تأثیر ذرات نانو رس و سازگار کننده MAPP بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه ساخته‌شده از کاغذ باطله / پلی‌پروپیلن

محدثه کرامتی [۱]
بابک نصرتی ششکل [۲*]
رحیم محبّی گرگری [۳]
مجید عبدوس [٤]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

[۲] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

[۳] مربی گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

[۴] استاد گروه شیمی، دانشکده مستقل شیمی، دانشگاه امیرکبیر

مسئول مکاتبات:
nosrati.babak@uoz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱۹
تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۸/۲۳

چکیده

در این پژوهش، اثر مقدار ذرات نانو رس و سازگار کننده بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک حاصل از پلی‌پروپیلن و الیاف کاغذ باطله تحریر موردبررسی قرار گرفت. برای این منظور، الیاف کاغذ باطله و پلی‌پروپیلن با نسبت وزنی ۵۰ درصد، به همراه ذرات نانو رس (در سه سطح ۰، ۲ و ۴ درصد) و سازگارکننده (در دو سطح ۰ و ۳ درصد) در دستگاه مخلوط‌کن داخلی در دمای ۱۵۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۶۰ دور در دقیقه مخلوط و نمونه‌ها به‌روش تزریقی تهیه گردید. نتایج نشان داد که مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه در حضور سازگار کننده بهبود یافته است. همچنین با افزودن مقدار ذرات نانو رس و افزایش سطوح آن خواص جذب آب، واکشیدگی ضخامت، مقاومت‌های خمشی و کششی و مدول الاستیسیته خمشی و کششی چندسازه بهبودیافته است درصورتی که مقاومت به ضربه نمونه‌ها، دستخوش کاهش شده است. همچنین مطالعات ساختاری چندسازه به‌روش پراش اشعه ایکس نشان داد که توزیع ذرات نانو رس درزمینه پلیمری از نوع بین لایه‌ای بوده و با افزایش مقدار ذرات نانو رس فاصله بین لایه‌ها افزایش یافته است.

واژگان کلیدی: کاغذ باطله، نانو رس، خواص فیزیکی و مکانیکی، سازگار کننده، چندسازه چوب پلاستیک.

مقدمه

اوج‌گیری بحران‌های زیست‌محیطی در چند دهه اخیر، بنیان منابع زیستی جهان را در معرض خطرات جدی قرار داده است [۱]. در این اوضاع تمام دولت‌ها در راستای نیل به توسعه پایدار به فراخور دانش و فناوری خود، جهت مهار کردن خسارات وارده به محیط‌زیست، برداشت بی‌رویه از جنگل‌ها و منابع طبیعی و کاستن از حجم آلودگی‌های زیست‌محیطی اقدام کرده‌اند. از چالش‌برانگیزترین مسائل در این عرصه، ضایعات و زباله‌ها می‌باشند، به‌نحوی‌که در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی در جهت ساخت مواد چندسازه بر پایه استفاده از ضایعات و منابع تجدید پذیر ازجمله الیاف طبیعی صورت گرفته است [۲]. یکی از انواع این محصولات، چندسازه چوب پلاستیک است. چندسازه‌های چوب پلاستیک، گروه جدیدی از مواد هستند که در طی سالیان اخیر با توجه به تغییرات اجتماعی و اقتصادی، کاربرد فناوری‌های زیستی مناسب، رشد سریع جمعیت و تقاضای جهانی پیرامون محصولات چوبی موردتوجه بسیاری از محققان و نیز بخش

عمده‌ای از صنعت قرار گرفته است و دستاوردهای جدیدی را از جنبه نحوه فرایند تولید و نوآوری در طراحی محصول به دنبال داشته است. در ساخت این چندسازه‌ها، محدوده وسیعی از پلیمرهای گرمانرم از قبیل پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌وینیل کلراید، پلی‌استایرن و پلی‌استر به همراه مواد لیگنوسلولزی یا پسماندهای کشاورزی و صنعتی (آرد چوب، خاکاره، پوست، کاغذ، کارتن، مقوا، ضایعات کارخانه‌ها چوب‌بری، کاه و کلش برنج، کتان، کنف و...) مورداستفاده قرار می‌گیرند [۳]. یکی از راهکارهای بهبود خواص پلیمرهای گرمانرم، تقویت این مواد با الیاف است [۴]. تقویت‌کننده‌های (طبیعی) در مقایسه با دیگر تقویت‌کننده‌های رقیب خود مانند الیاف شیشه و پرکننده-های معدنی دارای مزیت‌های فراوانی ازجمله دانسیته کم-تر، مقاومت و مدول بالاتر، سایش نسبی کم‌تر و سهولت اصلاح سطح الیاف بوده و ضمناً به‌طور گسترده‌ای در دسترس می‌باشند [۵].

در این میان عدم توجه به استفاده مجدد از کاغذ و مقوا که درصد قابل‌توجهی از زباله‌های شهری را شامل می‌شود، باعث هدر رفت سرمایه ملی و تخریب محیط‌زیست و منابع طبیعی می‌شود؛ بنابراین استفاده از کاغذهای باطله و بازیافتی منجر به کاهش حجم ضایعات و آلودگی‌های زیست‌محیطی و تبدیل این ضایعات به موادی با کاربردها و ارزش‌افزوده بالا می‌شود [۶].

به‌طورکلی می‌توان بیان کرد که مواد اولیه مورداستفاده و روش‌های به‌کارگیری جهت تهیه کاغذهای باطله و بازیافتی متفاوت است به‌طوری‌که در تهیه کاغذ روزنامه عمدتاً از خمیر مکانیکی استفاده می‌شود و در صورت استفاده از خمیر شیمیایی در ساختار کاغذ روزنامه از خمیر شیمیایی کم پالایش‌شده و حداکثر تا میزان ۱۰ تا ۱۵ درصد استفاده می‌شود. این در حالی است که مواد اولیه مورداستفاده در تهیه کاغذ چاپ و تحریر، خمیر شیمیایی و در مواردی خمیر مکانیکی تا میزان ۱۰ درصد است. ولی نکته حائز اهمیت این است که عمده ترکیب (بالای ۹۰٪) کاغذهای چاپ و تحریر خمیر شیمیایی چند بار پالایش شده است به‌نحوی‌که فرایند پالایش با ایجاد تغییر در ساختار دیواره سلولی باعث افزایش سطح الیاف، افزایش قدرت و تعداد پیوند بین الیاف، افزایش انعطاف‌پذیری الیاف و شکل‌پذیری منظم‌تر الیاف می‌گردد. لذا این پالایش و عمل‌آوری نه‌تنها باعث اصلاح سطح الیاف و استحکام الیاف می‌شود بلکه بهبود چسبندگی بین سطح الیاف و ماتریس پلیمری را نیز باعث می‌گردد. همچنین به دلیل پخت شیمیایی، همی‌سلولزها و لیگنین از الیاف حذف‌شده و پیوندهای الیاف-الیاف کم‌تر شده و درنتیجه فیبریل‌ها قادر به آرایش مجدد می‌شوند. به‌طوری‌که این فیبریل‌ها در جهت نیروی کششی آرایش می‌یابند و موجب انتقال بهتر تنش به ماتریس پلیمر می‌شوند. همچنین درنتیجهٔ تیمار شیمیایی، قطر فیبرها کاهش و نسبت ابعاد آن‌ها افزایش می‌یابد. افزایش نسبت طول به قطر فیبرها باعث توسعه منطقه سطحی تماس با پلیمر و بهبود چسبندگی پلیمر-الیاف شده که موجب بهبود خواص مکانیکی می‌شود. به‌طور خلاصه تیمار شیمیایی به‌واسطه حذف لیگنین، همی‌سلولزها و دیگر مواد محلول روی سطح الیاف و همچنین دفیبره کردن الیاف منجر به نرم شدن، افزایش سطح مشترک الیاف و ماده زمینه‌ای، برهم‌کنش و اختلاط بهتر اجزاء می‌شود [۷، ۸، ۹].

