

## بررسی توان نگهداری پیچ و میخ و میزان جذب آب چندسازه نانو رُس-نرمه MDF-پلی پروپیلن

محراب مدهوشی<sup>۱</sup> و آرش چاوشی<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
<sup>۲</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد 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-نرمه MDF-پلی پروپیلن مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از نرمه سنباده زنی MDF به عنوان ماده لیگنوسولوزی و پلی پروپیلن به عنوان ماده ترموپلاستیک استفاده شد. همچنین نانو رُس Cloisite® 15A در سه سطح وزنی ۰.۲٪، ۰.۴٪ و ۰.۶٪ 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  $1 \text{ gr/cm}^3$  در ابعاد  $30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$  با استفاده از روش پرس گرم تهیه شده است. در ادامه آزمون‌های آزمونی (۳۶) تخته ساخته شده) برای تعادل رطوبتی به مدت ۳ هفته در محیط قرار گرفته‌اند. سپس به منظور بررسی ویژگی‌های 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) آزمون‌های آزمون کاهش پیدا کردند. بیشترین میزان مقاومت به اتصالات پیچ و میخ در سطح ۲ درصد وزنی ذرات نانو رُس به دست آمد. همچنین نتایج جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه‌های آزمون 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 واکنشیدگی ضخامت شد.

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

## مقدمه

تخته‌های چندسازه چوب-پلاستیک (WPC<sup>1</sup>) فرآورده-های قالبی با اکستروود 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 دهه 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 در آمریکای شمالی و اروپا از ۵۰۰۰۰ 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 (آمریکا 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 ویژگی‌های 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 ویژگی‌های 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 بررسی‌ها 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 [۱۰، ۱۳، ۱۸، ۲۰، ۱۱]. 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 بررسی‌های رفتار رئولوژیکی عمیق‌تر محصول دارد. از دیدگاه صنعتی آنچه باعث جلب توجه بسیاری از صنایع به این موضوع شده، بهبود چشمگیر ویژگی‌های پلیمرها است. در مورد نانو چندسازه‌های پلیمری بهبود قابل توجه ویژگی‌ها 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 برتری‌های یاد شده، نفوذپذیری کمی در برابر آتش و

<sup>1</sup> Wood-Plastic Composite

ساری تهیه شدند. از پلی پروپیلن درجه V30S به عنوان ماده ترموپلاستیک با شاخص مذاب  $10 \text{ g}/18$  از صنایع پتروشیمی اراک تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. از ذرات نانو رُس محصول کارخانه "Southern Clay" آمریکا با مشخصات Cloisite® 15A (مونت موریلونیت) از نوع Intercalated در سه سطح وزنی ۲٪، ۴٪ و ۶٪ به عنوان ماده افزودنی (تقویت کننده) برای بررسی توان نگهداری انفصالی اتصال های پیچ و میخ و میزان جذب آب چندسازه نانو رُس-نرمه MDF-پلی پروپیلن استفاده شد. این خاک رُس اصلاح شده، با واکنش تبادل یون بین مونت موریلونیت سدیم دار و یون های چهارگانه آمونیوم کلرید<sup>۱</sup> اصلاح شده است. همچنین از مالئیک اندرید پیوند داده شده با پلی پروپیلن (MAPP) به میزان ۴٪ وزنی به عنوان عامل جفت کننده 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).

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 ملاحظه ای افزایش می دهند. ایجاد این ویژگی ها به دلیل وجود سطح برهم کنش فیزیکی بزرگ نانو پرکننده و زمینه پلیمری است که سبب می شود سطح تماس نانو با ماده زمینه بیشتر شود [۹]. Ashori و Nourbakhsh (۲۰۰۹) در تحقیقی به بررسی تاثیر ذرات نانو رُس و عامل جفت کننده مالئیک اندرید پیوند داده شده با پلی پروپیلن (MAPP) در نانو چندسازه آرد باگاس-پلی پروپیلن پرداختند که نتایج نشان داد با افزایش میزان نانو رُس در چندسازه، جذب آب نمونه ها کاهش پیدا می کند و در ۴٪ وزنی ذرات نانو رُس کم ترین میزان جذب آب حاصل می شود [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 می دهد 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 پلی اتیلن-آرد چوب-نانو رُس پرداختند که نتایج نشان دادند با افزایش نانو رُس و MAPE پایداری ابعاد و جذب آب چندسازه یاد شده بهبود می یابد [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-پلی پروپیلن پرداخته شده است.

