بررسی توان نگهداری پیچ و میخ و میزان جذب آب چندسازه نانو رُس-نرمه MDF-پلی‌پروپیلن

محراب مدهوشی[۱] و آرش چاوشی[*۲]

[۱] دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
[۲] دانش آموخته کارشناسی‌ارشد فرآورده‌های چندسازه چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

در این پژوهش تاثیر استفاده از ذرات نانو رُس بر توان نگهداری انفصالی اتصال‌های پیچ و میخ و میزان جذب آب چندسازه نانو رُس-نرمهMDF -پلی‌پروپیلن مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از نرمه سنباده زنی MDF به عنوان ماده لیگنوسلولزی و پلی‌پروپیلن به عنوان ماده ترموپلاستیک استفاده شد. همچنین نانو رُس Cloisite® 15A در سه سطح وزنی ۲٪، ۴٪ و ۶٪ مورد استفاده قرار گرفت. در آغاز مواد اولیه با استفاده از مخلوط‌کن به صورت دانه ای (گرانول) تهیه شدند. سپس ۳۶ تخته (۱۲ تیمار در ۳ تکرار) با چگالی اسمی $1 gr/cm^3$ در ابعاد $30cm \times 20cm \times 1cm$ با استفاده از روش پرس گرم تهیه شده است. در ادامه آزمونه‌های آزمونی (۳۶ تخته ساخته شده) برای تعادل رطوبتی به مدت ۳ هفته در محیط قرار گرفته‌اند. سپس به منظور بررسی ویژگی های مکانیکی از استاندارد (CEN/TS15534–1:2007) استفاده شده است. نتایج نشان دادند که با افزایش درصد وزنی نرمه سنباده زنی MDF توان نگهداری انفصالی اتصالات پیچ و میخ (عمود بر سطح) آزمونه‌های آزمونی کاهش پیدا کردند. بیشترین میزان مقاومت به اتصالات پیچ و میخ در سطح ۲ درصد وزنی ذرات نانو رُس به‌دست آمد. همچنین نتایج جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌های آزمونی نشان داد که با افزایش درصد وزنی نرمه‌های MDF این مقادیر افزایش پیدا کردند در حالی که افزایش درصد وزنی ذرات نانو رُس با سطوح ثابت نرمه MDF، موجب کاهش مقادیر جذب آب و واکشیدگی ضخامت شد.

واژه های کلیدی: نانو رُس، نرمه MDF، توان نگهداری انفصالی اتصالات پیچ و میخ، جذب آب

[*] نویسنده مسئول: آرش چاوشی Email: ArashChavooshi@hotmail.com

مقدمه

تخته‌های چندسازه چوب-پلاستیک (WPC[1]) فراورده-های قالبی با اکسترود شده که شکل معینی دارند و بنابر تعریف، پلاستیک‌های پر شده با الیاف سلولزی و مواد دیگر هستند. موادی که هم اکنون به عنوان WPC شناخته شده‌اند نخستین بار در دهۀ ۱۹۶۰ با نام ترکیبات قالبی گرماگیر ظهور پیدا کردند [۱]. چندسازه-های ترموپلاستیک نقش مهمی را در جامعه بازی می‌کنند، و در مواردی چون وسایل آشپزخانه تا اجزای شاتل‌های فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲]. در ساخت این چندسازه‌ها شمار چندی از پلیمرها مانند پروپیلن، پلی اتیلن، پلی وینیل کلراید، پلی استر و... به همراه پرکننده‌های سلولزی شامل پودر و الیاف حاصل از مواد چوبی، پودر و الیاف حاصل از پسماندهای محصولات کشاورزی و ضایعات حاصل از انواع کاغذها و... قابل استفاده می‌باشند [۳]. با توجه به ویژگی‌های بسیار خوب مواد مرکب چوب-پلاستیک، این مواد کاربردهای مختلفی پیدا کرده‌اند و استفاده از آن‌ها به سرعت رو به افزایش و گسترش می‌باشد. تجارت مواد مرکب چوب-پلاستیک از سال ۱۹۹۸ رشد ۲۵ درصدی داشته است. تقاضا برای تولید مواد مرکب چوب-پلاستیک درآمریکای شمالی و اروپا از۵۰۰۰۰ تن در سال ۱۹۹۵ به ۷۰۰۰۰ تن در سال ۲۰۰۲ رسیده است و پیش‌بینی شده بود که WPCها تا سال ۲۰۱۰ هم حدود ۱۴ درصد در سال رشد داشته باشند [۴]. از دلایل پذیرش صنعتی WPCها و افزایش تقاضای آن، می‌توان به جذب رطوبت کم، مقاومت در برابر حمله زیستی (بیولوژیکی)، ثبات ابعادی، ترکیبی از سختی و استحکام بالا، سایش کمتر در طول پرداخت اشاره کرد [۵].

در تولید محصولات چوبی سالیانه میزان زیادی پسماندهای چوبی ایجاد می‌شود (امریکا در حدود ۶۳ میلیون تن در سال ۲۰۰۲) که استفاده از این پسماندهای در تولید، موجب کاهش قیمت تمام شده محصول می‌شود [۶]. در پژوهشی نجفی و ملکی (۱۳۸۹) به بررسی مقایسه‌ای ویژگی های مکانیکی چندسازه‌های پلاستیک-خاکه سنباده MDF و MDF پرداختند که از پلی‌اتیلن و PVC به عنوان ماده زمینه و خاک سنباده MDF به عنوان ماده پرکننده استفاده کردند و در ادامه توان نگهداری پیچ و میخ و ویژگی های خمشی این تخته‌ها را با تخته MDF کاسپین خزر مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داده‌اند که تخته چوب-پلاستیک ساخته شده از PVC توان نگهداری پیچ و میخ در سطح بهتری نسبت به MDF و تخته ساخته شده از PE دارد [۷]. از سوی دیگر با ورود فناوری نانو در عرصه علم مواد، پلیمرهای تقویت شده با فاز نانو مورد توجه جوامع علمی و صنعتی قرار گرفته است. از نظر علمی موضع جدیدی در پژوهش‌ها در مقیاس حد واسط بررسی ها در مقیاس‌های مولکولی و میکرو، گشوده شده و شناخت رفتار و برهم‌کنش مواد در محدوده نانو در زمره اولویت‌های پژوهشی قرار گرفته است [۸]. در سال‌های اخیر نانو ذرات در زمینه افزودنی‌های پلاستیک‌ها، به‌طور کلی چندسازه‌ها و به ویژه WPCها معرفی شده‌اند. نانو ذرات در حالت معمولی به میزان کم‌تر از ۱۰٪ و گاهی ۲ تا ۵ درصد به کار می‌روند [۱،۲،۱۸،۱۳،۱۰]. پرکننده‌های مرسوم در محدوده‌ی بین ۱۰ میکرومتر تا ۱ سانتیمتر متغیر است. در حالی که اندازه نانو پرکننده‌ها از ۱ نانومتر تا ۵۰۰ نانومتر تغییر می‌کند [۱].