چندسازه چوب پلاستیک علاوه بر مصارف و مزایای فراوان دارای معایبی نیز می‌باشند که ازجمله می‌توان به عدم سازگاری فاز طبیعی و فاز پلیمری اشاره کرد؛ بنابراین با استفاده از یک عامل شیمیایی به‌عنوان سازگار کننده، علاوه بر برقراری اتصال مؤثر بین این دو فاز، سطوح مشترک نیز افزایش می‌یابد. میزان اثرگذاری عامل شیمیایی سازگار کننده تحت تأثیر عواملی چون نوع الیاف، ماده پلیمری، روش تولید، نسبت وزنی الیاف به پلیمر و میزان و نوع ماده سازگار کننده است [۱۰، ۱۱]. نتایج بررسی اثر استفاده از انیدرید مالئیک تقویت‌شده با پلی‌پروپیلن (پلی‌پروپیلن گرافت شده با انیدرید مالئیک) در چندسازه چوب پلاستیک توسط Raj و همکاران (۱۹۹۰) نشان داد که مقدار انیدرید مالئیک و وزن مولکولی آن دو مؤلفه مهم در تعیین و اثرپذیری این مواد می‌باشند. همچنین وجود انیدرید مالئیک پلی‌پروپیلنی نه‌تنها واکنش شیمیایی داخلی را به وجود می‌آورد بلکه ممکن است موجب به وجود آمدن اتصالات قوی‌تر نیز در چندسازه‌ها از انیدرید مالئیک تقویت‌شده با پلی‌پروپیلن

(پلی‌پروپیلن گرافت شده با انیدرید مالئیک) به‌عنوان سازگار کننده در چندسازه توسط محققان مختلفی من‌جمله Taheri و همکاران (۱۳۹۰)، Adhikary و همکاران (۲۰۰۸) و Dang و همکاران (۲۰۰۸) موردبررسی قرار گرفته است؛ به‌طوری‌که نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که با افزودن سازگار کننده در ترکیب چندسازه، بهبود معنی‌داری در خواص مکانیکی و فیزیکی ایجاد می‌شود [۱۳، ۱۴، ۱۵].

اخیراً به‌منظور اصلاح و تقویت خواص چندسازه پلیمری اغلب از پرکننده‌های نانومتری استفاده می‌شود، به‌طوری‌که چندسازه تقویت‌شده با این دسته از پرکننده‌ها در مقایسه با چندسازه معمولی خواص مطلوب‌تری از خود نشان می‌دهند [۱۶]؛ بنابراین با توجه به اهمیت موضوع و رویکرد جهانی به‌سوی استفاده از ذرات نانو در ساختار چندسازه‌ها، در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری در راستای شناسایی خواص نانو چندسازه‌ها و توسعه کاربردی این گروه از چندسازه‌ها شکل گرفته است [۱۷]. نانو چندسازه‌ها درواقع طبقه جدیدی از چندسازه‌های پلیمری را تشکیل می‌دهند که در ساختار آن‌ها ذرات با ابعاد نانومتری مورداستفاده قرار می‌گیرند. ازجمله این نانو ذرات می‌توان به نانو رس اشاره کرد. این ذرات به علت ابعاد خاص و ضریب ظاهری بالا در مقایسه با سایر پرکننده‌ها، در مقادیر بسیار اندک موجب بهبود خواص چندسازه‌های پلیمری می‌گردند [۱۷، ۱۸]. Wang و همکاران (۲۰۰۱) در نتایج حاصل از تحقیقات خود اظهار داشتند که تأثیر استفاده از پرکننده نانو رس بر خصوصیات چندسازه‌ها به شکل، اندازه، ضریب ظاهری، نوع، مقدار و کیفیت پراکنده شدن ذرات و چسبندگی آن‌ها در سطح اتصال بستگی دارد. همچنین بیان کردند که افزودن مقادیر اندک ذرات نانو رس موجبات بهبود خواص مکانیکی و ثبات ابعادی در چندسازه‌ها را فراهم می‌سازد [۱۶]. Tabarsa وZahedi (۲۰۱۳)، Kord (۲۰۱۰) و Wang و همکاران (۲۰۰۶) نیز خواص چندسازه‌های تقویت‌شده با ذرات نانو رس را موردمطالعه قراردادند و به این نتیجه رسیدند که این پرکننده‌ها به علت تشکیل ساختارهای لایه‌لایه‌ای و بین‌لایه‌ای موجب پراکنش بهتر ذرات در ماتریس پلیمری شده و درنهایت خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه را به‌استثنای مقاومت به ضربه افزایش می‌دهند؛ به‌نحوی‌که استفاده بیش‌ازحد مجاز از نانو ذرات، موجب تضعیف خواص چندسازه‌ها می‌شود [۱۷، ۱۹، ۲۰]. Sanadi و Young (۱۹۹۴) با بررسی خواص مکانیکی چندسازه حاصل از کاغذ باطله بازیافتی، پلی‌پروپیلن و سازگار کننده MAPP در نتایج خود اعلام کردند که با افزایش درصد سازگار کننده مقاومت‌های مکانیکی نیز افزایش یافته است [۲۱]. Wood hams و همکاران در سال ۱۹۹۱ در دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تورنتو کانادا از الیاف کاغذ روزنامه به‌منظور تقویت پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن استفاده نمودند و دریافتند که افزایش درصد الیاف کاغذ مقاومت‌های مکانیکی را افزایش می‌دهد [۴]. Mehrabzadeh و Farahmand در سال ۲۰۰۱ به‌منظور ساخت چندسازه، از مخلوط پلی‌پروپیلن بازیافتی و کاغذ روزنامه استفاده کردند و در نتایج خود اعلام کردند که خواص مکانیکی من‌جمله استحکام و مدول کششی با افزایش درصد الیاف کاغذ تا ۴۰ درصد افزایش یافته است [۲۲]. همچنین Shakeri و همکاران (۲۰۰۵)، Dosthoseeini و همکاران (۲۰۰۳) در نتایج تحقیقاتی مشابه اعلام کردند که استفاده از کاغذ باطله در ترکیب چندسازه به‌صورت پرکننده باعث بهبود مقاومت کششی، خمشی و مدول الاستیسیته شده ولی مقاومت به ضربه را کاهش می‌دهد [۲۳، ۲۴]. Rangavar (۲۰۱۳) و Enayati و hoseinaei (۲۰۰۷) در پژوهشی اثر استفاده از کاغذ اسکناس باطله در ترکیب چندسازه چوبی منفی ارزیابی کردند و اعلام داشتند که افزایش درصد کاغذ اسکناس باطله در ترکیب چندسازه منجر به کاهش مقاومت‌های خمشی و چسبندگی درونی می‌گردد [۲۵، ۲۶].

بنابراین با توجه به کمبود منابع طبیعی و مسائل زیست‌محیطی پیشرو اهمیت تقویت و افزایش انعطاف‌پذیری فرآورده‌ها و لزوم استفاده از مواد سلولزی و لیگنوسلولزی بازیافتی در راستای توسعه پایدار و حفظ منابع طبیعی، جلوگیری از تخریب و آلودگی‌های زیست‌محیطی و کمک به اقتصاد کشور، بیش‌ازپیش احساس می‌شود. لذا در این پژوهش بر آن شدیم تا به ارزیابی تأثیر استفاده از ذرات نانو رس و سازگار کننده انیدرید مالئیک تقویت‌شده با پلی‌پروپیلن (پلی‌پروپیلن گرافت شده با انیدرید مالئیک) بر خواص مکانیکی و فیزیکی چندسازه چوب پلاستیک ساخته‌شده از الیاف کاغذ باطله و پلی‌پروپیلن بپردازیم.

