

تأثیر نانو اکسید روی بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب-پلاستیک

چکیده

در این تحقیق اثر نانو اکسید روی بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب-پلی‌اتیلن مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور چندسازه های محتوی ۰، ۱، ۲ و ۴ درصد نانو اکسید روی (بر اساس وزن کل چندسازه) به کمک مخلوط‌کن داخلی و پرس آزمایشگاهی ساخته شدند و در ادامه به وسیله آزمون‌های مقاومت خمشی، کششی، سختی، جذب آب و واکنشیدگی ضخامتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به دست آمده نشان داد که استفاده از نانو اکسید روی به میزان ۲ و ۴ درصد به طور معنی داری موجب کاهش مقاومت‌های خمشی، کششی و مدول خمشی شده است. همچنین نتایج حاکی از آن بود که سختی و مدول کششی تنها در چندسازه‌های حاوی ۴ درصد نانو اکسید روی کاهش معنی داری داشته است. بررسی خصوصیات فیزیکی نیز بیانگر تأثیر منفی نانو اکسید روی بر میزان واکنشیدگی ضخامتی و جذب آب بود به طوری که شاهد افزایش واکنشیدگی ضخامتی در نمونه‌های حاوی ۲ و ۴ درصد نانو اکسید روی و میزان جذب آب در نمونه‌های حاوی ۴ درصد نانو اکسید روی نسبت به سایر نمونه‌ها بودیم.

واژگان کلیدی: چندسازه چوب‌پلی‌اتیلن، نانو اکسید روی، خصوصیات مکانیکی، خصوصیات فیزیکی.

داود رسولی^{۱*}
مهدی مشکور^۲
زهرا حجتی^۳

^۱ استادیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۲ استادیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

^۳ دانش‌آموخته کارشناسی رشته حفاظت و اصلاح چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

مسئول مکاتبات:

rasouli@gau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۶

مقدمه

چندسازه‌های چوب-پلاستیک از محصولات نوظهوری هستند که به میزان قابل توجهی شاهد افزایش مصرف آن در طی دهه‌های اخیر هستیم. این چندسازه‌ها به وسیله پراکنده کردن ذرات ریز چوب در پلیمرهای ترموپلاستیک به همراه جفت‌کننده‌ها و یا سایر افزودنی‌ها، به کمک فن‌های مختلفی از جمله اکستروژن، قالب‌گیری تزریقی^۱ و قالب‌گیری فشاری^۲ تولید می‌شوند. ایده تولید چندسازه‌های چوب-پلاستیک در دهه ۱۹۷۰ میلادی در آمریکا ایتالیا مطرح و در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی در آمریکا گسترش و توسعه پیدا کرد. اولین بار در مقیاس صنعتی شرکت وود استاک در آمریکا در سال ۱۹۸۳ نسبت به

تولید چندسازه چوب-پلی‌پروپیلن به وسیله اکسترودر برای قسمت‌های داخلی خودرو اقدام نمود [۱]. امروزه استفاده گسترده‌ای از این نوع چندسازه‌ها در مصارف ساختمانی از جمله ساخت پنجره، دیوارکوب^۳، کفپوش و ... می‌شود و در بسیاری از بخش‌ها این محصولات جایگزین چوب ماسیو شده‌اند، به همین سبب توجه به خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آن‌ها از اهمیت فراوانی برخوردار است [۲، ۳]. استفاده از چوب به‌عنوان عامل پرکننده و تقویت‌کننده در پلاستیک‌ها باعث می‌شود محصول

¹ injection moulding

² Compression moulding

³ Siding

به منظور بررسی این موضوع انجام شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، از آرد چوب گونه‌ی راش با اندازه ذرات ۶۰ تا ۸۰ مش به‌عنوان پرکننده، پلی‌اتیلن دانسیته بالا (HD۵۶۲۰، پتروشیمی اراک) با دانسیته $g/cm^3/۰.۹۵۶$ و شاخص جریان مذاب ۲۰ گرم در ده دقیقه (در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد با وزنه ۲/۱۶ کیلوگرم) به‌عنوان ماده زمینه و جفت‌کننده MAPE (نوع G101 شرکت کیمیا جاوید سپاهان) استفاده شد. همچنین نانوذرات اکسید روی به‌عنوان ماده حفاظتی با ابعاد متوسط ۶۷ نانومتر از شرکت آلفا ایسر^۱ آمریکا به دست آمد.