از مزیت‌های اصلی استفاده از پرکننده‌های نانو رُس در یک ماتریکس پلیمری، افزایش قابل توجه ویژگی‌های مکانیکی در حضور تنها مقدار اندکی پرکننده می‌باشد [۲]. افزودن پرکننده‌های نانو رُس شاید تا حدودی مانع از تغییر زیاد چسبندگی (ویسکوزیته) و چگالی سامانه چندسازه شوند. هرچند اظهار نظر قطعی در این زمینه نیاز به بررسی های رفتار رئولوژیکی عمیق‌تر محصول دارد. از دیدگاه صنعتی آنچه باعث جلب توجه بسیاری از صنایع به این موضوع شده، بهبود چشمگیر ویژگی های پلیمرها است. در مورد نانو چندسازه های پلیمری بهبود قابل توجه ویژگی ها از جمله استحکام و صلبیت و ویژگی‌های گرمایی بدون اثر منفی بر چگالی و فرایندپذیری گزارش شده است [۸]. پلیمرهای تقویت‌شده با خاک رُس اصلاح شده علاوه بر دارا بودن برتری های یاد شده، نفوذپذیری کمی در برابر آتش و

[1] Wood-Plastic Composite

پرتو فرابنفش دارند. این مواد افزون بر مقاومت خوب در برابر آتش و پرتو فرابنفش نیز شفافیت قابل قبولی دارند [۸]. وجود ذرات نانو رُس در پلیمرها ویژگی های نفوذناپذیری در برابر گاز و مقاومت گرمایی و مکانیکی را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌دهند. ایجاد این ویژگی ها به دلیل وجود سطح برهم‌کنش فیزیکی بزرگ نانو پرکننده و زمینه پلیمری است که سبب می‌شود سطح تماس نانو با ماده زمینه بیشتر شود [۹]. Nourbakhsh و Ashori (۲۰۰۹) در تحقیقی به بررسی تاثیر ذرات نانو رُس و عامل جفت‌کننده مالئیک اندرید پیوند داده شده با پلی‌پروپیلن (MAPP) در نانو چندسازه آرد باگاس-پلی‌پروپیلن پرداختند که نتایج نشان داد با افزایش میزان نانو رُس در چندسازه، جذب آب نمونه‌ها کاهش پیدا می‌کند و در ۴٪ وزنی ذرات نانو رُس کم‌ترین میزان جذب آب حاصل می‌شود [۱۰]. در تحقیقات دیگری به بررسی ویژگی های مکانیکی چندسازه ساخته شده از پسماندهای حاصل از تخته فیبر و تخته خرده چوب پرداخته شده است که نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش درصد استفاده از مواد پرکننده (پسماندهای تخته فیبر و تخته خرده چوب) مقاومت اتصالات پیچ و میخ کاهش پیدا کرده است [۱۱].

همچنین در تحقیقی که توسط sheshmani و همکاران (۲۰۰۹) انجام گرفت، محققان به بررسی تاثیر میزان نانو رُس و MAPE بر روی ویژگی های فیزیکی چندسازه پلی‌اتیلن-آرد چوب-نانو رُس پرداختند که نتایج نشان دادند با افزایش نانو رُس و MAPE پایداری ابعاد و جذب آب چندسازه یاد شده بهبود می‌یابد [۱۲]. از این رو در این پژوهش به بررسی تاثیر استفاده از ذرات نانو رُس در ویژگی های فیزیکی و قدرت نگه‌داری پیچ و میخ عمود بر سطح چندسازه نرمه MDF-پلی‌پروپیلن پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

مواد

ماده لیگنوسلولزی مورد استفاده در این پژوهش نرمه MDF حاصل از سنباده‌زنی سطح تخته‌های MDF می‌باشد که از کارخانه آرین سینا واقع در شهرک صنعتی ساری تهیه شدند. از پلی‌پروپیلن درجه V30S به عنوان ماده ترموپلاستیک با شاخص مذاب ۱۸ g/۱۰min از صنایع پتروشیمی اراک تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. از ذرات نانو رُس محصول کارخانه "Southern Clay" امریکا با مشخصات Cloisite® 15A (مونت موریلونیت) از نوع Intercalated در سه سطح وزنی ۲٪، ۴٪ و ۶٪ به عنوان ماده افزودنی (تقویت‌کننده) برای بررسی توان نگهداری انفصالی اتصال های پیچ و میخ و میزان جذب آب چندسازه نانو رُس-نرمه MDF-پلی‌پروپیلن استفاده شد. این خاک رُس اصلاح شده، با واکنش تبادل یون بین مونت موریلونیت سدیم‌دار و یون‌های چهارگانه آمونیوم کلرید[1] اصلاح شده است. همچنین از مالئیک اندرید پیوند داده شده با پلی‌پروپیلن (MAPP) به میزان ۴٪ وزنی به عنوان عامل جفت‌کننده با نام تجاری PP-G 101 ساخت شرکت کیمیا جاوید سپاهان استفاده شد. چند سازه یاد شده در ۱۲ تیمار و ۳ تکرار تهیه شد (جدول ۱).

[1] 2M2HT: dimethyl, dihydrogenatedtallow, quaternary ammonium

جدول ۱- مشخصات تیمارها و سطوح متغیر

تیمار	چگالی (g/cm^3)	نانو رُس (٪)	نرمه MDF (٪)	PP (%)	MAPP (%)
۱	۰/۹۳۸	٪۰	٪۴۰	٪۵۶	٪۴
۲	۰/۹۵۴	٪۲	٪۴۰	٪۵۴	٪۴
۳	۰/۹۴۰	٪۴	٪۴۰	٪۵۲	٪۴
۴	۰/۹۳۸	٪۶	٪۴۰	٪۵۰	٪۴
۵	۰/۹۴۹	٪۰	٪۵۰	٪۴۶	٪۴
۶	۰/۹۳۷	٪۲	٪۵۰	٪۴۴	٪۴
۷	۰/۹۳۹	٪۴	٪۵۰	٪۴۲	٪۴
۸	۰/۹۳۲	٪۶	٪۵۰	٪۴۰	٪۴
۹	۰/۹۴۰	٪۰	٪۶۰	٪۳۶	٪۴
۱۰	۰/۹۲۲	٪۲	٪۶۰	٪۳۴	٪۴
۱۱	۰/۹۲۸	٪۴	٪۶۰	٪۳۲	٪۴
۱۲	۰/۹۲۵	٪۶	٪۶۰	٪۳۰	٪۴

آماده سازی نرمه MDF

پس از تهیه نرمه‌ها، به منظور رسیدن رطوبت آن‌ها به رطوبت مورد نظر، به مدت ۲۴ ساعت با دمای ۲°C ±۱۰۰ در آون قرار گرفتند و سپس در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شدند. نرمه‌های MDF به همان صورت که از کارخانه تهیه شده بودند پس از عبور دادن از مش ۸۰ برای جدا کردن ذرات بزرگ و پسماندهای دیگر، مورد استفاده قرار گرفتند.