مواد و روش‌ها

مواد

در این پژوهش، از پلی‌پروپیلن محصول شرکت پتروشیمی تبریز با درجه جریان مذاب ۶gr /۱۰min و به‌نام اختصاصی پلی‌نار تبریز با گرید SI۰۶۰، درجهٔ حرارت ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد، وزن ۲/۱۶۴ کیلوگرم و چگالی ۰/۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌عنوان ماتریس پلیمری و از الیاف کاغذ باطله اداری تهیه‌شده از دانشگاه زابل به‌عنوان فاز طبیعی استفاده شد. همچنین انیدرید مالئیک جفت شده با پلی‌پروپیلن با نام تجاری PP-G 101 محصول شرکت کیمیا جاوید سپاهان (اصفهان) با شاخص جریان مذاب ۱۰gr/۱۰min و ۴ درصد مالئیک انیدرید پیوند خورده با چگالی ۰/۸۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب به‌عنوان سازگار کننده و ذرات نانو رس تولیدشده توسط شرکت Southern-clay کشور آمریکا با نام تجاری کلوزیت A ۱۵، فاصله بین لایه‌ها ۳/۱۵ نانومتر، چگالی ۱/۶۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ماده اصلاح‌کننده 2M2HT[1] و غلظت اصلاح‌کننده ۱۲۵meq/100g به‌عنوان پرکننده و تقویت‌کننده مورداستفاده قرار گرفت.

روش‌ها

فرایند تهیه الیاف

حدود ۳۰۰۰ گرم از کاغذهای باطله تهیه‌شده توسط دستگاه خردکن اداری به رشته‌های باریک و بلندی تبدیل و در ۹۰ لیتر آب به مدت ۴۸ ساعت غوطه‌ور گردید. سپس به‌منظور جداسازی الیاف، کاغذهای مذکور به همراه ۲ لیتر آب در دستگاه همزن به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه هم زده شد. در مرحله بعد الیاف از صافی عبور داده شد تا در حد امکان آب از الیاف خارج شود. سپس الیاف به مدت ۲۴ ساعت در هوای آزاد و به مدت ۲۴ ساعت در آون حرارتی تحت دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک شد.

فرایند اختلاط مواد و ساخت نمونه‌های آزمونی

اختلاط مواد با استفاده از دستگاه مخلوط‌کن داخلی دو مارپیچه ناهمسوگرد شرکت کولین مدل GMBH کشور آلمان، در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران تحت دمای ۱۵۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۶۰ دور در دقیقه انجام شد (جدول ۱). پس از اختلاط مواد، مخلوط خروجی بی‌شکل از دستگاه پس از سرد شدن توسط آسیاب نیمه‌صنعتی شرکت WIESER مدل ۲۰۰/۲۰۰ WG-LS ساخت کشور آلمان آسیاب و به دستگاه قالب‌گیری تزریقی نیمه‌صنعتی مدل PAYA ساخت شرکت ایمن ماشین جهت تهیه نمونه‌های آزمونی منتقل شد. دستگاه قالب‌گیری پس از ذوب مجدد، ماده مذاب را تحت شرایطی خاص (دمای قالب ۲۳ ^{o}C، فشار تزریق ۱۱۰ bar و زمان دوره تزریق کم‌تر از ۲۰ ثانیه) به درون قالب‌هایی تزریق نموده و نمونه‌های آزمونی مطابق استانداردهای موردنظر تهیه شد. درنهایت نمونه‌ها قبل از انجام هرگونه آزمون، در محیط کلیماتیزه با دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰٪ به مدت ۴۰ ساعت مطابق با استاندارد ASTM آیین‌نامه D618-99 قرار داده شدند.

جدول ۱- درصد وزنی اجزای تشکیل‌دهنده ترکیبات مختلف چندسازه حاصله

ترکیب مواد	کاغذ باطله	پلی‌پروپیلن	سازگار کننده	نانو رس
کاغذ باطله + پلی‌پروپیلن	۵۰	۵۰	۰	۰
کاغذ باطله + پلی‌پروپیلن + نانو رس	۵۰	۴۸	۰	۲
کاغذ باطله + پلی‌پروپیلن + نانو رس	۵۰	۴۶	۰	۴
کاغذ باطله + پلی‌پروپیلن +سازگار کننده	۵۰	۴۷	۳	۰
کاغذ باطله + پلی‌پروپیلن + سازگار کننده + نانو رس	۵۰	۴۵	۳	۲
کاغذ باطله + پلی‌پروپیلن + سازگار کننده + نانو رس	۵۰	۴۳	۳	۴

1- Dimethyl, dehydrogenated tallow, quaternary ammonium.

اندازه‌گیری ویژگی‌ها

خواص مکانیکی

اندازه‌گیری خواص مکانیکی چندسازه، نظیر آزمون کشش و خمش با چهار تکرار به ترتیب مطابق آئین‌نامه‌های D۶۳۸ و D۷۹۰ استاندارد ASTM به ترتیب با سرعت‌های بارگذاری ۵ و ۲ میلی‌متر بر دقیقه توسط دستگاه HOUNS مدل H-25-KS انجام شد. همچنین آزمون مقاومت به ضربه فاق‌دار نیز مطابق آئین‌نامه D۲۵۶ استاندارد ASTM با استفاده از دستگاه IZOD صورت گرفت.

خواص فیزیکی

اندازه‌گیری خواص جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه طی ۲ و ۲۴ ساعت نیز با چهار تکرار مطابق استاندارد ASTM و آئین‌نامه D۷۰۳۱ انجام گردید. بدین منظور ابتدا نمونه‌هایی با ابعاد ۴×۱۰×۸۰ میلی‌متر تهیه و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. نمونه‌های خشک شده بلافاصله توزین و ابعاد آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس وزن و ضخامت نمونه‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مقطر و تحت دمای معمولی اتاق (۲۳ درجه سانتی‌گراد) 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 گردید.

ریخت‌شناسی

بین خواص چندسازه‌ها و ساختار درونی آن‌ها همبستگی نزدیکی وجود دارد به‌طوری‌که خواص هر چندسازه به نوع پلیمر و ماده تقویت‌کننده آن و نیز به آرایش ذرات و نحوه اتصال آن‌ها با مرحله پلیمری بستگی دارد. لذا به‌منظور مطالعه مورفولوژی سطوح شکست، از مقاطع شکست نمونه‌ها در آزمون خمش تصاویری توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM) مدل M3200 E، ساخت شرکت KYKY کشور چین با ولتاژ ۲۵ کیلوولت و بزرگ‌نمایی ۷۵۰۰۰ برابر تهیه شد.

همچنین جهت تعیین نوع ساختار کریستالوگرافی (ساختار لایه‌لایه‌ای، بین لایه‌ای) ذرات نانو رس در نانو چندسازه پلیمری و نحوه توزیع و پراکنش نانو ذرات در زمینه ماتریس پلیمری، از آزمون پراش اشعه ایکس (XRD) استفاده گردید که طی آن پرتوی با طول‌موج λ در زوایای مختلف به جسم تابانده شد. سپس با اندازه‌گیری میزان پراکنش اشعه تابانده شده، منحنی شدت پراکنش برحسب زاویه ۲θ ترسیم شد که در زوایای معینی قله‌هایی متناسب با فواصل بین‌لایه‌ای در منحنی مشاهده گردید. به‌منظور محاسبه فواصل بین لایه‌های سیلیکاتی از معادله براگ استفاده شد:

$$d = \frac{n\lambda}{2sin\theta} \qquad (۱)$$

که در آن θ زاویه تابش، λ طول‌موج پرتو X تابیده‌شده، d فاصله بین لایه‌ای خاک رس و n عدد ۱ است. در این تحقیق اشعه ایکس توسط دستگاه مدل X Pert MPD ساخت شرکت فیلیپس کشور هلند؛ با تشعشع لامپ Co kα، طول‌موج ۰/۱۵۴ nm =λ، گام ۰/۰۲ درجه بر ثانیه، سرعت ۱ درجه بر دقیقه و زاویه پراش (۲θ) در دامنه ۱۲-۱ درجه انجام شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

داده‌های این بررسی توسط نرم‌افزار SPSS با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه‌وتحلیل شد و در صورت معنی‌داری تیمارها در سطح اطمینان ۹۵ درصد، اختلاف بین میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن بررسی شد.

