دلایل این مسأله را می‌توان این‌طور بیان نمود که خاک رس پس از فرایند اصلاح توسط نمک آمونیوم از حالت آب دوست به آلی دوست^{۱۳} تبدیل شده، بنابراین سطح ذرات نانورس آب‌گریز رس بوده و این ویژگی موجب غیرفعال شدن رطوبت می‌گردد. از طرفی ذرات نانورس به علت داشتن خاصیت هسته‌زایی^{۱۴} موجب تشکیل ساختار بلوری شده که خود می‌تواند به کاهش روند جذب آب و بهبود ثبات ابعاد چندسازه کمک کند. همچنین می‌توان فرضیه پیچ و خم‌دار شدن لایه‌های رسی^{۱۵} (رانا و همکاران، ۲۰۰۵) را در ممانعت از نفوذ آب به داخل چندسازه موثر دانست، براین اساس با افزایش مقدار ذرات نانورس به تدریج فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی رس کاهش یافته و به عبارتی پدیده کلوخه شدن اتفاق می‌افتد. که به درهم‌رفتگی و تشکیل مسیرهای طولانی‌تر برای عبور مولکول‌های آب و تعویق پدیده انتشار می‌انجامد. که با نتایج یوان و میسرا (۲۰۰۶) و وو و همکاران (۲۰۰۷) هم‌خوانی دارد.

- 1- Organoclay
- 2- Nucleating Agent
- 3- Zigzag Effect Hypothesis

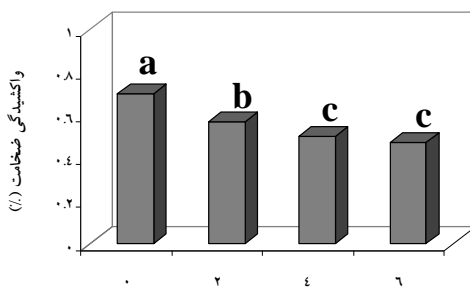
جدول ۳- مقدار F محاسبه شده برای خواص فیزیکی و آتشگیری چندسازه پلی اتیلن سنگین- آرد چوب.

منبع تغییرات	جذب آب	واکسیدگی ضخامت	مقدار زغال باقیمانده	مقدار زغال سوختن	زمان سوختن	مقدار دود تولید شده	مقدار حرارت آزاد شده
درصد نانورس	۲۱/۷۰۳ **	۴/۳۲۷ **	۴/۱۱ **	۲/۵۳ **	۳/۱۸ **	۳۴/۵۲ **	۲۱/۷۰۳ **



مقدار نانورس (%)

شکل ۱- تأثیر مقدار ذرات نانورس بر جذب آب چندسازه پلی اتیلن سنگین- آرد چوب.

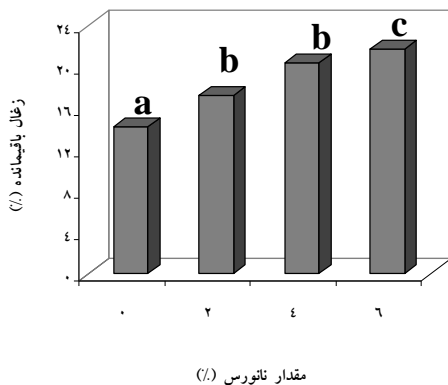


مقدار نانورس (%)

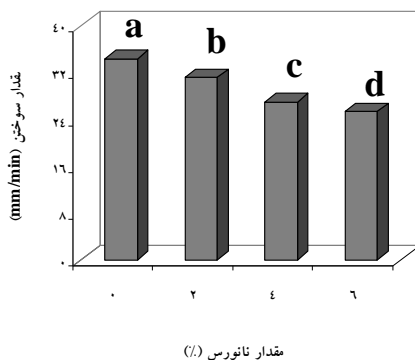
شکل ۲- تأثیر مقدار ذرات نانورس بر واکسیدگی ضخامت چندسازه پلی اتیلن سنگین- آرد چوب.

خواص آتشگیری: نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان می‌دهد که تأثیر ذرات نانورس بر ویژگی‌های آتشگیری نانوچندسازه چوب پلاستیک در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳). همان‌طور که در شکل‌های ۳ تا ۷ مشاهده می‌شود با افزایش مقدار نانورس از ۰ به ۶ درصد، مقدار زغال باقی‌مانده و زمان سوختن افزایش یافته، در حالی که مقدار سوختن، مقدار حرارت آزاد شده و

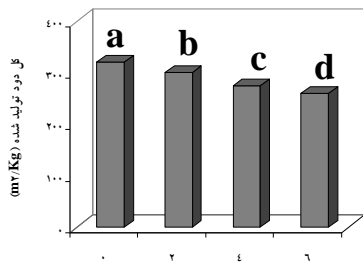
مقدار کل دود تولید شده در چندسازه حاصل از پلی‌اتیلن سنگین و آرد چوب کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد هنگامی که چندسازه چوب پلاستیک حاوی خاک رس می‌سوزد، لایه‌ای زغالی توسط ذرات نانورس بر روی سطح خارجی چندسازه تشکیل شده که همین امر سبب عایق شدن لایه زیرین و تأخیر در اشتعال چندسازه چوب پلاستیک می‌گردد. از طرفی می‌توان بهبود پایداری حرارتی چندسازه را به توانایی ذرات رس در بلورسازی و به دنبال آن بالا بردن درجه حرارت مورد نیاز برای اشتعال نسبت داد. همچنین می‌توان انتظار داشت در هنگام کلوخه شدن ذرات نانورس سرعت انتشار گاز اکسیژن و خروج ترکیبات فرار به تعویق افتد و موجب تأخیر زمان اشتعال چندسازه چوب پلاستیک گردد. که با نتایج تحقیقات صحرائیان (۲۰۰۴) و گو و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد.