## مواد و روش ها

### مواد

ماده لیگنوسلولزی مورد استفاده در این پژوهش نرمه MDF حاصل از سنباده زنی سطح تخته های MDF می باشد که از کارخانه آراین سینا واقع در شهرک صنعتی

<sup>۱</sup> 2M2HT: dimethyl, dihydrogenated tallow, quaternary ammonium

جدول ۱- مشخصات تیمارها و سطوح متغیر

تیمار	( $g/cm^3$ چگالی)	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

#### اختلاط مواد اولیه

چگالی اسمی نمونه‌ها  $1 g/cm^3$  در نظر گرفته شد و مواد آماده شده برای هر تیمار با استفاده از ترازوی آزمایشگاهی با دقت  $0.001$  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.

#### آماده سازی نرمه MDF

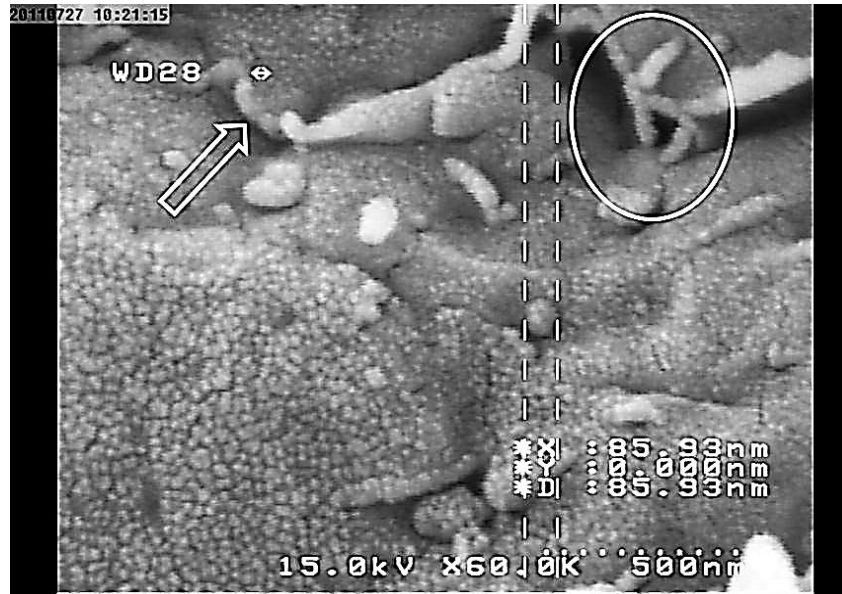
پس از تهیه نرمه‌ها، به منظور رسیدن رطوبت آن‌ها به رطوبت مورد نظر، به مدت ۲۴ ساعت با دمای  $20^{\circ}C$  در  $100 \pm$  در آون قرار گرفتند و سپس در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شدند. نرمه‌های MDF به همان صورت که از کارخانه تهیه شده بودند پس از عبور دادن از مش ۸۰ برای جدا کردن ذرات بزرگ و پسماندهای دیگر، مورد استفاده قرار گرفتند.

#### آماده سازی ذرات نانو رُس

ذرات نانو رُس پیش از تولید چندسازه مورد نظر به مدت ۲۴ ساعت با دمای  $20^{\circ}C \pm 100$  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
$13 \mu m$	$6 \mu m$	$2 \mu m$



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 رس-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 ویژگی‌های مکانیکی از دستگاه INSTRON-4486 استفاده شده است. ابعاد آزمونه‌ها برای بررسی میزان جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت ۵cm×۵cm×۱cm در نظر گرفته شده بود. برای ارزیابی میزان جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت آزمونه‌های آزمونی از رابطه شماره (۱) و (۲) استفاده شد.

رابطه ۱:

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

رابطه ۲:

$$100 \times \frac{(\text{ضخامت خشک ضخامت پس از روی شعله})}{\text{ضخامت خشک}} = \text{درصد واکنش‌دهی ضخامت}$$

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده

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

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 نمونه‌های آزمون‌ی کاهش می‌یابند [۱۰، ۱۲].