آماده سازی ذرات نانو رُس

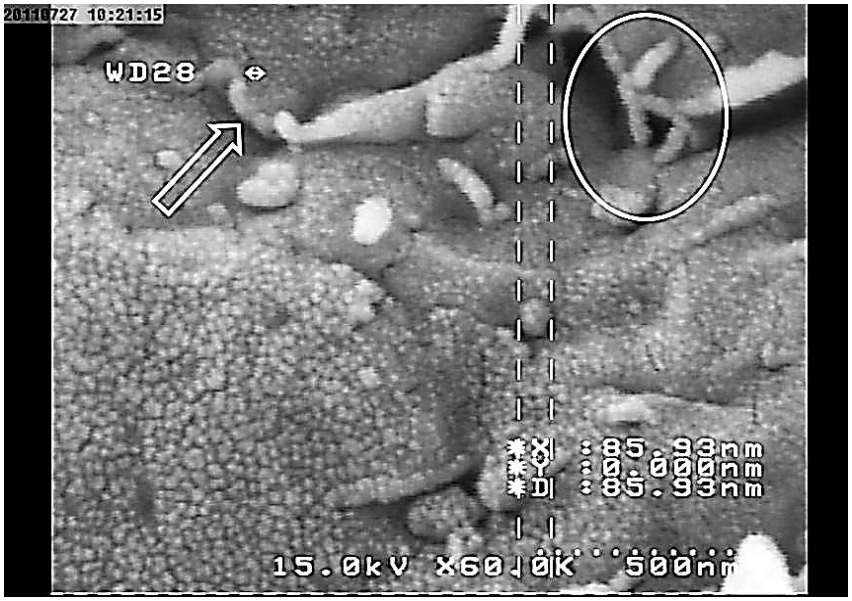
ذرات نانو رُس پیش از تولید چندسازه مورد نظر به مدت ۲۴ ساعت با دمای ۲°C ±۱۰۰ به منظور کاهش رطوبت و همچنین جلوگیری از جذب رطوبت در آون قرار گرفتند. سپس در هنگام اختلاط مواد، ذرات نانو رُس برای جلوگیری از جذب رطوبت در مجاورت دسیکاتور قرار داده شدند. ابعاد نهایی این ذرات خشک در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- اندازه ذرات خشک نانو رُس (بر حسب میکرون)

۹۰ درصد کمتر از	۵۰ درصد کمتر از	۱۰ درصد کمتر از
۱۳ µm	۶ µm	۲ µm

اختلاط مواد اولیه

چگالی اسمی نمونه‌ها g/cm^3 ۱ در نظر گرفته شد و مواد آماده شده برای هر تیمار با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ توزین شد. برای ساخت نمونه‌ها، مواد توزین شده برای هر تیمار پیش از فرایند ساخت نمونه‌ها، به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط شدند تا فاز نگهدارنده و فاز پرکننده به صورت بهینه با یکدیگر آمیخته شوند. سپس مواد مخلوط شده با استفاده از دستگاه مخلوط‌کن دو ماردونه مدل (WPC-4815) ساخت شرکت برنا پارس مهر، به صورت دانه ای در آورده و با استفاده از آسیاب چکشی آزمایشگاهی، دانه ها به پودر تبدیل شدند. پس از آن مواد به‌دست آمده توسط وزنه‌های دستی پیش پرس شد و وارد پرس گرم شدند.



شکل ۱- تصویر FE-SEM از سطح ذرات نانو رس و ساختار صفحه‌ای و لایه‌ای ذرات نانو رس

روش

ساخت نمونه‌ها

دمای پرس برای ساخت نمونه‌ها ۱۹۰ درجه سلسیوس و فشار ویژه پرس آن ۳۰ بار انتخاب شده است. مدت زمان پرس گرم ۱۵ دقیقه تعیین شده بود. روش انجام کار بدین صورت بود که پس از پیش پرس، نمونه‌ها به پرس گرم منتقل و در آغاز به مدت ۷ دقیقه با فشار ویژه ۳۰ بار و در دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس پرس شدند. سپس دهانه پرس به مدت ۱ دقیقه باز شده تا هوا و بخار محبوس شده از درون چندسازه خارج شود، سپس بار دیگر دهانه پرس به مدت ۷ دقیقه دیگر با همان فشار بسته شد [۱۷]. پس از پایان مراحل پرس گرم، آزمونه‌های آزمونی برای جلوگیری از نوسان ضخامت، در بین چهار گیره دستی به مدت ۳ ساعت قرار داده شدند. آزمونه‌های آزمونی در قالب‌های فلزی که دارای ابعاد ۳۰×۲۰ سانتی‌متر و ضخامت ۱ سانتی‌متر بودند در پرس گرم تهیه شدند. این قالب فلزی به منظور جلوگیری از روان شدن ماده پلیمری بر روی صفحه پرس پس از ذوب شدن پلیمر و همچنین کاهش میزان نوسان ضخامت آزمونه‌های نانو رُس-نرمه MDF-پلی‌پروپیلن در هنگام قرارگیری در بین گیره‌ها تهیه شدند.

تهیه آزمونه‌های آزمون

برای تهیه آزمونه‌های آزمونی پیچ و میخ از آیین‌نامه (CEN/TS 15534–1:2007) استاندارد BS، پیروی شد. بدین جهت آزمونه‌های آزمون نگهداری پیچ و میخ در ابعاد ۵cm×۵cm×۱cm تهیه شدند [۱۴]. برای بررسی این ویژگی های مکانیکی از دستگاه INSTRON-4486 استفاده شده است. ابعاد آزمونه‌ها برای بررسی میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۵cm×۵cm×۱cm در نظر گرفته شده بود. برای ارزیابی میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت آزمونه‌های آزمونی از رابطه شماره (۱) و (۲) استفاده شد.

رابطه ۱:

$$\text{درصد جذب آب} = \frac{(\text{وزن خشک وزن پس از وری‌غوطه}\ )}{\text{وزن خشک}} \times 100$$

رابطه ۲:

$$\text{درصد واکشیدگی ضخامت} = \frac{(\text{ضخامت خشک ضخامت پس از وری‌غوطه}\ )}{\text{ضخامت خشک}} \times 100$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده

در این تحقیق تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از طرح به طور کامل تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل، شامل دو

متغیر سطح وزنی نرمه MDF (در ۳ سطح) و عامل افزودنی (در ۴ سطح) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به دست آمده از نتایج آزمایش، نرم افزار PASW Statistics 18 (SPSS 18) مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