شکل ۳- تأثیر مقدار ذرات نانورس بر زغال باقیمانده چندسازه پلی‌اتیلن سنگین- آرد چوب.

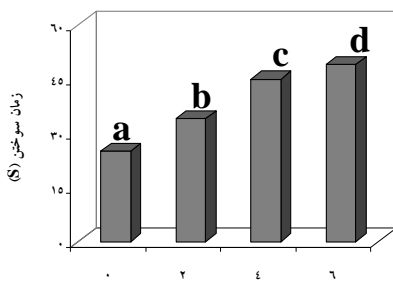


شکل ۴- تأثیر مقدار ذرات نانورس بر مقدار سوختن چندسازه پلی‌اتیلن سنگین- آرد چوب.



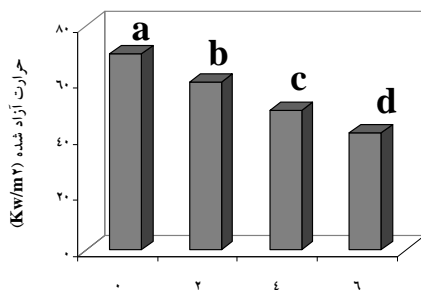
مقدار نانوسیله (%)

شکل ۵- تأثیر مقدار ذرات نانوسیله بر کل دود تولید شده چندسازه پلی اتیلن سنگین - آرد چوب.



مقدار نانوسیله (%)

شکل ۶- تأثیر مقدار ذرات نانوسیله بر زمان سوختن چندسازه پلی اتیلن سنگین - آرد چوب.

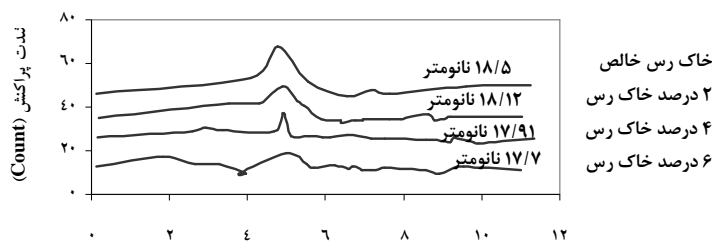


مقدار نانوسیله (%)

شکل ۷- تأثیر مقدار ذرات نانوسیله بر حرارت آزاد شده چندسازه پلی اتیلن سنگین - آرد چوب.

مطالعه ساختاری: شکل ۸ نتایج پراش پرتو اشعه ایکس ذرات نانورس را در چندسازه پلی‌اتیلن سنگین- آرد چوب حاصل از پلی‌اتیلن سنگین و آرد چوب نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش مقدار نانورس فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی کاهش می‌یابد. براساس این شکل، پیک تفرق اشعه ایکس خاک رس اصلاح شده کلویزیت B_{30} در زاویه $4/76$ آنگستروم مربوط به فاصله بین‌لایه‌ای $18/5$ نانومتر است، که با افزایش مقدار 2 درصد نانورس پیک اشعه ایکس در چندسازه تغییر کرده و به سمت جلو حرکت می‌کند و مربوط به $4/89$ آنگستروم و فاصله بین‌لایه‌ای $18/12$ نانومتر بوده، که نشان دهنده کاهش فاصله بین لایه‌ای نسبت به خاک رس اصلاح شده خالص است. البته تغییر حرکت پیک به سمت جلوتر و کاهش بیشتر فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی در چندسازه چوب پلاستیک به ترتیب با افزودن 4 و 6 درصد نانورس نیز مشاهده شد، به طوری که پیک اشعه ایکس در زاویه $4/92$ آنگستروم و فاصله بین‌لایه‌ای $17/91$ نانومتر مربوط به 4 درصد نانورس، و زاویه $4/99$ آنگستروم و فاصله بین‌لایه‌ای $17/70$ نانومتر مربوط به 6 درصد نانورس ایجاد شده است.

همچنین با توجه به شکل ۸ می‌توان دریافت که ساختار تشکیل شده در چندسازه چوب پلاستیک از نوع بین لایه‌ای بوده، زیرا قله مربوط به ناحیه بلورین رس کاملاً از بین نرفته و فقط به سمت جلو و θ های بالاتر افزایش یافته است. به عبارت دیگر فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی نانورس به دلیل نفوذ زنجیره‌های پلیمری کاهش یافته ولی از هم گسیختگی کامل لایه‌های رس رخ نداده است، این درحالی است که اگر ساختار نانو چندسازه به دست آمده از نوع لایه‌لایه‌ای باشد، به دلیل متلاشی شدن ساختار بلوری هیچ قله‌ای در منحنی باقی نمی‌ماند.