جهت ساخت نمونه‌ها، پلیمر پلی‌اتیلن به همراه جفت‌کننده به مدت ۲ دقیقه در داخل محفظه مخلوط‌کن داخلی (برابندر^۲ مدل ۳۳۰) با دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و با سرعت چرخش ۷۰ دور بر دقیقه ذوب شد. سپس آرد چوب و نانوذرات اکسید روی به‌طور هم‌زمان به محفظه مخلوط‌کن اضافه و عمل اختلاط به مدت ۳ دقیقه دیگر تا رسیدن به گشتاور ثابت ادامه پیدا کرد. سپس چندسازه بی‌شکل ایجاد شده پس از سرد شدن، به ابعاد کوچک‌تر تبدیل شد و در نهایت نمونه‌ها به کمک قاب فلزی و پرس آزمایشگاهی کور^۳ تهیه گردیدند. در این تحقیق، دمای پرس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و فشار آن ۲۰ مگا پاسکال بود که پس از مدت ۴ دقیقه پرس، دمای آن به‌وسیله آب به زیر ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسید. لازم به ذکر است که ضخامت نمونه‌های کششی ۱ میلی‌متر و ضخامت سایر نمونه‌ها برابر با ۳ میلی‌متر در نظر گرفته شد. در این تحقیق برای تمامی تیمارها، ۵۰ درصد آرد چوب، ۴۸ درصد پلی‌اتیلن دانسیته بالا و ۲ درصد جفت‌کننده استفاده شد؛ و از ماده حفاظتی نانو اکسید روی به مقدار ۰، ۱، ۲ و ۴ درصد بر اساس وزن کل چندسازه‌ها به‌عنوان عامل متغیر استفاده گردید. جهت سهولت در بررسی نتایج، نمونه‌های محتوی نانو اکسید روی با کد Zn به همراه درصد مورد استفاده آن‌ها و نمونه‌های فاقد نانو اکسید روی با کد WPE ارائه شده‌اند.

به‌دست‌آمده از سفتی و زیبایی بهتر و قیمت تمام‌شده کمتری برخوردار باشد. علی‌رغم مزایای ذکر شده، این نوع چندسازه‌ها مستعد تخریب بیولوژیک و هوازگی می‌باشند که این عوامل به‌شدت بر زیبایی و مقاومت‌های آن‌ها تأثیر می‌گذارد. برای نخستین بار آثار پوسیدگی در چندسازه‌های چوب و پلاستیک توسط Cooper و Morris (۱۹۹۸) گزارش گردید [۴]. راهکار ارائه‌شده برای رفع این مشکل استفاده از قارچ‌کش‌هایی مانند بورات روی در ساختار این چندسازه‌ها است [۵]. چندسازه‌های چوب پلاستیک در محیط‌های بیرونی دچار تخریب هوازگی نیز می‌شوند در اثر هوازگی، تخریب سطحی در سطح چندسازه‌ها اتفاق می‌افتد که تأثیر بسیار منفی بر زیبایی محصولات تولیدشده می‌گذارد [۶]. تحقیقات صورت گرفته نشان داده است که جاذب‌های نوری آلی و معدنی می‌توانند موجب افزایش مقاومت به هوازگی در این چندسازه‌ها گردند [۷]. نانو اکسید روی از جمله موادی است که می‌تواند موجب افزایش مقاومت به هوازگی در چوب و چندسازه‌های چوب - پلی‌اتیلن گردد [۸]. این ماده همچنین دارای فعالیت قارچ‌کشی مناسبی بوده و می‌تواند موجب کاهش فعالیت قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید و قهوه‌ای در چندسازه‌های چوب-پلاستیک گردد [۹، ۱۰]؛ بنابراین نانو اکسید روی به‌عنوان ماده‌ای معرفی شده است که می‌تواند به‌طور هم‌زمان موجب افزایش مقاومت به هوازگی و پوسیدگی گردد. به‌طور کلی با کوچک‌سازی ابعاد مواد، سطح ویژه آن‌ها افزایش می‌یابد که این امر به معنی افزایش تعداد اتم‌های در دسترس ماده و در نتیجه برهمکنش بیشتر این مواد با سایر مواد است به همین خاطر این‌گونه مواد خصوصیات منحصربه‌فردی را از خود نشان می‌دهند. نانوذرات اکسید روی نیز خواص متفاوتی را نسبت به حالت بالکی از خود نشان می‌دهد به‌طوری‌که با افزایش سطح ویژه، خاصیت جذب نوری فعالیت قارچ‌کشی و ضد باکتریایی آن‌ها بیشتر می‌گردد [۱۱، ۱۲].

معرفی هر ماده حفاظتی جدید برای محصول خاص، نیازمند بررسی تأثیر آن بر جنبه‌های مختلف محصول به‌کاربرده است. از آنجایی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب-پلاستیک از اهمیت زیادی بر جنبه‌های کاربردی این محصولات دارد، تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه صورت نگرفته است لذا تحقیق حاضر

¹ Alfa Aesar

² Brabender

³ Cavour

نمونه‌ها به داخل آب مقطر منتقل شدند. در ادامه برای هر بار اندازه‌گیری جذب آب و واکنشیدگی ضخامت، نمونه‌ها از آب خارج و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

جهت بررسی تأثیر نانو اکسید روی بر روی خصوصیات مکانیکی، از طرح کاملاً تصادفی و تکنیک تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده و در صورت اثبات تأثیر معنی‌داری آن، میانگین تیمارهای موردبررسی به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن گروه‌بندی شدند.

نتایج و بحث

بررسی نتایج مقاومت خمشی نشان داد که استفاده از نانو اکسید روی تأثیر معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر مقاومت خمشی داشته است (جدول ۱). به‌طوری‌که در نمونه‌های حاوی ۲ و ۴ درصد نانو اکسید روی شاهد کاهش مقاومت خمشی به ترتیب به میزان ۱۷ و ۲۱ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد مشاهده شد. در نمونه‌های حاوی ۱ درصد نانو اکسید روی کاهش ۶ درصدی مقاومت خمشی نسبت به نمونه‌های شاهد مشاهده شد اما این میزان کاهش از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۱).