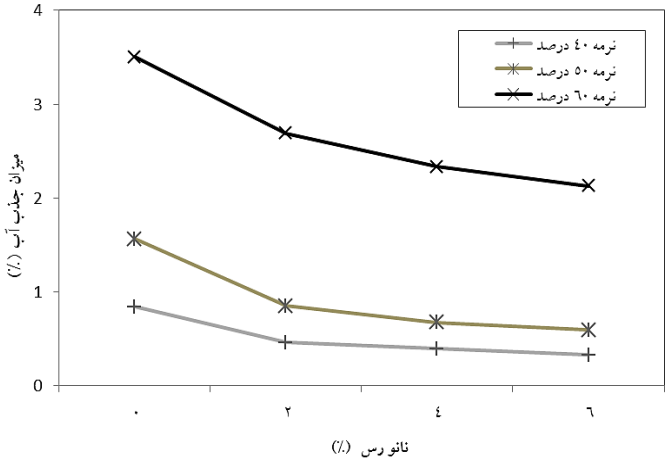
میزان جذب آب

با توجه به شکل شماره (۲) و (۳) مشخص است که با افزایش درصد وزنی ذرات نانو رُس در آزمونه‌های آزمونی، میزان جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت نمونه‌ها کاهش پیدا کرده است. کم‌ترین میزان جذب آب به آزمونه‌های با ۶ درصد وزنی ذرات نانو رُس مربوط می‌باشد. به طور کلی با توجه به شکل (۲) و (۳) میزان جذب آب در ۲۴ ساعت به تقریب چهار برابر جذب آب در ۲ ساعت غوطه‌وری در آب می‌باشد. همچنین با توجه به شکل به وضوح مشخص است که با افزایش سطوح نرمه MDF میزان جذب آب نمونه‌های آزمونی افزایش پیدا کرده است. این تغییرات با توجه به جدول شماره ۳ معنی‌دار است. نتایج Nourbakhsh و Ashori (۲۰۰۹) و Sheshmani و همکاران (۲۰۰۹)، نیز نشان داده‌اند که با افزایش درصد وزنی ذرات نانو رُس میزان جذب آب آزمونه‌های آزمونی کاهش می‌یابند [۱۰،۱۲].

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری

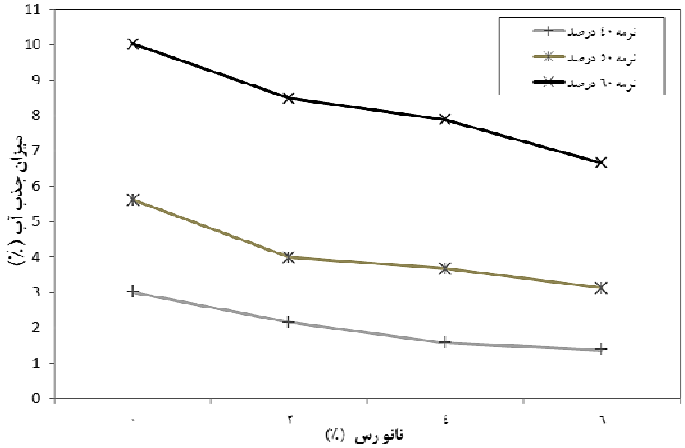
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات		میانگین مربعات		F (آماره آزمون)		معنی داری	
		۲ ساعت	۲۴ ساعت	۲ ساعت	۲۴ ساعت	۲ ساعت	۲۴ ساعت	۲ ساعت	۲۴ ساعت
نرمه MDF	۲	۶۲/۸۹۷	۴۸۴/۲۵۱	۳۱/۴۴۸	۲۴۲/۱۲۶	۳۲/۱۵۱	۱۱۴/۲۱۸	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
نانو رُس	۳	۹/۶۹۹	۶۰/۶۷۸	۳/۲۳۳	۲۰/۲۲۶	۳/۳۰۵	۹/۵۴۱	۰/۰۲۶*	۰/۰۰۰**
نرمه MDF * نانو رُس	۶	۱/۳۴۰	۵/۱۶۵	۰/۲۲۳	۰/۸۶۱	۰/۲۲۸	۰/۴۰۶	$۰/۹۶۶^{ns}$	$۰/۸۷۲^{ns}$
خطا	۶۰	۵۸/۶۹۰	۱۲۷/۱۹۱	۰/۹۸۷	۲/۱۲۰				
کل	۷۱								

** معنی داری در سطح ۱درصد * معنی داری در سطح ۵ درصد، ns عدم معنی داری



شکل ۲- تغییرات جذب آب (۲ ساعت غوطه‌وری) در سطوح مختلف ذرات نانو رُس و نرمه MDF

کم‌ترین میزان جذب آب مربوط به آزمونه‌های آزمونی ساخته شده با ترکیب ۴۰ درصد وزنی MDF می‌باشند. همان طور که در شکل شماره (۳) قابل دیدن است میزان جذب آب در ۶۰ درصد وزنی نرمه MDF به تقریب سه برابر میزان جذب آب در ۴۰ درصد وزنی می‌باشد. با توجه شکل بیشترین و کم‌ترین میزان جذب آب در هر دو زمان غوطه‌وری به ترتیب مربوط به سطوح ۶۰ درصدی نرمه MDF و سطوح ۴۰ درصدی نرمه MDF می‌باشد. به طور کلی مواد پلیمری به ویژه پلیمرهای گرمانرم به علت غیرقطبی بودن، موادی آبگریز هستند. این موضوع برعکس طبیعت قطبی و آب دوست الیاف سلولزی می‌باشد. در نتیجه با افزایش درصد وزنی نرمه‌های MDF، از میزان پلیمر مصرفی کاسته شده و وجود گروه‌های هیدروکسیل آبدوست قابل دسترس زنجیره‌های سلولزی سبب تشکیل پیوندهای هیدروژنی جدیدی با مولکول‌های آب می‌گردد. که این عمل باعث جذب آب چندسازه‌ها می شود [۲۴]. بنابراین در سطوح بالاترِ درصد وزنی نرمه MDF، میزان جذب آب بالاتر بوده و بیشترین جذب آب در سطوح ۶۰ درصد وزنی نرمه MDF و کمترین جذب آب در سطوح ۴۰ درصد وزنی نرمه MDF حاصل می‌شود.



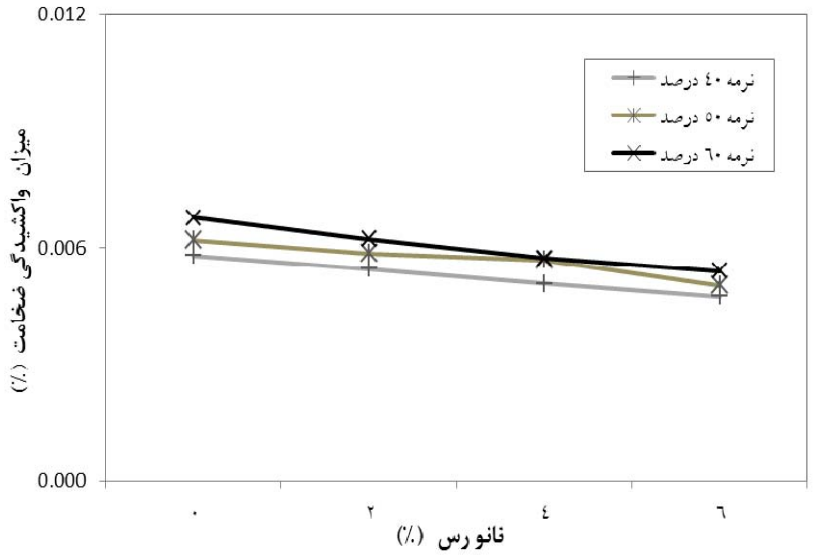
شکل ۳- تغییرات جذب آب (۲۴ ساعت غوطه‌وری) در سطوح مختلف ذرات نانو رُس و نرمه MDF