نتایج و بحث

خواص فیزیکی

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، با افزودن ۳ درصد سازگار کننده و افزایش مقدار ذرات نانو رس از ۰ به ۴ درصد میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه‌مدت چندسازه‌ها بهبود یافته است. به‌طوری‌که کم‌ترین مقدار جذب آب مربوط به تیمار حاوی ۳ درصد سازگار کننده و ۴ درصد نانو رس (در زمان‌های ۲ و ۲۴ ساعت برابر با ۳/۷۵۰ و ۳/۷۸۰ درصد) و بیش‌ترین میزان این کمیت مربوط به نمونه فاقد ذرات نانو رس و سازگار کننده (در

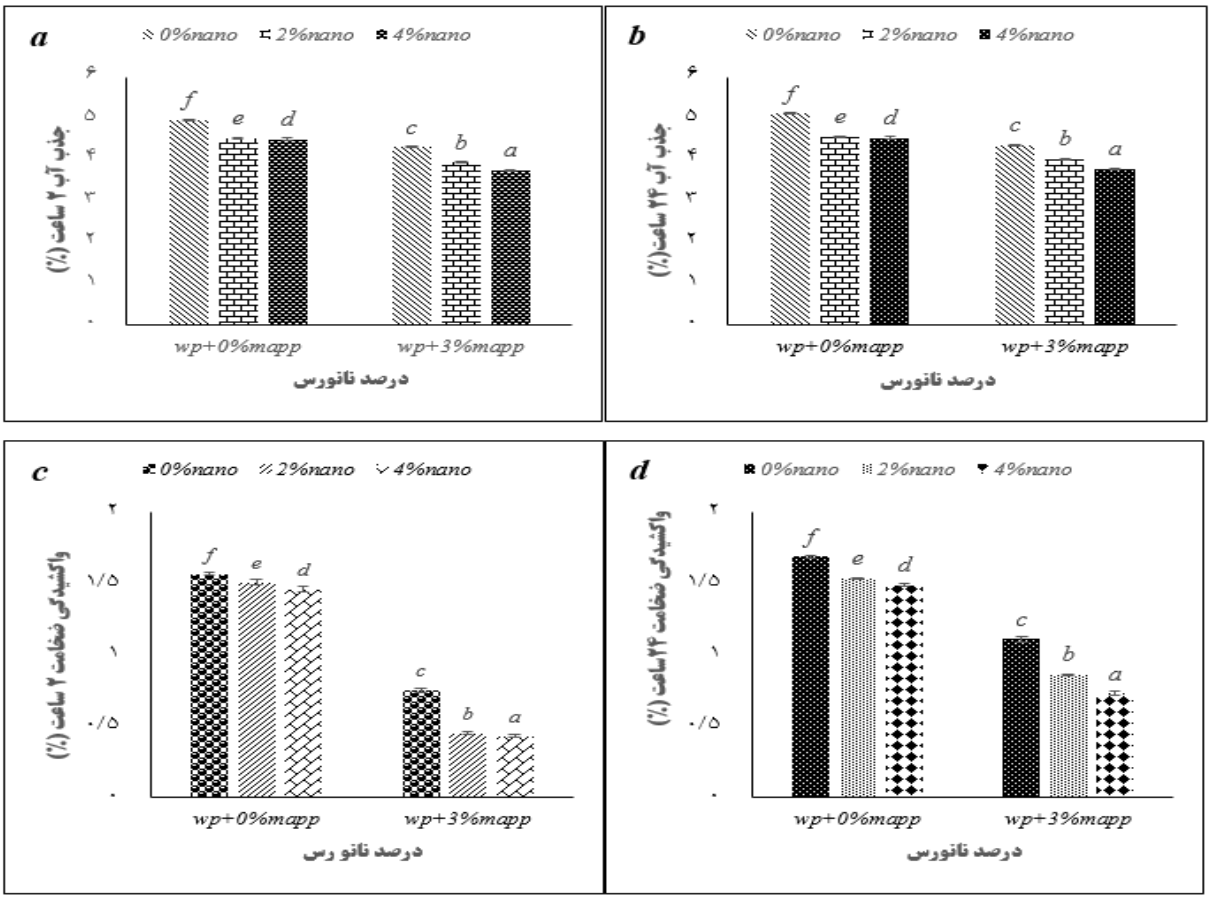
زمان‌های ۲ و ۲۴ ساعت برابر با ۴/۹۶۰ و ۵/۱۲۰ درصد) است. همچنین کم‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت در هر دو زمان ۲ و ۲۴ ساعت در تیمار دارای ۳ درصد سازگار کننده و ۴ درصد ذرات نانو رس برابر با ۰/۴۳ و ۰/۷۳ درصد است و بیش‌ترین میزان این کمیت نیز مربوط به نمونه بدون ذرات نانو رس و سازگار کننده با مقادیر ۱/۵۷ و ۱/۶۹ درصد در زمان‌های ۲ و ۲۴ ساعت است. این نتایج، در قیاس با نتایج چندسازه‌های ساخته‌شده از آرد و الیاف چوب قابل‌قبول است.

الیاف کاغذ ضمن افزایش گروه‌های OH آزاد در دسترس، باعث تشکیل پیوندهای هیدروژنی و افزایش جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه می‌گردد. در این میان استفاده از ماده سازگار کننده سبب افزایش پیوندهای استری بین گروه‌های هیدروکسیل آزاد الیاف چوب و بخش انیدرید مالئیک سازگار کننده MAPP شده و سازگاری بین دو فاز چندسازه را به‌واسطه افزایش اتصالات میان الیاف آب‌دوست و پلاستیک آب‌گریز بهبود می‌بخشد. همچنین سازگار کننده با بهبود اتصالات سطح اتصال الیاف و ماتریس پلیمری باعث بلوکه شدن گروه‌های هیدروکسیل آزاد الیاف چوب می‌شود. به عبارتی ماده سازگار کننده به‌وسیله پیوند با گروه‌های OH آب‌دوست مواد سلولزی و تشکیل گروه‌های استری علاوه بر حذف گروه‌های OH آب‌دوست قابل‌دسترس و آزاد، خاصیت آب‌دوستی الیاف را به آب‌گریزی تبدیل می‌کند [۱۶، ۳۰، ۳۱].

از طرفی دیگر با افزایش مقدار ذرات نانو رس نیز از ۰٪ به ۴٪، جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک کاهش می‌یابد. ذرات نانو رس باعث تشکیل پوشش و فیلم نازکی از عناصر آب‌گریز بر روی سطح الیاف کاغذ آب‌دوست می‌شود و درنتیجه جذب آب توسط الیاف پوشش یافته کاهش می‌یابد. دلیل این امر خاصیت نفوذناپذیری ذرات نانو رس و ممانعت از نفوذ آب به درون ماتریس پلیمری است که برای این منظور سه مکانیسم مختلف وجود دارد: مکانیسم اول مرتبط با طبیعت آب‌گریز سطح رس است که این ویژگی موجب غیرفعال شدن رطوبت می‌شود. مکانیسم دوم مرتبط به این ویژگی است که لایه‌های سیلیکاتی ذرات رس به دلیل داشتن ضریب ظاهری بالا، باعث طولانی‌تر و پرپیچ وخم شدن مسیر عبور مولکول‌ها در زمینه پلیمری می‌شوند، که این امر موجب به تعویق انداختن نفوذ آب به داخل چندسازه می‌شود. مکانیسم سوم نیز بر این موضوع دلالت دارد که نانو ذرات رس به علت داشتن خاصیت جوانه زنی، موجب تشکیل ساختار بلوری در چندسازه می‌شوند که این امر نیز به‌نوبه خود باعث کاهش روند جذب آب و واکشیدگی ضخامت می‌شود [۱۵، ۲۶]. Kord و همکاران ۲۰۱۱، کرد ۲۰۰۹، کرد ۲۰۱۰، Alexandre و همکاران (۲۰۰۶) و Bharadwaj و همکاران (۲۰۰۲) نیز طی تحقیقی دریافتند که با اضافه نمودن ذرات نانو رس به چندسازه، مقادیر جذب آب و واکشیدگی ضخامت کاهش می‌یابد [۱۷، ۱۸، ۳۰، ۳۱، ۳۲].