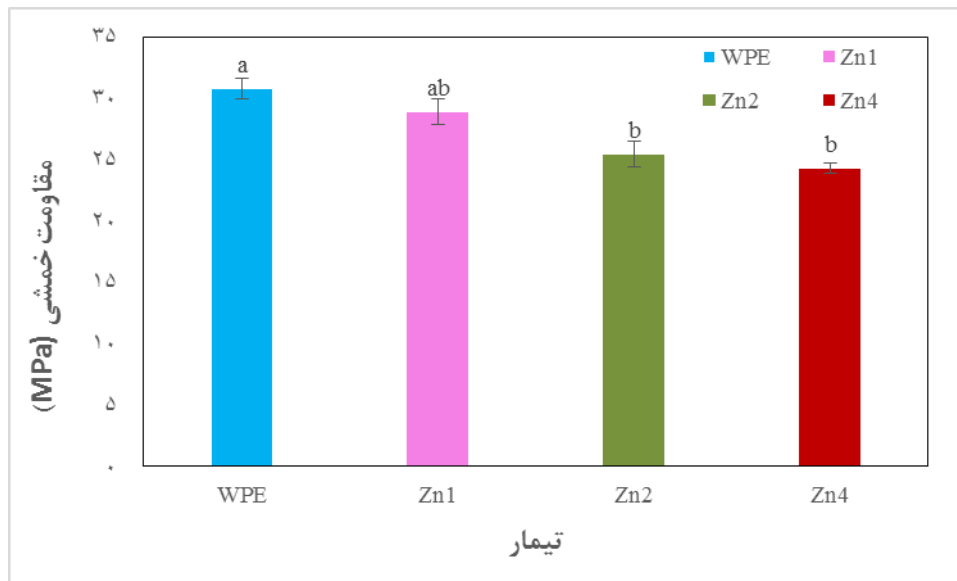
مقاومت خمشی بر روی نمونه‌هایی با ابعاد $100 \times 12 \times 3$ میلی‌متر طبق استاندارد ASTM D 790 با آزمون سه‌نقطه‌ای و طول دهانه ۷۰ میلی‌متر و سرعت بارگذاری ۳ میلی‌متر در دقیقه توسط دستگاه اینسترون ۴۴۸۶ و مقاومت کششی نمونه‌های $100 \times 10 \times 1$ میلی‌متر مطابق استاندارد ASTM ۸۸۲ به‌وسیله دستگاه اینسترون^۱ مدل ۳۳۶۵ با سرعت بارگذاری ۲ میلی‌متر در دقیقه انجام شد. برای اندازه‌گیری سختی از نمونه‌هایی با ابعاد $50 \times 50 \times 3$ میلی‌متر استفاده شد و میزان سختی آن‌ها به‌وسیله سختی سنج شور D با وزنه ۵ کیلوگرمی طبق استاندارد ۵-ASTM D ۲۲۴۰ اندازه‌گیری گردید. لازم به ذکر است که این نوع سختی فاقد واحد است و اعداد آن در محدوده ۰-۱۰۰ است که در آن اعداد بزرگ‌تر نشان‌دهنده سختی بیشتر است.

اندازه‌گیری جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه‌های $25 \times 25 \times 3$ میلی‌متر مطابق استاندارد ASTM D ۱۰۳۷ و به کمک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم و میکرومتر با دقت ۰/۰۰۱ میلی‌متر انجام گردید. برای این منظور، وزن و ضخامت نمونه‌ها پس از قرارگیری در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد (به مدت ۲۴ ساعت) اندازه‌گیری و پس‌از آن

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر نانو اکسید روی بر خصوصیات مکانیکی چندسازه چوب-پلی‌اتیلن^۱

خصوصیت موردبررسی	منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
مقاومت خمشی	تیمار	۳	۱۵۳/۲	۵۱/۲۶	۲۹/۳۶	۰/۰۰۰
	خطا	۱۵	۲۶/۲	۱/۷۴		
	کل	۱۸	۱۸۰			
مدول خمشی	تیمار	۳	۳۹۴۸۹۸	۱۳۱۶۳۲/۶	۷/۱۴	۰/۰۰۳
	خطا	۱۵	۲۷۶۵۹۸	۱۸۴۳۹/۸		
	کل	۱۸	۶۷۱۴۹۶			
مقاومت کششی	تیمار	۳	۹۸/۲	۳۲/۷	۱۱/۸۳	۰/۰۰۰
	خطا	۱۶	۴۴/۲۵	۲/۷۶		
	کل	۱۹	۱۴۲/۴۴			
مدول کششی	تیمار	۳	۱۰۰۱۲۹/۸	۳۳۳۷۶/۶	۳/۷۸	۰/۰۳۲
	خطا	۱۶	۱۴۰۹۷۰	۸۸۱۰/۶		
	کل	۱۹	۲۴۱۰۹۹/۸			
سختی	تیمار	۳	۱۴	۴/۶۶	۴/۹	۰/۰۱۳
	خطا	۱۶	۱۵/۲	۰/۹۵		
	کل	۱۹	۲۹/۲			