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

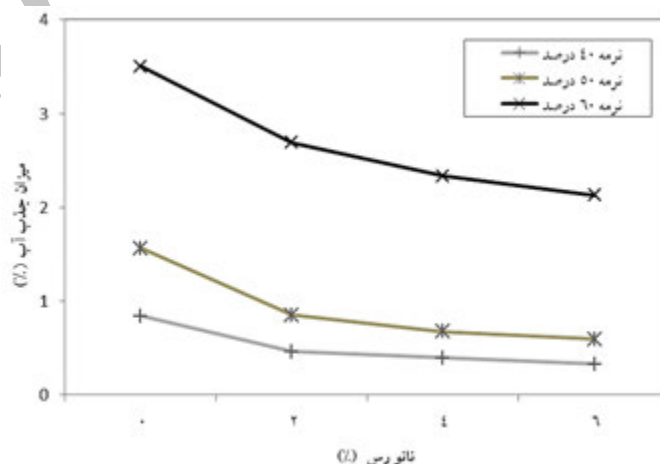
با توجه به شکل شماره (۲) و (۳) مشخص است که با افزایش درصد وزنی ذرات نانو رُس در نمونه‌های آزمون‌ی، میزان جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت نمونه‌ها کاهش پیدا کرده است. کم‌ترین میزان جذب آب به نمونه‌های با ۶ درصد

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
نرمه MDF	۲	۶۲/۸۹۷	۳۱/۴۴۸	۲۴۲/۱۲۶	۰/۰۰۰***
نانو رُس	۳	۹/۶۹۹	۳/۲۳۳	۳/۳۰۵	۰/۰۰۰***
نرمه MDF * نانو رُس	۶	۱/۳۴۰	۰/۲۲۳	۰/۲۲۸	۰/۸۷۲ <sup>NS</sup>
رُس	۶۰	۵۸/۶۹۰	۰/۹۸۷	۲/۱۲۰	۰/۹۶۶ <sup>NS</sup>
خطا	۷۱				
کل					

\* معنی داری در سطح ۵ درصد، NS عدم معنی داری

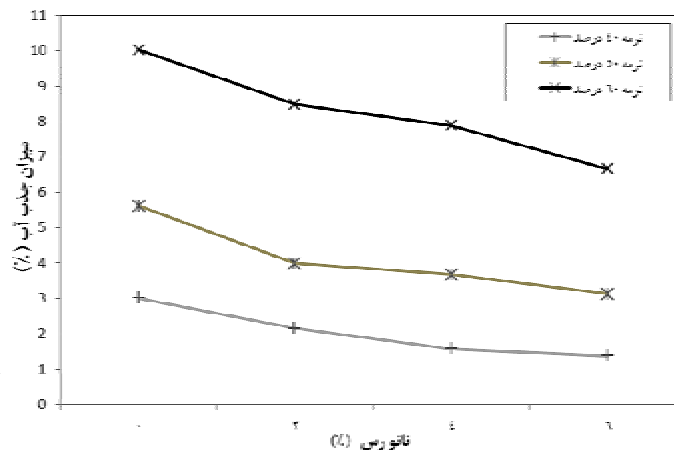
\*\* معنی داری در سطح ۱ درصد



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

می‌باشد. در نتیجه با افزایش درصد وزنی نرّمه‌های 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 می‌شود [۲۴]. بنابراین در سطوح بالاتر درصد وزنی نرّمه MDF، میزان جذب آب بالاتر بوده و بیشترین جذب در سطوح ۶۰ درصد وزنی نرّمه MDF و کمترین جذب آب در سطوح ۴۰ درصد وزنی نرّمه MDF حاصل می‌شود.

کمترین میزان جذب آب مربوط به آزمون‌های آزمونی ساخته شده با ترکیب ۴۰ درصد وزنی MDF می‌باشند. همان‌طور که در شکل شماره (۳) قابل دیدن است میزان جذب آب در ۶۰ درصد وزنی نرّمه 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 نرّمه MDF و سطوح ۴۰ درصدی نرّمه 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



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

که با افزایش درصد وزنی ذرات نانو رس مقادیر واکنش‌دهی ضخامت آزمون‌های آزمون کاهش پیدا کرده است که کمترین میزان مربوط به سطح ۶ درصدی ذرات نانو رس می‌باشد. همچنین با افزایش مقادیر نرّمه‌های MDF از ۴۰ درصد وزنی به ۵۰ و ۶۰ درصد، میزان واکنش‌دهی ضخامت افزایش پیدا کرده است.