خواص مکانیکی

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود با افزایش ذرات نانو رس از ۰ به ۴ درصد مقاومت‌های خمشی و کششی و مدول الاستیسیته خمشی و کششی چندسازه چوب پلاستیک افزایش یافته، درحالی‌که مقاومت به ضربه فاق‌دار کاهش یافته است. همچنین با اضافه کردن سازگار کننده مقاومت‌های مکانیکی افزایش یافته است. مقایسه بین تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که بالاترین مقاومت‌ها و مدول‌ها مربوط به تیمارهای حاوی ۳ درصد سازگار کننده و ۴ درصد نانو رس (مقاومت و مدول خمشی ۴۹/۹۴، ۴۱۸۵ مگا پاسکال، مقاومت و مدول کششی ۴۰/۹۳، ۵۴۸۱/۳۳ مگا پاسکال) و کم‌ترین مقدار مقاومت‌ها و مدول مربوط به تیمارهای فاقد سازگار کننده و نانو رس (مقاومت و مدول خمشی ۳۴/۸۹، ۲۷۵۵ مگا پاسکال، مقاومت و مدول کششی ۱۹/۳۵، ۳۲۴۷/۶۶ مگا پاسکال) است. همچنین بیش‌ترین مقدار مقاومت به ضربه مربوط به تیمار حاوی ۳ درصد سازگار کننده و فاقد نانو رس (۰/۶۰ درصد) و کم‌ترین میزان این کمیت مربوط به تیمار حاوی ۴ درصد نانو رس و فاقد سازگار کننده (۰/۳۷ درصد) است.



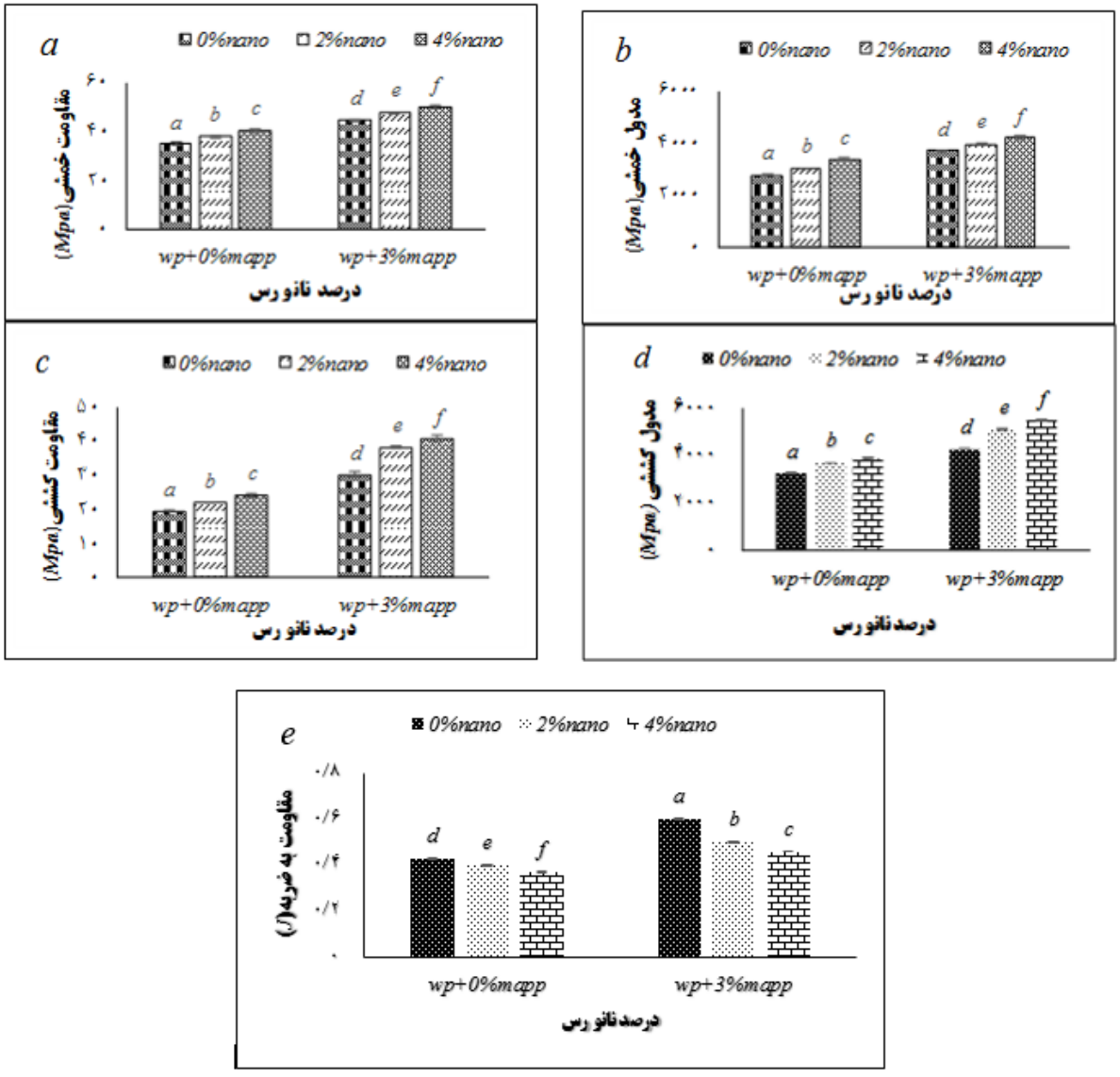
شکل ۱- تأثیر مقدار سازگار کننده و نانو رس برجذب آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه‌مدت چندسازه حاصل از الیاف کاغذ باطله / پلی‌پروپیلن

از طرفی دیگر در ارتباط با افزایش مقاومت و مدول نمونه‌های حاوی ذرات نانو رس در مقایسه با نمونه‌های فاقد این ذرات این‌گونه می‌توان استنباط کرد که اندازه متفاوت ذرات نانو رس و نسبت بالای سطح به حجم نانو رس با مواد آلی باعث افزایش قابلیت تقویت‌کنندگی ذرات نانو رس و چندسازه می‌شود به این صورت که ذرات نانو رس با حضور در ساختار چندسازه سطح مشترک بین دو فاز طبیعی و پلیمری را افزایش می‌دهند [۱۷]. همچنین این ذرات درنتیجه جدا شدن لایه‌های رس باعث ایجاد چسبندگی سطحی قوی بین پلیمر و ذرات نانو رس شده و به‌واسطه ایجاد ساختارهای بین‌لایه‌ای[۲] و لایه‌لایه‌ای[۳] و توازن بین تنش‌ها و انتشار مولکول باعث افزایش خواص مکانیکی خصوصاً مقاومت‌های کششی و خمشی در چندسازه می‌گردد [۳۳، ۳۴]. در نمونه‌های حاوی ذرات نانو رس، بهبود خواص چندسازه به‌طور مستقیم به طول متوسط ذرات و درنتیجه نسبت ابعادی آن‌ها و عوامل ساختاری مختلفی نظیر نسبت حجمی، ضریب ظاهری نانو رس، فاصله بین ذرات و مقدار درهم‌رفتگی ذرات نانو رس وابسته است. همچنین اختلاف بین میزان متورق شدن لایه‌ها و تشکیل ساختارهای لایه‌لایه‌ای و درصد خاک رس نقش بسزایی در بهبود مدول الاستیسیته چندسازه ایفا می‌کنند [۳۵].