^۱ Instron

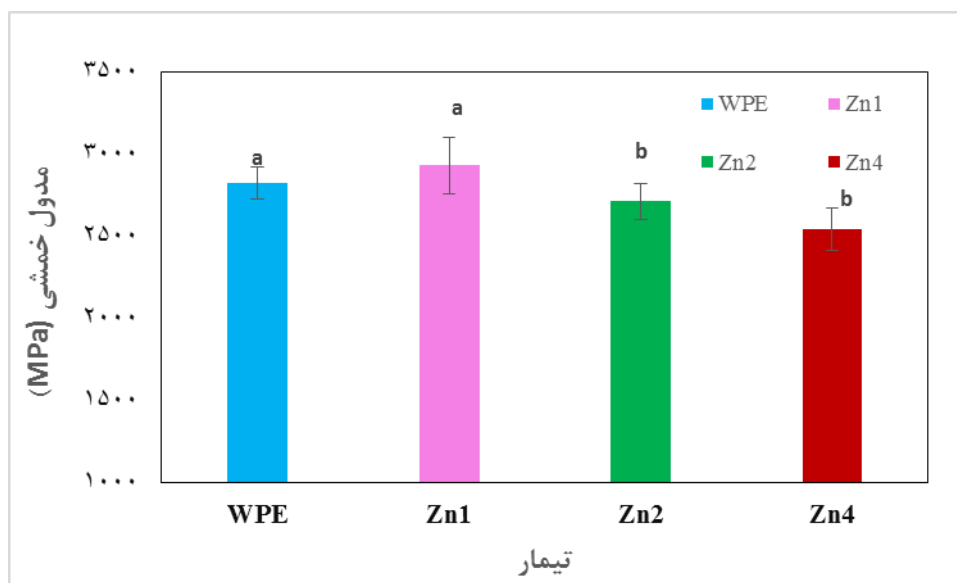


* نوار خطا نشان دهنده انحراف معیار است

شکل ۱- تأثیر نانو اکسید روی بر مقاومت خمشی چندسازه چوب-پلی اتیلن

این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود. با افزایش میزان نانو اکسید روی به ۲ و ۴ درصد، به ترتیب شاهد کاهش معنی دار ۴ و ۱۰ درصدی در مدول خمشی بودیم هرچند که اختلاف معنی داری بین نمونه‌های ۲ و ۴ درصد مشاهده نشد (شکل ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که نانو اکسید روی در سطح اطمینان ۹۹ درصد بر مدول خمشی چندسازه چوب-پلی اتیلن تأثیر معنی داری داشته است (جدول ۱). در نمونه‌های حاوی ۱ درصد نانو اکسید روی شاهد افزایش جزئی در مدول خمشی بودیم هرچند که

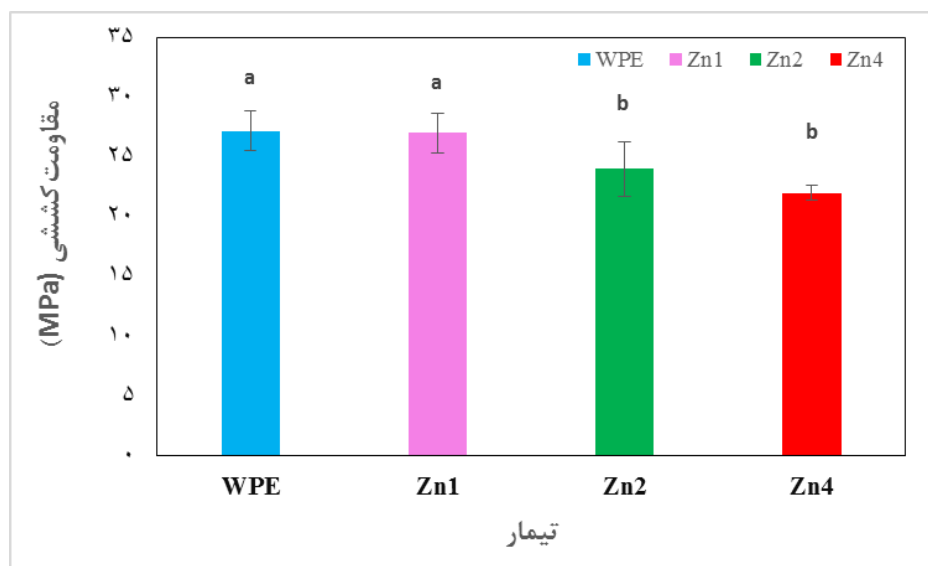


* نوار خطا نشان دهنده انحراف معیار است

شکل ۲- تأثیر نانو اکسید روی بر مدول خمشی چندسازه چوب-پلی اتیلن

محتوی ۱ درصد نانو اکسید روی، اختلاف مقاومت کششی از نظر آماری معنی دار نیست. این در حالی است که با افزایش نانو اکسید روی به ۲ و ۴ درصد، به طور معنی داری کاهش ۱۱ و ۱۹ درصدی مقاومت کششی رخ داده است.