واکشیدگی ضخامت

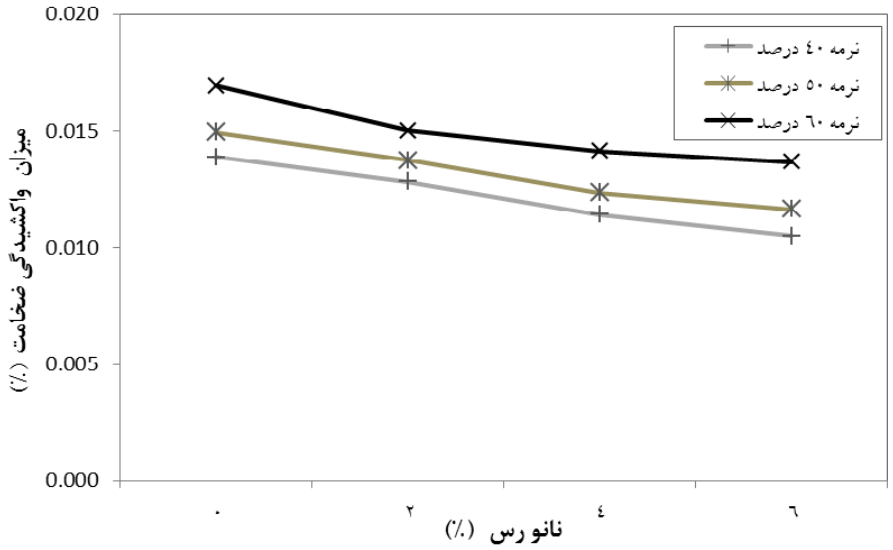
مقادیر واکشیدگی ضخامت در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. با توجه به شکل شماره (۴) قابل دیدن است که با افزایش مقادیر ذرات نانو رُس، واکشیدگی ضخامت آزمونه‌های آزمونی کاهش پیدا کرده است. این کاهش در سطح ۶ درصد وزنی نانو رُس کم‌ترین میزان واکشیدگی ضخامت را دارد. نتایج نوربخش و عشوری (۲۰۰۹)، نیز نشان داده‌اند که با افزایش درصد وزنی ذرات نانو رُس میزان واکشیدگی ضخامت آزمونه‌های آزمونی کاهش می‌یابند [۱۰]. تغییرات واکشیدگی ضخامت در حالت غوطه‌وری ۲۴ ساعت در آب نسبت به حالت ۲ ساعت غوطه‌وری مشهودتر است. با توجه به شکل شماره (۵) مشخص است که با افزایش درصد وزنی ذرات نانو رُس مقادیر واکشیدگی ضخامت آزمونه‌های آزمونی کاهش پیدا کرده است که کم‌ترین میزان مربوط به سطح ۶ درصدی ذرات نانو رُس می‌باشد. همچنین با افزایش مقادیر نرمه‌های MDF از ۴۰ درصد وزنی به ۵۰ و ۶۰ درصد، میزان واکشیدگی ضخامت افزایش پیدا کرده است.

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش درصد وزنی ذرات نانو رُس میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌های آزمونی کاهش یافتند. در واقع ورود ذرات نانو رُس در بین زنجیرهای پلیمر بسیاری از فواصل و مکان‌هایی را که امکان نفوذ و اقامت آب وجود دارد را پر می‌کند و در نتیجه کاهش میزان جذب آب و افزایش زمان رسیدن به رطوبت تعادلی نسبت به نمونه بدون نانو

مشاهده می‌شود. همچنین لایه‌های سیلیکاتی ذرات رُس به دلیل داشتن ضریب ظاهری بالا، باعث درازتر و پر پیچ و خم شدن مسیر عبور مولکول‌ها در زمینهٔ پلیمری می‌شوند، که این امر موجب به تعویق انداختن نفوذ آب به درون چندسازه می‌شود [۱۶].



شکل ۴- تغییرات واکشیدگی ضخامت (۲ ساعت غوطه‌وری) در سطوح مختلف ذرات نانو رُس و نرمه MDF

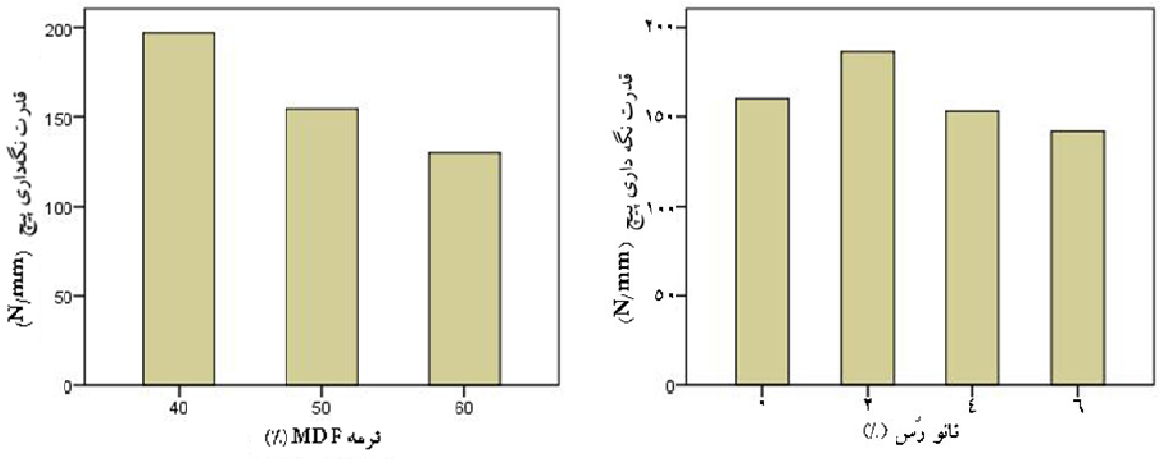


شکل ۵- تغییرات واکشیدگی ضخامت (۲۴ ساعت غوطه‌وری) در سطوح مختلف ذرات نانو رُس و نرمه MDF

توان نگهداری پیچ عمود بر سطح

با توجه به شکل شماره (۶) قابل دیدن است که با افزایش میزان نرمه MDF از ۴۰٪ به ۵۰٪ و ۶۰٪، میزان توان نگهداری پیچ عمود بر سطح کاهش پیدا کرده است. همچنین نتایج شکل شماره (۷) نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت در استفاده ۲ درصد از ذرات نانو رُس حاصل می‌شود که با افزایش این میزان تا سطح ۴ و ۶ درصد، مقاومت کاهش می‌یابد. در میزان ۶ درصد وزنی به دلیل ایجاد تجمع ذرات و کاهش میزان لایه لایه شدن ذرات نانو رُس استحکام نسبت به ۲ درصد وزنی کاهش می‌یابد. به نظر می رسد، ذرات خاک رس باعث تمرکز تنش شده و توان نگهداری پیچ و میخ را نسبت به نمونه

۲ درصد کاهش می‌دهد. همچنین کاهش مقاومت در درصدهای زیاد نانو رُس می‌تواند در اثر افزایش مهارهای بین قطعه های مولکولی و جلوگیری از توزیع متناسب تنش و جلوگیری از آزادی لازم زنجیرها شود که موجب کاهش استحکام در مقادیر زیاد نانو ذرات شده است[۲۳]. با توجه به نتایج بیشترین توان نگهداری پیچ در سطح ۴۰٪ نرمه MDF همراه با استفاده ۲ درصد از ذرات نانو رُس به دست آمد (۲۲۴/۸ N/mm)، این در حالی است که کم‌ترین مقاومت به چندسازه حاصل از ترکیب ۶۰ درصدی نرمه MDF همراه با ۶ درصد نانو رُس مربوط می‌باشد (۱۰۶/۹۸ N/mm).