مقایسهٔ بین تیمارهای مختلف در شکل ۲ نیز نشان می‌دهد که استفاده از سازگار کننده سبب افزایش معنی‌داری در مقاومت به ضربه شده است ولی برخلاف دیگر مقاومت‌های مکانیکی افزودن ذرات نانو رس سبب کاهش مقاومت به ضربه می‌گردد. در این تحقیق ساختار به‌دست‌آمده از آزمون تفرق اشعه ایکس از نوع بین‌لایه‌ای

2- Intercalation.
2- Exfoliation

یا Intercalation است. به نظر می‌رسد که عدم تشکیل ساختار متورق لایه‌لایه‌ای یا Exfoliation باعث کاهش مقاومت به ضربه فاق‌دار شده است. از طرف دیگر با ریزتر شدن اجزای موجود در چندسازه، ایجاد نواحی با تمرکز تنش بالا تشدید خواهد شد و نواحی شروع ترک در هنگام آزمون ضربه بیش‌تر خواهد شد. این عوامل ازجمله دلایل کاهش مقاومت به ضربه است [۱۷، ۳۶]. با توجه به این‌که ذرات نانو رس نواحی تمرکز تنش و نقاط شروع شکست را ایجاد می‌کنند، درنتیجه با افزایش مقدار نانو رس، میزان مقاومت به ضربه چندسازه کاهش می‌یابد. همچنین حضور نانو رس انرژی جذب‌شده توسط چندسازه را افزایش می‌دهد به‌طوری‌که افزایش مقدار نانو رس، مناطقی را در ماتریس پلیمری به وجود می‌آورد که موجب تمرکز بیش‌تر تنش شده و رشد ترک از آن ناحیه آغاز می‌شود [۳۶]. نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعات Kord و همکاران ۲۰۱۱، Kord ۲۰۰۹، Kord ۲۰۱۰، Wu و همکاران (۲۰۰۷) و Chowdhury و همکاران (۲۰۰۶) تطابق دارد [۱۷، ۱۸، ۲۷، ۳۲، ۳۷].

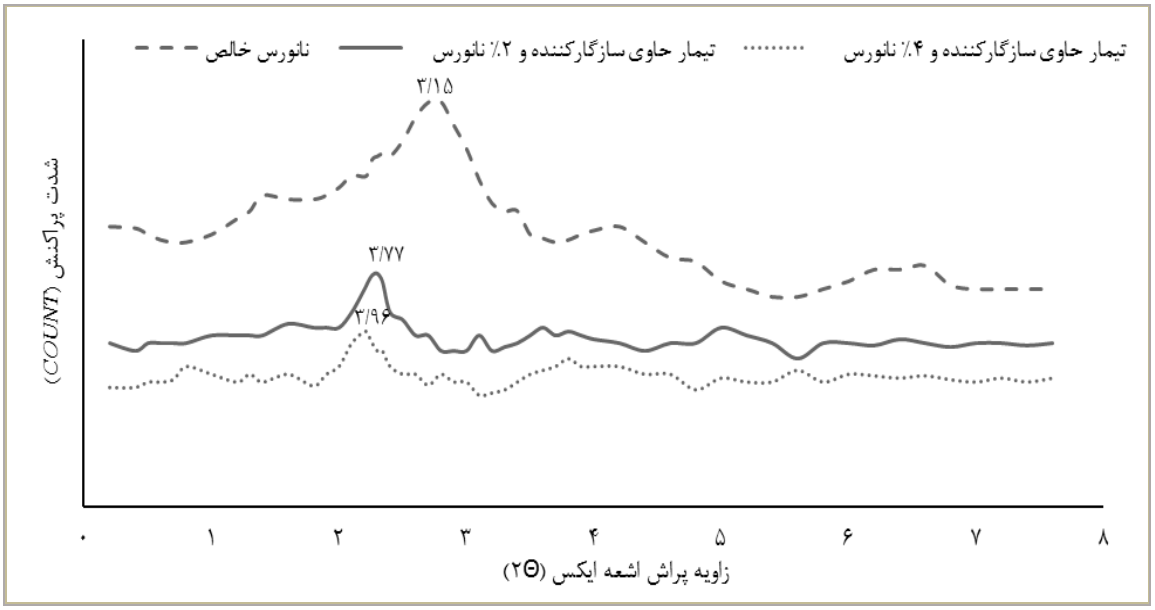


شکل ۲- تأثیر مقدار سازگار کننده و نانو رس بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه حاصل از الیاف کاغذ باطله / پلی‌پروپیلن

مطالعات ساختاری

آزمون تفرق اشعه ایکس

شکل ۳ طیف‌های پراش پرتو اشعه ایکس ذرات نانو رس خالص و تیمارهای حاوی ۲ و ۴ درصد نانو رس را نشان می‌دهد. با مقایسه اجمالی بین پیک‌های ایجادشده در طیف نانو رس خالص و تیمارهای حاوی ۲ و ۴ درصد نانو رس، می‌توان این‌گونه اظهار کرد که با افزایش درصد نانو رس فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی افزایش یافته است. به‌طوری‌که پیک پراش اشعه ایکس نانو رس خالص در زاویه ۲θ=۲/۸ دارای فاصله بین لایه‌ای ۳/۱۵ نانومتر است که با افزودن نانو رس به چندسازه تا ۲ درصد، پیک پراش اشعه ایکس به سمت عقب کشیده شده است به‌نحوی‌که پیک تند در زاویه ۲θ=۲/۳۴ با فاصله بین‌لایه‌ای ۳/۷۷ نانومتر ایجاد شده است. همچنین با افزایش ذرات نانو رس تا ۴ درصد، پیک پراش اشعه ایکس در زاویه ۲θ=۲/۲۳ کم‌تر شده و فاصله بین لایه‌های رسی به ۳/۹۶ نانومتر افزایش یافته است؛ بنابراین از شکل ۳ این‌گونه می‌توان استنباط کرد که ساختار ایجادشده در چندسازه از نوع بین‌لایه‌ای است، زیرا قله مربوط به ناحیه بلوری نانو رس کاملاً از بین نرفته و فقط به سمت عقب و ۲θ های پایین‌تر کاهش یافته است. به‌عبارت‌دیگر، فاصله بین لایه‌های سیلیکاتی نانو رس به دلیل نفوذ زنجیره‌های پلیمری افزایش یافته ولی ازهم‌گسیختگی کامل لایه‌های رس رخ نداده است. این در حالی است که اگر ساختار چندسازه از نوع ساختار لایه‌لایه‌ای باشد، به دلیل متلاشی شدن ساختار بلوری هیچ قله‌ای در منحنی باقی نخواهد ماند. مطالعات ساختاری چندسازه چوب پلاستیک به‌روش پراش اشعه ایکس نشان داد که توزیع نانو رس در زمینه پلیمری از نوع ساختار بین‌لایه‌ای بوده و با افزایش مقدار ذرات نانو رس فاصله بین لایه‌ها افزایش می‌یابد. یافته‌های این پژوهش با نتایج Kord (۲۰۰۹) و Wang و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد [۱۸، ۱۹].