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که نانو اکسید روی بر میزان مقاومت کششی در فاصله اطمینان ۹۹ درصد تأثیر معنی داری داشته است (جدول ۱). همان گونه که مشخص است بین نمونه‌های شاهد و نمونه‌های

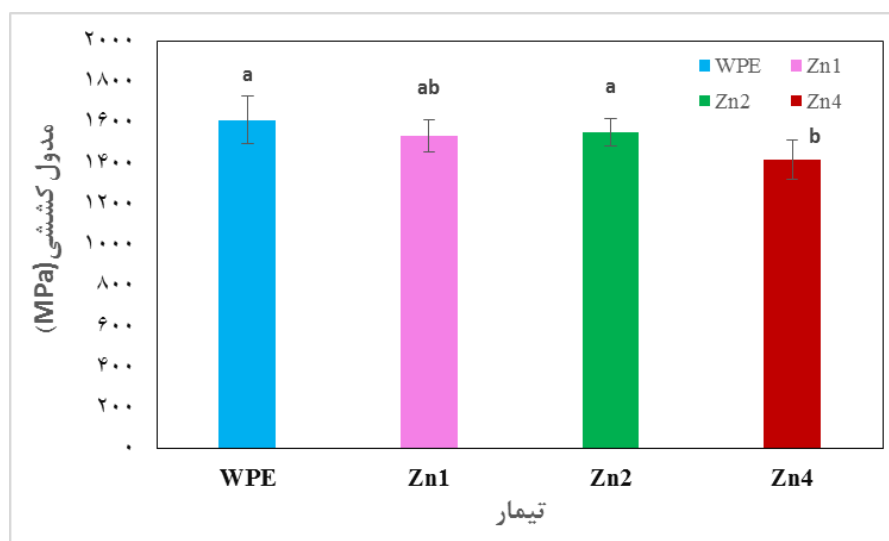


* نوار خطا نشان دهنده انحراف معیار است

شکل ۳- تأثیر نانو اکسید روی بر مقاومت کششی چندسازه چوب-پلی اتیلن

۱۲ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش معنی دار از خود نشان داد. در حالی که در نمونه‌های حاوی ۱ و ۲ درصد نانو اکسید روی، کاهش معنی داری در مدول کششی مشاهده نشد (شکل ۴).

بررسی نتایج حاصل از مدول کششی نیز نشان داد که این خصوصیت در فاصله اطمینان ۹۵ درصد تحت تأثیر میزان نانو اکسید روی است (جدول ۱). به طوری که نمونه‌های حاوی ۴ درصد نانو اکسید روی مدول کششی



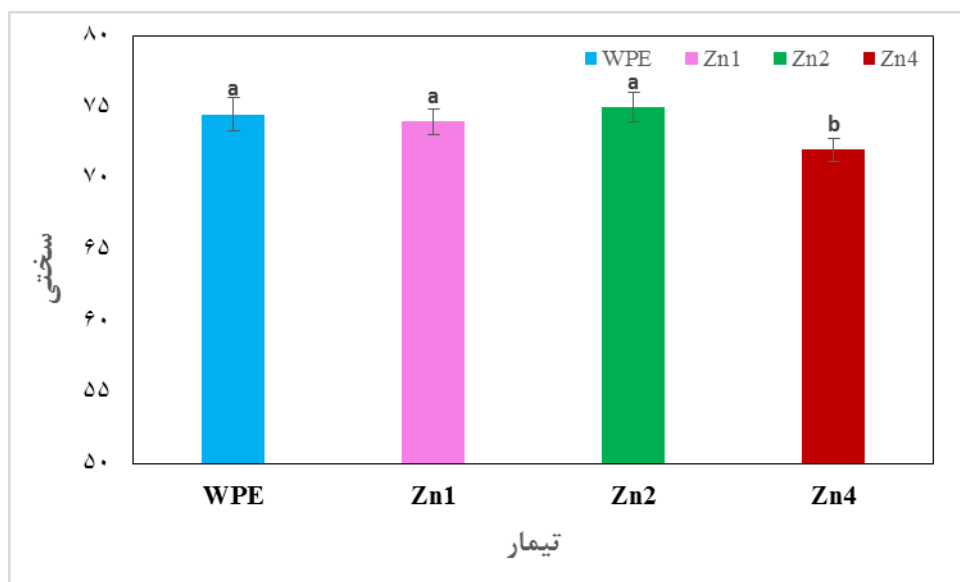
* نوار خطا نشان دهنده انحراف معیار است

شکل ۴- تأثیر نانو اکسید روی بر مدول کششی چندسازه چوب-پلی اتیلن

تأثیر نانو اکسید روی بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب-پلاستیک

روی تأثیر معنی‌داری بر میزان سختی نمونه‌ها نداشت. درحالی‌که استفاده از ۴ درصد نانو اکسید روی باعث کاهش معنی‌دار ۴ درصدی در میزان سختی نمونه‌ها گردید.

بررسی سختی نمونه‌ها نشان داد که این خاصیت نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر میزان نانو اکسید روی است (جدول ۱). در این بررسی، استفاده از ۱ و ۲ درصد نانو اکسید