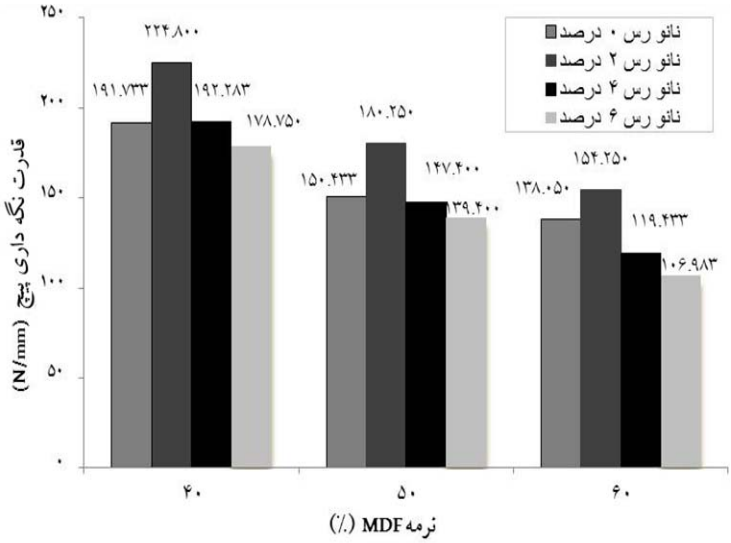
شکل ۶- تاثیر مستقل ذرات نانو رس و نرمه MDF بر توان نگه‌داری پیچ

نتایج چهارمحالی و همکاران نیز کاهش توان نگهداری پیچ را با افزایش مقدار الیاف نشان داد [۱۱]. در هر سطح از نرمه MDF (۴۰٪، ۵۰٪ و ۶۰٪ وزنی) بیشترین مقاومت‌ها در استفاده‌ی ۲ درصدی از ذرات نانو رُس و کم‌ترین مقاومت در استفاده‌ی ۶ درصدی ذرات نانو رُس حاصل شده است. افزایش توان نگهداری پیچ و میخ به هنگام استفاده ۲ درصدی ذرات نانو رُس را می‌توان به ضریب ظاهری بالای ذرات نانو رُس و تشکیل ساختار بین لایه ای (Intercalation) در چندسازه یاد شده دانست. از طرفی با افزایش میزان ۶ درصد نانو رُس، به علت تجمع و تراکم ذرات نانو رُس و همچنین تشکیل توده‌های درهم‌رفته که اطراف نرمه‌های MDF را در بر می‌گیرد، سبب اتصال نشدن مناسب فاز نگهدارنده و فاز پرکننده می‌شود که در نتیجه مقاومت‌ها را کاهش می‌دهد [۲۱].

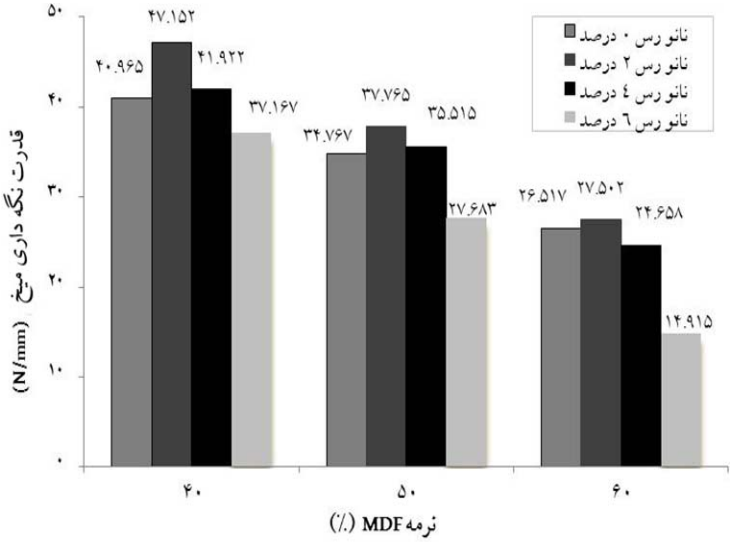
توان نگهداری میخ عمود بر سطح

نتایج حاصل از مقاومت به اتصال میخ نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت به اتصال میخ در چندسازه نانو رُس-نرمه MDF-پلی‌پروپیلن مربوط به ترکیب ۲ درصدی ذرات نانو رُس و سطح ۴۰ درصدی نرمه MDF است (۴۴/۴۸۵N/mm). کم‌ترین مقاومت مربوط به ترکیب ۶ درصدی ذرات نانو رُس و سطح ۶۰ درصدی نرمه MDF می‌باشد (۱۳/۹۱۵N/mm) (شکل ۸). نتایج Chowdhury و همکاران (۲۰۰۶) نیز بیشترین مقاومت مکانیکی آزمونه‌های آزمونی چندسازه های پلیمری تقویت‌شده با پرکننده ذرات نانو رُس را به هنگام استفادهٔ ۲ درصد وزنی نانو رُس نشان داد [۲۲]. در واقع غیرهمگونی و نسبت بالای سطح به حجم نانو رُس با مواد آلی در قابلیت تقویت‌کنندگی بالای ذرات نانو رُس سهیم است، به گونه‌ای‌که ذرات نانو رُس به عنوان تقویت‌کنندها موجب می‌شوند سطح مشترک بین دو فاز افزایش پیدا کند [۱۹]. علاوه بر این از آنجایی که سطح ذره نانو رُس، اصلاح و غیر قطبی شده، لذا با ماده زمینه غیر قطبی (پلی‌پروپیلن) پیوندهای شیمیایی از نوع واندروالسی، دو قطبی-دوقطبی لحظه تشکیل می‌دهد و در نتیجه موجب بهبود ویژگی های چسبندگی ماده زمینه به نانو ذره شده