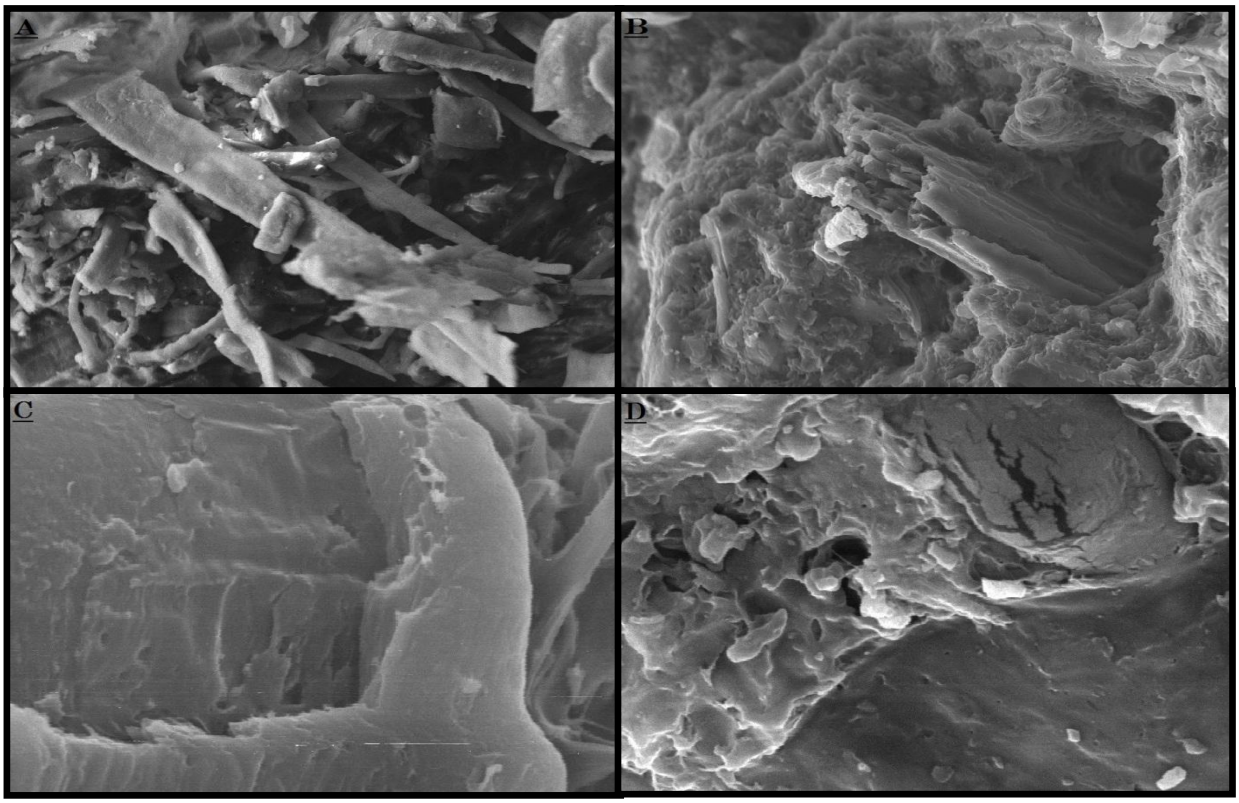


شکل ۳- طیف‌های پراش پرتو اشعه ایکس ذرات نانو رس در تیمارهای موردمطالعه

میکروسکوپ الکترونی پویشی

شکل ۴ تصاویر میکروسکوپی تیمارهای مختلف چندسازه را با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر نشان می‌دهد. بر اساس بررسی تصاویر مشاهده می‌شود که در تیمار فاقد سازگار کننده و نانو رس (شکل a)، میزان بیرون‌زدگی الیاف بیش‌تر بوده و الیاف کاغذ باطله کم‌ترین میزان چسبندگی با ماتریس پلیمری را دارا می‌باشند به‌نحوی‌که سطح شکست چندسازه دارای غیریکنواختی و

ناهمواری‌های نسبتاً زیادی است که در تصاویر میکروسکوپی به‌صورت پرز مانند و لایه‌های جدا از هم دیده می‌شود که این امر نشان‌دهنده نرمی پلاستیک و شکست در این ناحیه به دلیل اتصال ضعیف یا الیاف کاغذ است. به‌عبارت‌دیگر بدون استفاده از سازگار کننده دو فاز پرکننده و ماتریس پلیمری به دلیل اتصالات ضعیف، مجزا از هم مشاهده می‌شوند. از طرفی دیگر حضور سازگارکننده (b) سبب بهبود همبستگی و اتصالات بین الیاف کاغذ باطله و پلی‌پروپیلن شده است؛ به‌طوری‌که ماده سازگار کننده، الیاف کاغذ و پلی‌پروپیلن را در بر گرفته و سطح شکست نمونه‌ها نسبت به تیمار فاقد سازگار کننده یکنواخت‌تر و هموارتر است و غیریکنواختی و ناهمواری سطوح کم‌تر دیده می‌شود و شکست در الیاف و پلیمر به‌صورت هم‌زمان دیده می‌شود. همچنین چسبندگی بین فاز طبیعی و پلیمری با افزودن ذرات نانو رس (c و d) بهبود یافته و درنتیجه باعث کاهش حفره‌ها و ذرات بیرون آمده از متن پلیمر زمینه شده است.



شکل ۴- تصاویر میکروسکوپ الکترونی چندسازه فاقد سازگار کننده و نانو رس (A)، چندسازه حاوی سازگار کننده و فاقد نانو رس (B)، چندسازه حاوی سازگار کننده و ۲٪ نانو رس (C)، چندسازه حاوی سازگار کننده و ۴٪ نانو رس (D)

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر مقادیر ذرات نانو رس و همچنین سازگار کننده MAPP بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه الیاف کاغذ باطله/ پلی‌پروپیلن موردبررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که:

۱- افزایش مقدار نانو رس از ۰ به ۴ درصد، ازیک‌طرف سبب ایجاد تورم لایه‌های رس و ایجاد چسبندگی سطحی قوی بین پلیمر و خاک رس شده و درنتیجه مقاومت‌های خمشی و کششی چندسازه افزایش می‌یابد. از طرفی دیگر ویژگی نفوذناپذیری نانو رس مانع از نفوذ آب به درون ماتریس پلیمری شده و بهبود خواص فیزیکی را به دنبال دارد. با توجه به این‌که ذرات نانو رس نواحی تمرکز تنش و

نقاط شروع شکست را ایجاد می‌کنند، درنتیجه که با افزایش مقدار نانو رس، میزان مقاومت به ضربه چندسازه کاهش می‌یابد. همچنین حضور ذرات نانو رس، انرژی جذب‌شده توسط چندسازه را افزایش می‌دهد، ازاین‌رو افزایش مقدار ذرات نانو رس مناطقی را در ماتریس پلیمری به وجود می‌آورد که موجب تمرکز بیش‌تر تنش شده و رشد ترک از آن ناحیه شروع می‌شود به‌طوری‌که این امر منجر به کاهش مقاومت به ضربه شده است.

۲- افزودن عامل سازگار کننده ضمن بهبود اتصال در سطح مشترک بین دو فاز طبیعی و پلیمری، سبب توزیع مناسب‌تر ذرات پرکننده در ماتریس پلیمری شده و درنتیجه با افزودن ۳ درصد سازگار کننده تمامی خواص مکانیکی و فیزیکی بهبود یافته است.

۳- مطالعات ساختاری چندسازه چوب پلاستیک به‌روش پراش اشعه ایکس نیز نشان داد که توزیع ذرات نانو رس در زمینه پلیمری از نوع ساختار بین‌لایه‌ای بوده و با افزایش مقدار ذرات نانو رس فاصله بین لایه‌ها افزایش یافته است.

منابع

[1] Shateri, A.M. and Rahmati, A.R., 2012. Human's environmental laws, regulations, criteria and standards. Environmental Protection Agency (EPA), Hak publications, 336 p. (In Persian).

[2] Barzgar Shiri, M., Mohammadi, H. and Akhlaghi Amiri, Z., 2009. The use of agricultural waste for the manufacture of composite. In: Proceedings of Clean Agriculture Congress. Gorgan University. May.26-27 Sopron, Gorgan, p 1–12. (In Persian).

[3] Hoseinzadeh, A., Madanlou, J. and Tazakor Rezaei, V., 2012. Effect of mineral talc on the strength of composite polypropylene / wood flour. Journal of Natural Resources, Science and Technology, 7(1): 71-86. (In Persian).

[4] Wood hams, R.T., Shianglaw, L. and Balatinecz, J., 1991. Intensive mixing of wood fiber with thermoplastics for injection molded composite in wood / plastic composite, Conference proceeding. Madison, Wis., USA, 75-78.

[5] Chaharmahali, M., Kazemi Najafi, S .and Tajvidi, M., 2006. The effect of producing method on the mechanical properties of wood plastic composites made from particleboard wastes. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 21(1): 33-42. (In Persian).

[6] Cope, C.W., 1998. Polymer and wood flour composite extrusion, US 5847016 A, Dec.8, United State.

[7] Mirshokraei, S.A., 2002. Chemistry of paper, Publications of Adineh book. 184p. (In Persian).

[8] Mirshokraei, S.A., 2004. Pulp and paper technology. Publications of Adineh book. 520p. (In Persian).