* نوار خطا نشان‌دهنده انحراف معیار است

شکل ۵- تأثیر نانو اکسید روی بر سختی چندسازه چوب- پلی اتیلن

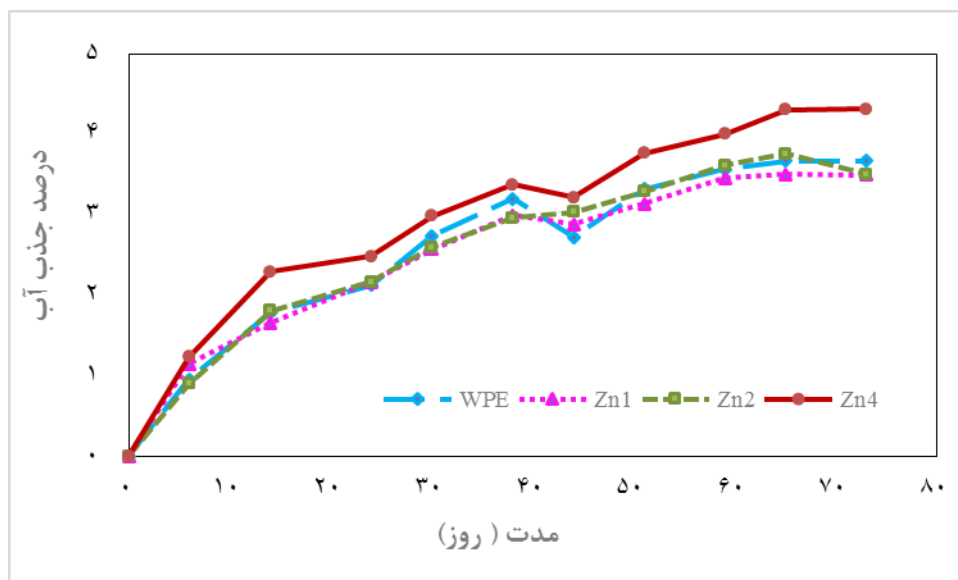
تمایل زیادی به تجمع و کلوخه شدن^۱ دارند به همین خاطر پراکنش مناسب آن‌ها در پلیمرهای آب‌گریزی مانند پلی الفین‌ها به سختی صورت می‌پذیرد [۱۵]. همچنین مطالعات صورت گرفته نشان داده که نانوذرات در غلظت‌های پایین پراکنش بهتری در پلیمرها در مقایسه با غلظت‌های بالا از خود نشان می‌دهند و در غلظت‌های بالا، با توجه به تجمع و کلوخه شدن بیشترشان موجب افت خصوصیات مکانیکی چندسازه‌های مربوطه می‌شوند [۱۶]. همان‌گونه که نتایج مقاومت‌های مکانیکی این تحقیق نشان داد استفاده از ۱ درصد نانو اکسید روی تأثیر معنی‌داری بر مقاومت‌های مکانیکی نداشته، اما با افزایش غلظت نانو اکسید روی، کاهش معنی‌داری در مقاومت‌های مکانیکی مشاهده شد؛ که این امر را می‌توان به کلوخه شدن و تجمع ذرات نانو اکسید روی نسبت داد که با کاهش سطح مشترک در ماتریکس و تمرکز تنش در مناطق کلوخه شده، موجب افت خصوصیات مکانیکی می‌شود.

در چندسازه‌های چوب-پلاستیک، کیفیت چسبندگی در مرز مشترک بین چوب و ماتریکس (منطقه بین فاز) نقش اساسی را در تعیین خصوصیات چندسازه‌های چوب-پلاستیک از جمله خصوصیت مکانیکی بازی می‌کند. از آنجایی‌که چوب به دلیل ماهیت قطبی، نسبت به پلاستیک‌ها از خود ناسازگاری نشان می‌دهد لذا برای حل این مشکل از جفت‌کننده‌های مناسب در ساختار چندسازه‌ها استفاده می‌شود [۱۳، ۱۴]. در صورتی‌که در ساختار این چندسازه‌ها، از نانو مواد به‌عنوان افزودنی استفاده شود، خصوصیات مکانیکی محصول به‌دست‌آمده به‌شدت تحت تأثیر میزان و شدت پراکندگی ذرات نانو خواهد بود. ذرات نانو به دلیل ابعاد کوچک خود دارای سطح ویژه بسیار بالایی بوده و چنانچه به نحو مناسبی در ماتریکس پراکنده شوند، می‌توانند با ایجاد سطح مشترک بیشتر، موجب انتقال بهتر تنش در چندسازه‌ها گردند [۱۴]. از سوی دیگر، ذرات نانو به دلیل داشتن انرژی سطحی بالا،

¹ agglomeration

درصد نانو اکسید روی، شاهد افزایش جذب آب نسبت به سایر نمونه‌ها هستیم این در حالی است که در نمونه‌های حاوی ۱ و ۲ درصد نانو اکسید روی اختلاف قابل توجهی نسبت به نمونه‌های شاهد مشاهده نمی‌شود.

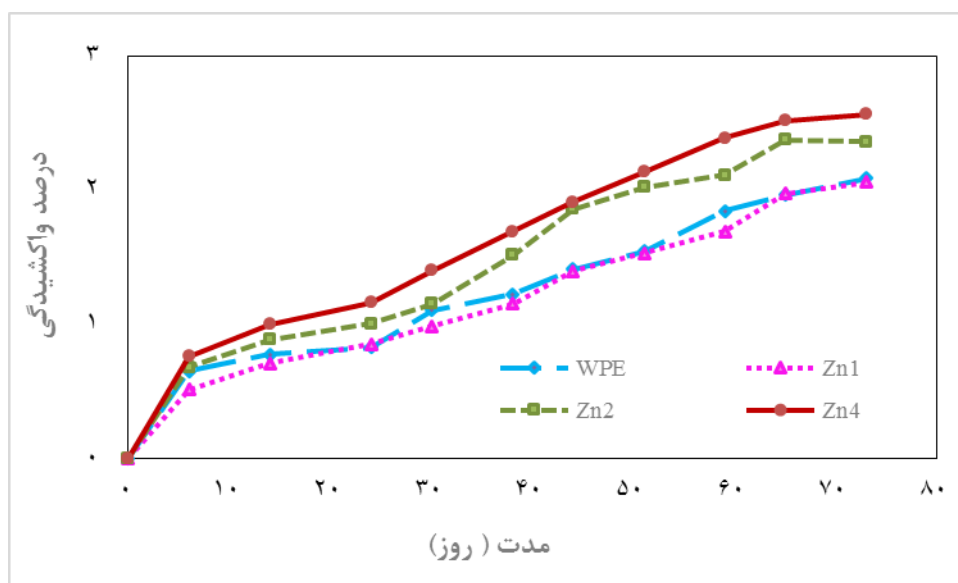
تأثیر استفاده از نانو اکسید روی در ساختار چندسازه‌ها بر میزان جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت طولانی مدت (مدت ۷۳ روز) در شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در نمونه‌های حاوی ۴