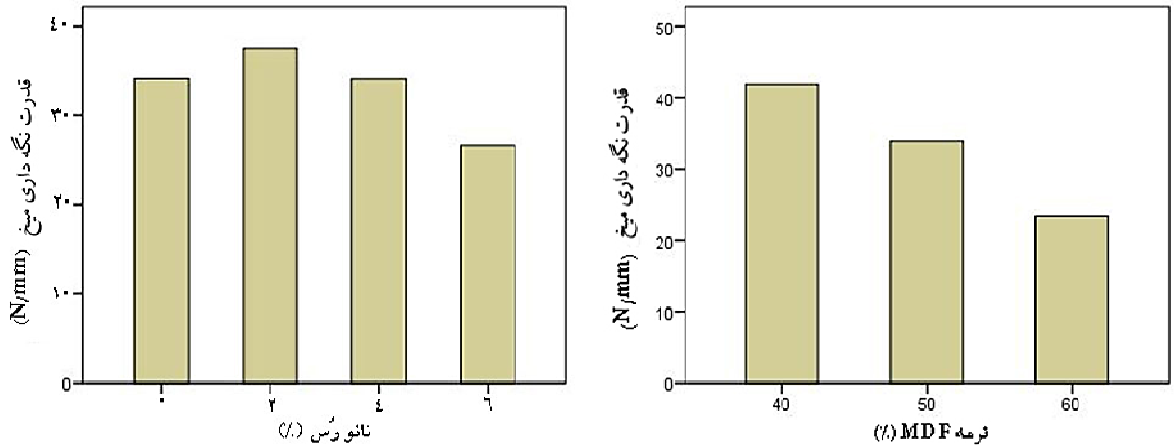
و سبب اصلاح و بهبود ویژگی های فیزیکی و مکانیکی می‌شود. به طور کلی بیشترین مقاومت‌ها در استفاده از ذرات نانو رُس به ترتیب در میزان ۲٪، ۴٪ و ۶٪ حاصل شدند. همچنین توان نگهداری میخ در سطوح مختلف نرمه MDF از بیشترین تا کم‌ترین میزان به ترتیب در سطح ۴۰٪، ۵۰٪ و ۶۰٪ حاصل شده است (شکل ۹). یعنی با افزایش درصد وزنی نرمه MDF، میزان توان نگهداری میخ کاهش پیدا کرده‌اند. در واقع به خاطر طبیعت غیر قطبی پلاستیک و طبیعت قطبی الیاف چوبی و عدم ایجاد اتصالات شیمیایی در مواد مرکب چوب-پلاستیک با مقادیر بالای پرکننده، پلاستیک نقش چسب را برای اتصال ذرات چوبی به هم ایفا می‌کند. همچنین در نتیجهٔ کاهش درصد پلاستیک، شمار و میزان اتصال ها نیز کاهش یافت که در نتیجه آن مقاومت‌های مکانیکی کاهش پیدا کرده‌اند [۲۰].



شکل۷- توان نگهداری پیچ حاصل از تیمارهای مختلف چندسازه نانو رُس-نرمه MDF-پلی‌پروپیلن



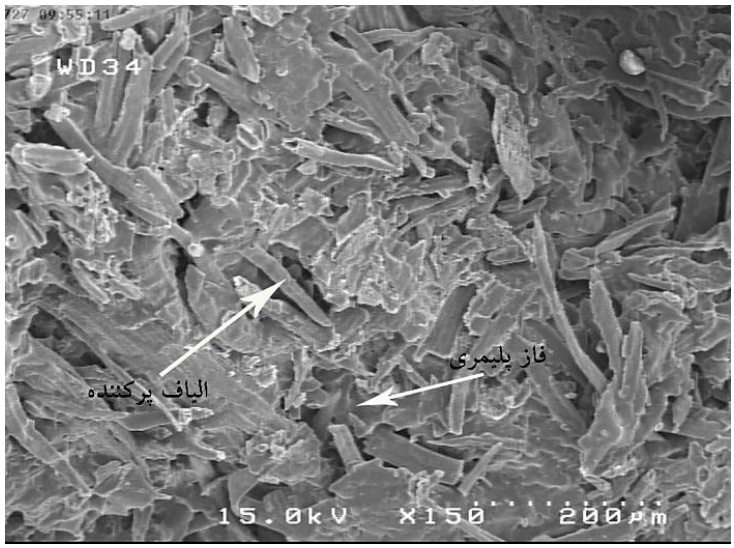
شکل ۸- توان نگهداری میخ حاصل از تیمارهای مختلف از چندسازه نانو رُس-نرمه MDF-پلی‌پروپیلن



شکل ۹- تاثیر مستقل مقدار نرمه MDF و میزان نانو رُس بر میزان توان نگهداری میخ

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اثر درصدهای مختلف ذرات نانو رُس و نرمه‌های تخته فیبر چگالی متوسط بر میزان توان نگه‌داری پیچ و میخ، و میزان جذب آب چندسازه نرمه MDF-پلی‌پروپیلن بررسی شد. نتایج تجزیه واریانس دوطرفه نشان داد هیچ‌گونه اثر متقابلی بین متغیرهای سطوح نرمه MDF و سطوح مختلف ذرات نانو رُس بر میزان توان نگه‌داری پیچ و میخ عمود بر سطح، جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌های آزمون‌ی وجود ندارد. با توجه به بررسی و آزمایش‌های انجام شده، نتایج نشان داد که استفاده از ذرات نانو رُس به میزان کم باعث افزایش خواص ماتریس شد، با این تفاوت که وزن محصول تولید شده افزایش چندانی نیافت. این مسئله به دلیل ایجاد اتصالات بسیار قوی بین صفحه های پخش شده با ابعاد نانو (ساختار دیواره‌ای ذرات نانو رس) و ماتریس پلیمر است [۱۵]. بیشترین توان نگهداری پیچ و میخ عمود بر سطح آزمونه‌های آزمونی در سطح ۲ درصد وزنی ذرات نانو رُس به‌دست آمد و به‌طور کلی عملکرد سطح ۲ درصد وزنی ذرات نانو رُس نسبت به دیگر سطوح بهتر بود و باعث افزایش مقاومت‌ها شد. نتایج جذب آب نیز نشان داد که با افزایش درصد وزنی ذرات نانو رُس، میزان جذب آب کاهش می‌یابد و در سطح وزنی ۶ درصد کمترین میزان جذب آب بدست آمد. بر پایه نتایج با افزایش سطوح وزنی نرمه‌های MDF از ۴۰ درصد به ۶۰ درصد، میزان جذب آب ۲ ساعت غوطه‌وری به میزان ۴ برابر افزایش یافت و این میزان در زمان ۲۴ ساعت غوطه‌وری، میزان ۳ برابر افزایش را نشان می‌دهد که از دلایل آن می‌توان بدین مورد اشاره کرد که چندسازه نرمه MDF-پلی‌پروپیلن در آغاز با سرعت بیشتری آب جذب می‌کنند و با گذشت زمان شتاب جذب آب کاهش می‌یابد تا این که در مدت زمان درازتر به بیشینه جذب آب و واکشیدگی ضخامت برسند. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که میزان کاهش توان نگهداری پیچ و میخ، و افزایش میزان جذب آب به طور مستقیم به کاهش چسبندگی بین الیاف و ماده ترموپلاستیک مصرفی مربوط می‌باشد. به همراه کاهش درصد پلاستیک، با توجه به ابعاد ریز و سطح ویژه بالای نرمه‌های MDF و نبود اختلاط مناسب آن در سطوح بالا با فاز زمینه، میزان اتصال های فاز پرکننده و فاز زمینه کاهش می‌یابد که در نتیجه آن مقاومت‌های مکانیکی کاهش، و میزان جذب آب افزایش می‌یابد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- تصویر FE-SEM از نمونه آزمونی سطح ۶۰ درصد وزنی نرمه MDF

با توجه به نتایج این تحقیق، لایه‌ای بودن ذرات نانو رُس موجب افزایش سطح مشترک در آزمونه‌های آزمونی شده و باعث افزایش مقاومت‌ها می‌شود. همچنین مشاهده های میکروسکوپی FE-SEM ساختار صفحه‌ای و لایه‌ای ذرات نانو رُس را نشان داد.