[9] Afra Bandpie. E., 2003. Basics features paper. Publications of Aeijh. 392p. (In Persian).

[10] Lu, Z.J., Qinglin, w. and Mcnabb, H.S., 2000. Journal of Chemical Coupling in wood fiber and polymer composites: a review of coupling agents and treatments. Journal of Chemical coupling in wood Fiber Science, 32(1): 88-104.

[11] Thwe, M. and Liao, K., 2000. Tensile behavior of modified bamboo-glass fiber reinforced hybrid composite. Journal of Plastics Rubber and Composites, 31(10): 422-431.

[12] Raj, R.G., Kokta, B.B., Grouleau, G. and Daneault, C., 1990. The Influence of coupling Agents on mechanical properties of composites containing cellulosic fillers. Journal of Polymer Plastic Technology Engineering, 29(4): 339-353.

[13] Adhikary, K.B., Pang, S. and Staiger, M.P., 2008. Long-term moisture absorption and thickness swelling behavior of recycled thermoplastics reinforced with pinus radiata sawdust. Journal of Chemical Engineering, 142 (2): 190-198.

[14] Taheri, F., Enayati, A., Oromiehie, A. and Tajvidi, M., 2011. Effect of different polypropylene grades and coupling agent on the properties of wood plastic composites. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(4): 757-771. (In Persian).

[15] Dang, W., Song, Y., Wang, Q. and Wang, W., 2008. Improvement in compatibility and mechanical properties of modifiedwood fiber/ polypropylene composites. Front. For China, 3(2): 243-247.

[16] Wang, H.C, Zheng, M., Elkovitch, L.J., Lee, G. and Koelling. K.W., 2001. Processing and properties of polymeric nanocomposites. Journal of Polymer Engineering Science, 41(11): 236-246.

[17] Kord, B., 2010. Investigation on the effects of nanoclay particles on mechanical properties of wood polymer composites made of high density polyethylene-wood flour. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 25(1): 91-101. (In Persian).

[18] Kord, B., 2009. Improvement of practical properties of wood polymer composite with nanoclay particles. Journal of engineering materials, 1(4): 375-383. (In Persian).

[19] Wang, L., Wang, K., Chen, L., Zhang, Y. and He, C., 2006. Preparation, morphology and thermal/mechanical properties of epoxy/nanoclay composite. Journal of Applied Science and Manufacturing, 37(11): 1890–1896.

[20] Zahedi, M. and Tabarsa, T., 2013. Physico-mechanical and morphological properties of nanocomposite made from Canola stalk. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 28(4): 742-754. (In Persian).

[21] Sanadi, A.R. and Young, R.A., 1994. Recycled newspaper fibers as reinforcing fillers in thermoplastics. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 13(1): 54-67.

[22] Mehrabzadeh, M. and Farahmand, F., 2001. Recycling of commingled plastics waste containing polypropylene, polyethylene, and paper. Journal of Applied Polymer Science, 80(13): 2573-2577.

[23] Shakeri, A., Dosthoseini, S.K. and Ebrahimi, Gh., 2005. Improvement in mechanical properties of cellulose fibers-thermoplastic polymer composite. Journal of Polymer Science and Technology, 18(3): 143-150. (In Persian).

[24] Dosthoseini, S.K., Ebrahimi, Gh. and Shakeri, A., 2003. Mechanical properties, and morphology of impact modified polypropylene cellulose fiber composite. Iranian Journal of Natural Resources, 57(1): 121-132. (In Persian).

[25] Rangavar, H., 2013. Study on the possibility of recycled-banknote utilization in the production of wood gypsum composite-boards. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 4(1): 87-99. (In Persian).

[26] Enayati, A.A. and Hoseinaei, O., 2007. Utilization of recycled banknote in manufacturing particle board. Iranian Journal of Natural Resources, 60(3): 1023-1036. (In Persian).

[27] Wu, Q., Lei, Y., Clemons, C.M., Yao, F., Xu, y. and Lian, K., 2007. Proportion of HDPE/Clay/Wood nanocomposites. Journal of Plastic Technology, 27(2): 108-115.

[28] Yang, H.S., Wolcott, M.P., Kim, H.S., Kim, S. and Kim, H.J., 2007. Effect of different compatibilizing agents on the mechanical properties of lignocellulosic material filled polyethylene bio-composites. Journal of Composite Structures, 79(3): 369-375.

[29] Rana, H.T., Gupta, R.K., GangaRao, H.V.S. and Sridhar, L.N., 2005. Measurement of moisture diffusivity through layered-silicate nano composites. AIChE Journal, 51(12): 3249-3256.

[30] Alexandre, B., Marais, S., Langevin, S., Médéric, P. and Aubry, T., 2006. Nano-composite-based polyamide 12/montmorillonite: relationships between structures and transport properties. Journal of Desalination, 199(1-3): 184-166.

[31] Bharadwaj, R.K., Mehrabi, A.R., Hamilton, C., Trujillo, C., Murga, M., Fan, R., Chavira, A. and Thompson, A.K., 2002. Structural property relationship cross-linked polyester clay nanocomposites. Journal of Polymer, 43(13) 3699-3705.

[32] Kord, B., Hemmasi, A.H. and Ghasemi, I., 2011. Properties of PP/wood flour/organ modified montmorillonite nanocomposites. Journal of Wood Science and Technology, 45(1): 111-119.

[33] Asif, A., Roa, L.V. and Ninan, K.N., 2007. Hydroxyl terminated poly (ether ether ketone) with pendant methyl group-toughened epoxy ternary nanocomposites: preparation, morphology and thermo mechanical properties. Journal Applied Polymer Science, 106(5): 2936-2946.

[34] Chen, H., Wang, M., Lin, Y., C.M. and Wu, J., 2007. Morphological and mechanical property of polypropylene nanocomposites with nanoclay particles. Journal of Applied Polymer Science, 106(5): 3409-3416.

[35] Zhao, Y., Wang, K., Zhu, F., Xue, P. and Jia, M., 2006. Properties of poly (vinyl chloride)/wood flour/montmorillonite composites: Effects of coupling agents and layered silicate, Journal of Polymer Degradation and Stability, 91(12): 2874-2883.

[36] Han, G., Lei, Y., Wu, Q., Kojima, Y. and Suzuki, S., 2008. Bamboo–fiber filled high density polyethylene composites; effect of coupling treatment and nanoclay. Journal of Polymer Environment, 16(2): 123-130.

[37] Chowdhury, F.H., Hosur, M.V. and Jeelani. S., 2006. Studies on the flexural and thermo mechanical properties of woven carbon/nanoclay-epoxy laminated. Journal of Material Science and Engineering A, 421(1-2): 298-306..

The effect of nano clay and coupling agent on the physical and mechanical properties of polypropylene waste paper composites

M. Keramati[1]
B. Nosrati Sheshkal[2*]
R. Mohebbi Gargari[3]
M. Abdouss[4]

[1] M.Sc. Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol

[2] Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol

[3] Lecturer, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol

[4] Professor, Department of Chemistry, Faculty of Chemistry, Amirkabir University

Corresponding author:
nosrati.babak@uoz.ac.ir

Received: 2015/01/09
Accepted: 2015/11/14

Abstract

In this study, the effect of nanoclay particles and coupling agent on the physical and mechanical properties of polypropylene / waste paper composites was studied. To meet the research objectives, waste paper fibers with polypropylene in 50% by weight, nanoclay (0, 2 and 4%) and coupling agent (0 and 3%) were compounded in an internal mixer at 155°C and 60rmp and the samples were prepared by injection molding. The results showed that the physical and mechanical strength of composite improved in the presence of coupling agent. As well as water absorption, thickness swelling, flexural and tensile strength and flexural and tensile modulus were improved by increasing the nanoclay particles content. However, notched impact strength was reduced. Also, study on structural behavior of composite with x-ray diffraction showed that the nanoclay was distributed as intercalation structure in polymer matrix, and distance between layers were increased with increasing of nanoclay particles content.

Key words: waste paper, nanoclay, physical and mechanical properties, coupling agent, wood plastic composite.