شکل ۶- تأثیر نانو اکسید روی بر میزان جذب آب چندسازه چوب-پلی اتیلن

اکسید روی به ۲ و ۴ درصد، شدت واکنش‌پذیری ضخامتی افزایش می‌یابد که این امر برای نمونه‌های حاوی ۴ درصد نانو اکسید روی بسیار مشهودتر است.

بررسی نتایج واکنش‌پذیری ضخامت طی زمان‌های متوالی نشان می‌دهد که حضور ۱ درصد نانو اکسید روی تأثیری در کاهش یا افزایش میزان واکنش‌پذیری ضخامتی نمونه‌ها نداشته است درحالی‌که با افزایش میزان نانو



شکل ۷- تأثیر نانو اکسید روی بر میزان واکنش‌پذیری ضخامت چوب-پلی اتیلن

روی بود که این امر تجمع نانوذرات در ساختار چندسازه را نشان داد. دلیل جذب آب بیشتر در نمونه‌های حاوی درصد بالای نانو اکسید روی را می‌توان نیز به تجمع و کلوخه شدن ذرات نانو نسبت داد باعث ایجاد منافذ بیشتر جهت نفوذ آب شده است. همچنین از آنجایی که رابطه مستقیم بین جذب آب و واکنشیدگی وجود دارد در نتیجه این نمونه‌ها واکنشیدگی ضخامتی بیشتری نیز داشته‌اند.

نتیجه‌گیری

استفاده گسترده از چندسازه‌های چوب و پلاستیک در محیط‌های بیرونی باعث می‌شود این چندسازه‌ها در معرض هوازگی و پوسیدگی قرار بگیرند. تحقیقات صورت گرفته نشان داده که استفاده از نانو اکسید روی در ساختار این چندسازه‌ها می‌تواند اثر محافظتی مناسبی در برابر هوازگی و پوسیدگی از خود نشان دهد. در این بررسی، تأثیر نانو اکسید روی بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب- پلی‌اتیلن مطالعه قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد که در صورت استفاده از مقادیر کم نانو اکسید روی در ساختار چندسازه چوب- پلی‌اتیلن، افت معنی‌داری در خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های حاصل رخ نمی‌دهد.

میزان جذب آب صورت گرفته در چندسازه‌های چوب پلاستیک، تأثیر زیادی بر مقاومت‌های مکانیکی، ثبات ابعادی و مقاومت‌های بیولوژیکی این محصولات دارد. به طوری که با افزایش رطوبت در این چندسازه‌ها، ثبات ابعادی و مقاومت‌های مکانیکی کاهش و شرایط جهت فعالیت عوامل بیولوژیکی مانند عوامل پوسیدگی مساعدتر می‌شود [۱۷، ۱۰]. به طور کلی دلیل جذب آب در چندسازه‌های چوب پلاستیک، ناشی از خاصیت آب‌دوستی مواد لیگنوسولوزی و وجود منافذ ریز در ساختار آن‌ها، وجود منافذ در منطقه بین فازی و میکرو ترک‌های ایجاد شده در هنگام ساخت چندسازه‌ها است [۱۸، ۱۹]. ماهیت و نوع افزودنی به کار برده شده نیز می‌تواند تأثیر مستقیمی بر میزان جذب آب داشته باشد. به عنوان مثال استفاده از جفت کننده مالئیک انیدرید با بهبود چسبندگی در سطح مشترک و منطقه بین فازی، جذب آب را در چندسازه‌های چوب-پلاستیک کاهش می‌دهد. مطالعات صورت گرفته نیز نشان داده که استفاده از نانورس می‌تواند جذب آب را در این چندسازه‌ها کاهش دهد. دلیل ذکر شده برای این امر خاصیت آب‌گریزی نانوذرات رس و پراکنندگی مناسب آن‌ها در ماتریکس پلیمری است که می‌تواند با مسدود کردن منافذ، مانع از نفوذ آب گردد [۲۰، ۲۱]. در این بررسی نتایج حاکی از افت مقاومت‌های مکانیکی در غلظت‌های بالای نانو اکسید

منابع

- [1] Schut, J., 1999. For compounding, sheet & profile: Wood is good. *Plastic Technology*, 45(3): 46-60.
- [2] Stark, N.M., 2003. Photodegradation and photostabilization of weathered wood flour filled polyethylene composites. Michigan Technological University .
- [3] San, H., L. Nee. and H. Meng., 2008. Physical and bending properties of injection moulded wood plastic composites boards. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3:13-19.
- [4] Morris, P. and Cooper, p., 1998. Recycled plastic/wood composite lumber attacked by fungi. *Forest products journal*, 48(1): 86-88.
- [5] Schirp, A., 2008. Biological degradation of wood-plastic composites (WPC) and strategies for improving the resistance of WPC against biological decay., *American Chemical Society, Washington, DC*. p. 480-507.
- [6] Fabiyi, J.S., 2007. Chemistry of Wood-Plastic Composites Weathering, in College of Graduate Studies University of Idaho.