منابع

1- Anatole A.Klyosov .2007. Book, wood-plastic composite, published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.726 page.

2- Hetzer. M, D.De Kee. 2008. Wood/polymer/nanoclay composites, environmentally friendly sustainable technology: A review. Chemical engineering research and design. 86, 1083–1093

3- Sanadi, A. R., Caulfield, D. F., Rowell, R.M. 1994. Reinforcing polypropylene with natural fiber. Plastic Engineering. Vol. 1. No. 4. PP: 27-28

4- Morton, J. 2003 .Current and emerging application for natural and wood fiber composite, Presentation in the 7th international conference of wood fiber-plastic composite, Madison. May 19-20.

5- Valente, M. Sarasini, F. Marra, F. Tirillo, J. Pulci, G. 2011. Hybrid recycled glass fiber/wood flour thermoplastic composites: Manufacturing and mechanical characterization. Composites: Part A 42, 649–657

6- Kamal B. Adhikary, Shusheng Pang, Mark P. Staiger, 2008. Dimensional stability and mechanical behavior of wood–plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE)", Composites: Part B, 39. 807–815

7- Najafi, A., Maleki, A., Investigation of comparative mechanical properties of plastic-MDF dust and medium density board. The 1st National Conference on Modern Technologies of Wood and Paper, 2010. 79 page. (In Persian)

8- Marouf, T. Bagheri, R. 2007. Studies on the Mechanical Behavior of Epoxy-clay Nanocomposite. Iranian Journal of Polymer Science and Technology. 20 (1 (ISSUE NO.87)):59-64 (In Persian)

9- Kafashi. B. Pursang. F. Sonbolestan. S.E. 2006. Preparation of Polyurethane/Clay Nanocomposites: Investigating the Dispersion of Organoclays in PTMEG, Iranian Journal of Polymer Science and Technology, Vol. 20, No. 3, 247-255. (In Persian)

10- Nourbakhsh. A, Ashori. A., 2009, Influence of Nanoclay and Coupling Agent on the Physical and Mechanical Properties of Polypropylene/Bagasse Nanocomposite. Applied Polymer Science, Vol. 112, 1386–1390.

11- Chaharmahali, M., M. Tajvidi, S. Kazemi Najafi. 2008. Mechanical Properties of Wood Plastic Composite Panels Made From Waste Fiberboard and Particleboard, polymer composites, 606-610 pages.

12- Sheshmani. Sh, Ashori. A, Hamzeh. Y., 2010. Physical properties of polyethylene–wood fiber–clay nanocomposites. Journal of Applied Polymer Science. Volume 118, Issue 6, pages 3255–3259.
13- Bordes. P, Pollet. E, Avérous. L., 2009. Nano-biocomposites: Biodegradable polyester/nanoclay systems. Progress in Polymer Science 34, 125–155.
14- British Standard. Wood-plastics Composites (WPC) – Part 1: Test Methods for Characterization of WPC Materials and Products; 2007.
15- Esmizadeh, E., Naderi, G., Ghoreishy, M.H.R., Bakhshandeh, G.R.,2010, Effect of Mixing Conditions on Mechanical and Physical Properties of Nanocomposites Based on NBR/PVC/Nanoclay, Iranian Journal of Polymer Science and Technology, Vol. 23, No. 4, 293-304. (In Persian)
16- Kord. B, , 2010, Improvement of Practical Properties of Wood Polymer Composite with Nanoclay Particles, Journal of engineering materials, Vol 1 - No. 4. 369-377. (In Persian)
17- Madhoushi, M. Nadalizadeh,. H. Ansell, M. P. 2009. Withdrawal strength of fasteners in rice straw fibre-thermoplastic composites under dry and wet conditions, Polymer Testing, 28, 301–306
18- Mehrabzadeh, M., Kamal, M.R., 2009. Effects of Different Types of Clays and Maleic Anhydride Modified Polystyrene on Polystyrene/Clay Nanocomposites, Iranian Journal of Polymer Science and Technology, , Vol. 22, No. 2, 151-157. (In Persian)
19- Wu, Q., Lei, Y., Clemons, C.M., Yao, F., Xu, Y., and Lian, K. 2007. Properties of HDPE/Clay/Wood Nanocomposites, Journal of Plastic Technology 27(2), 108-115pp.
20- Ramtin. A.A, Karimi. A.N, Tajvidi. M., 2009, Study on mechanical properties of composite made from sander dust of particleboard-polypropylene, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 24(1(30)):58-68. (In Persian)
21- Samal, S.K., Nayak, S. Mohanty, S. 2008. Polypropylene Nanocomposites: Effect of organo-modified layered silicates on mechanical, thermal and morphological performance. Journal of Thermoplastic Composite Materials, Vol 8, No 2, 243-263pp.
22- Chowdhury, F.H, M.V, Hosur., S. Jeelani. 2006. Studies on the flexural and thermo mechanical properties of woven carbon/nanoclay-epoxy laminated Material Science and Engineering (421), 298-306.
23- Jowdar, E. Beheshty, M.H. Atai, M. 2011. Nano Clay Effect on Morphology, Mechanical Properties and Water Absorption of Vinyl Ester- Based Nanocomposites. Iranian Journal of Polymer Science and Technology. Vol. 24, No. 2, 83-92. (In Persian)
24- Khanjanzadeh, H. 2011. Investigation on feasibility of producing and physical and mechanical properties measurement of wood flour/nanoclay/polypropylene composite. M. Sc. Thesis, Department of Wood and Paper Engineering,, Gorgan University of agricultural sciences and natural resources, 102 pages.

Investigation on the withdrawal strength of screw, nail and water absorption of Nanoclay-MDF dust-PP composite

M. Madhoushi [1] and A. Chavooshi[*2]

Abstract

In this research, effects of using nanoclay on withdrawal strength of screw and nail and also water absorption of nanoclay-MDF dust-PP composite were investigated. Hence, sanding dust of MDF used as lignocellulose material and polypropylene as the thermoplastic material. Also, nanoclay of Cloisite® 15A was used in three different weights 2%, 4% and 6%. At first, raw materials were produced using extruder to fabricate granules. Then, 36 boards (12 treatments in 3 replicates) with nominal density of 1 gr/cm^3 and dimensions of 30 cm by 20 cm by 1 cm were produced using hot molding method. Afterwards, samples were conditioned at room temperature conditions for 3 weeks. Then, withdrawal strengths of nails and screws were measured according to BS Standard (CEN/TS15534–1:2007). Also, water absorption and thickness swelling of samples were determined. Results showed that the withdrawal strengths of nails and screws decreases as MDF dust weight is increased. Maximum withdrawal strengths of nails and screws were obtained with 2% of nanoclay. Furthermore, increasing percentage of dust weight as well as nanoclay particles water absorption and thickness swelling of samples are reduced.

Keywords: Nanoclay, MDF dust, Withdrawal strength of screw and nail, Water absorption.

[*] Corresponding author: Email: ArashChavooshi@hotmail.com