زاویه پراکنش (2Theta)

شکل ۸- پراش پرتو اشعه ایکس ذرات نانورس در چندسازه پلی‌اتیلن سنگین- آرد چوب.

نتیجه گیری

این پژوهش با هدف تأثیر ذرات نانورس بر ویژگی‌های فیزیکی و آتشگیری چندسازه چوب پلاستیک حاصل از آرد چوب و پلی اتیلن سنگین مورد بررسی قرار گرفت، که نتایج نشان داد:

۱- جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک با افزایش مقدار نانورس کاهش یافت.

۲- با افزایش مقدار نانورس، مقدار زغال باقی مانده و زمان سوختن افزایش یافته، در حالی که مقدار سوختن، مقدار حرارت آزاد شده و مقدار کل دود تولید شده کاهش می‌یابد.

۳- مطالعات ساختاری نانوسازه چوب پلاستیک به کمک روش پراش اشعه ایکس که توزیع ذرات نانورس در زمینه پلیمری از نوع ساختار بین‌لایه‌ای است، و با افزایش مقدار ذرات نانورس فاصله بین لایه‌ها کاهش می‌یابد.

منابع

1. ASTM. 2006. Evaluating Mechanical and Physical properties of wood-plastic composites products. American Society for Testing and Materials.
2. Guo, G., Park, C.B., Lee, Y.H., Kim, Y.S., and Sain, M. 2007. Flame retarding effects of nanoclay on wood-fiber composites, *J. Polym Engin Sci*, 26: 330-336.
3. Kafashi, B., Poursang, F., and Sonbolestan, E. 2007. Preparation of polyurethane/clay nanocomposites: investigating the dispersion of organoclays in PTMEG. *J Polym Sci and Tech*, 20, 3: 247-255.
4. Rana, H.T., Gupta, R.K., Gangarao, H.V.S., Sridhar, L.N. 2005. Measurement of Moisture Diffusivity through Layered-Silicate Nanocomposites, *AIChE J*, 51, 3249-3256.
5. Sahraeyan, R. 2004. Flammability behavior of polymer-clay nanocomposite, M.Sc. Thesis of Tarbiat Modares University, 118p (In Persian).
6. Shokrieh, M., and Sonbolestan, E. 2007. Effects of structural parameters on mechanical properties polymer/clay nanocomposites. *J. Polym. Sci. and Tech*. 20:2: 187-195.
7. Slade, P.E., and Jenkins, L.T. 1996. Techniques and methods of polymer evaluation, Flammability analysis, Vol 1, Marcel Dekker New York, 186p.
8. Tjong, S.C. 2006. Structural and mechanical properties of polymer nanocomposites; A review. *J Materi Sci and Engin*, 53: 73-197.
9. Utracki, L.A., Sepehr, M., and E., Boccaleri, E. 2007. Synthetic, layered nanoparticles for polymeric nanocomposites (PNCs); A review. *J Polym for Advan Tech*, 18: 1-37.

10. Viswanathan, V., Laha, T., Balani, K., Agarwal, and A., Seal, S. 2006. Challenges and advances in nanocomposite processing techniques; a review, *J. Mater Sci. and Engin.*, 54: 121–285.
11. Wu, Q., Lei, Y., Clemons, C.M., Yao, F., Xu, Y., and Lian, K. 2007. Properties of HDPE/ Clay/ Wood Nanocomposites, *J. Plast Tech.*, 27: 2: 108-115.
12. Yuan, Q., and Misra, R.D.K. 2006. Impact fracture behavior of clay-reinforced polypropylene nanocomposites. *J. Poly. Sci.*, 47: 4421-4433.

Archive of SID



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 18(4), 2012

<http://jwsc.gau.ac.ir>

Effect of Nanoclay Particles on the Physical Properties and Flammability of HDPE/ Wood Flour Composites

B. Kord

Assistant Prof., Islamic Azad University, Chaloos Branch

Received: 2010-2-9; Accepted: 2011-6-27

Abstract

In this study, the effect of nanoclay particles content on the physical properties and flammability of composite made of high density polyethylene and wood flour was investigated. For this aim, wood flour was combined with HDPE at 50% by weight, and nanoclay was used in 0, 2, 4 and 6%, also 2% of MAPE as the coupling agent was used in all formulations. The samples were made in injection molding, and physical properties and flammability were tested. Results indicated that water absorption, thickness swelling, burning rate, heat release rate and total smoke production of wood polymer composite decreased with nanoclay loading. However, char residue and ignition time increased by increasing nanoclay particles amount. Also, the morphological study with XRD showed that nanoclay was distributed as intercalation structure in polymer matrix, and the d-spacing of layers decreased with increasing of nanoclay particles content.

Keywords: Composites; Nanoclay; Physical properties; Flammability; Intercalation structure.

*Corresponding author; E-mail: behzad_i8498@yahoo.com