- [7] Muasher, M. and M. Sain., 2006. The efficacy of photostabilizers on the color change of wood filled plastic composites. *Polymer degradation and stability*, 91(5): 1156-1165.
- [8] Rasouli, D., 2013. The effect of nano zinc oxide and zinc borate on weathering of wood-HDPE composite and improving its stability by photostabilizers., Ph.D Thesis, in College of Graduate Studies. Natural Resources Faculty, University of Tehran.(In Persian).
- [9] Farahani, M.R.M. and F, Banikarim., 2013. Effect of Nano-Zinc Oxide on Decay Resistance of Wood-Plastic Composites. *BioResources*, 8(4): 5715-5720.
- [10] Rasouli, D., M. Faezipour. and M.R. Masteri Farahani., 2015. Effects of nano zinc oxide and micro zinc borate on the durability of wood flour/HDPE composite, *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 21(4): 131-146.
- [11] Weichelt, F., 2010. ZnO-Based UV Nanocomposites for Wood Coatings in Outdoor Applications. *Macromolecular Materials and Engineering*, 295(2): 130-136.
- [12] Li, S.C. and Y.N. Li., 2010. Mechanical and antibacterial properties of modified nano-ZnO/high-density polyethylene composite films with a low doped content of nano-ZnO. *Journal of Applied Polymer Science*, 116(5): 2965-2969.
- [13] Bledzki, A.K. and O. Faruk., 2003. Wood fibre reinforced polypropylene composites: effect of fibre geometry and coupling agent on physico-mechanical properties. *Applied Composite Materials*, 10(6): 365-379.
- [14] Lu, J.Z., Q. Wu. and I.I, Negulescu., 2005. Wood-fiber/high-density-polyethylene composites: Coupling agent performance. *Journal of Applied Polymer Science*, 96(1): 93-102.
- [15] Rong, M., M. Zhang. and W. Ruan., 2006. Surface modification of nanoscale fillers for improving properties of polymer nanocomposites: a review. *Materials science and technology*, 22(7): 787-796.
- [16] Kord, B., A.H. Hemmasi. and I. Ghasemi., 2011. Properties of PP/wood flour/organomodified montmorillonite nanocomposites. *Wood science and technology*, 45(1): 111-119.
- [17] Adhikary, K.B., S. Pang. and M.P, Staiger., 2008. Long-term moisture absorption and thickness swelling behaviour of recycled thermoplastics reinforced with *Pinus radiata* sawdust. *Chemical Engineering Journal*, 142(2): 190-198.
- [18] Ghasemi, I. and B, Kord., 2009. Long-term water absorption behaviour of polypropylene/wood flour/organoclay hybrid nanocomposite. *Iranian Polymer Journal*, 18(9): 683-691.(In Persian).
- [19] Stokke, D.D. and D.J. Gardner., 2003. Fundamental aspects of wood as a component of thermoplastic composites. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 9(2): 96-104.
- [20] Kord, B., 2012. Effect of nanoparticles loading on properties of polymeric composite based on Hemp Fiber/Polypropylene. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 25(7): 793-806.
- [21] Pratheep Kumar, A. and R. Pal Singh., 2007. Novel hybrid of clay, cellulose, and thermoplastics. I. Preparation and characterization of composites of ethylene-propylene copolymer. *Journal of Applied Polymer Science*, 104(4): 2672-2682.

Effect of nano zinc oxide on physical and mechanical properties of wood plastic composites

Abstract

In this study, the effects of nano zinc oxide on the physical and mechanical properties of wood-polyethylene composites were investigated. The composites containing 0, 1, 2 and 4 wt% zinc oxide nanoparticles were manufactured using an internal mixer and a laboratory press and then the flexural and tensile properties, hardness, water absorption and thickness swelling of the samples were evaluated. The results showed that using 2 and 4 percent nano zinc oxide significantly reduced the flexural strength, flexural modulus and tensile strength. The results also revealed that the hardness and tensile modulus of composites were negatively affected only in composites containing four percent nano zinc oxide. The evaluation of physical properties showed that incorporating nano zinc oxide (2 and 4 %) increased thickness swelling. In the case of water absorption, just 4 percent nano zinc oxide increased the values.

Key words: wood-polyethylene composite, nano zinc oxide, mechanical properties, physical properties.

D. Rasouli^{*1}
M. Mashkour²
Z. Hojati³

¹ Associate Prof., Department of wood engineering and technology, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

² Associate Prof., Department of wood engineering and technology, Gorgan university of agricultural sciences and natural Resources, Gorgan, Iran

³ B.Sc., Graduated in wood preservation and modification, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

Corresponding author:
rasouli@gau.ac.ir

Received: 2015/02/25
Accepted: 2016/06/05