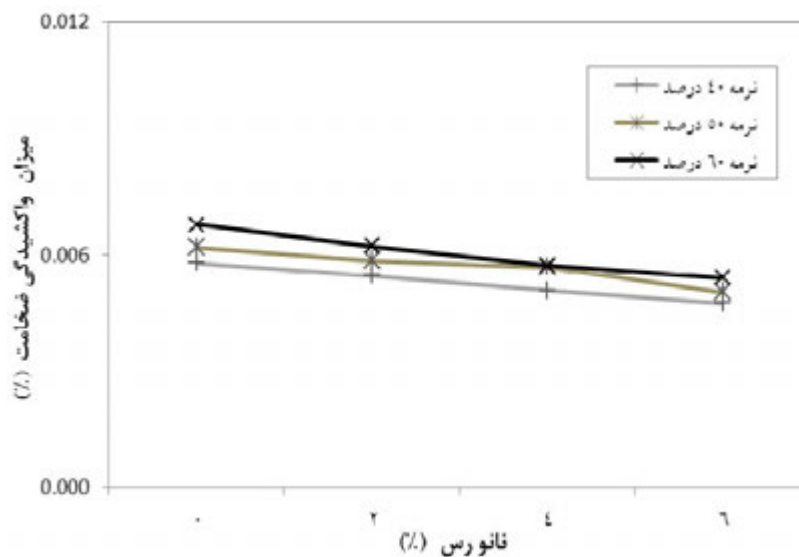
نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش درصد وزنی ذرات نانو رس میزان جذب آب و واکنش‌دهی ضخامت نمونه‌های آزمون کاهش یافتند. در واقع ورود ذرات نانو رس در بین زنجیره‌های پلیمر بسیاری از فواصل و مکان‌هایی را که امکان نفوذ و اقامت آب وجود دارد را پر می‌کند و در نتیجه کاهش میزان جذب آب و افزایش زمان رسیدن به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

### واکنش‌دهی ضخامت

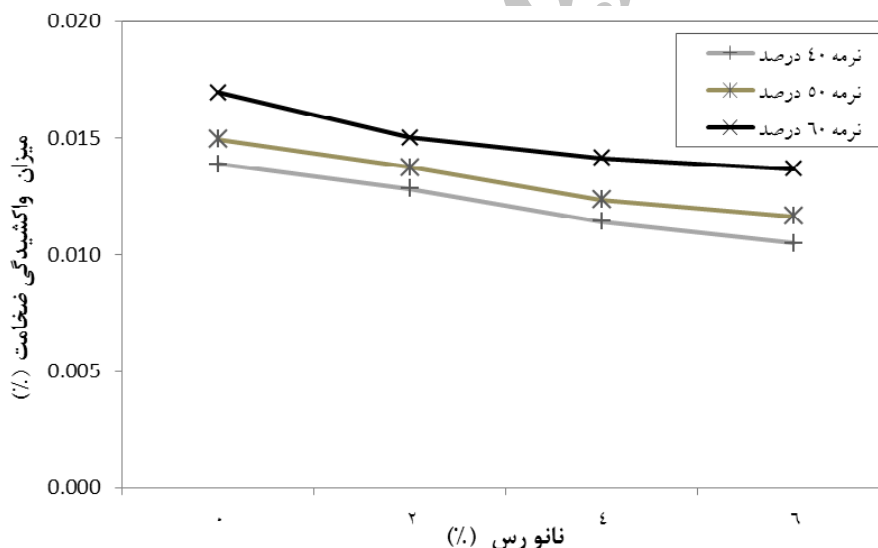
مقادیر واکنش‌دهی ضخامت در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. با توجه به شکل شماره (۴) قابل دیدن است که با افزایش مقادیر ذرات نانو رس، واکنش‌دهی ضخامت آزمون‌های آزمون کاهش پیدا کرده است. این کاهش در سطح ۶ درصد وزنی نانو رس کمترین میزان واکنش‌دهی ضخامت را دارد. نتایج نوربخش و عشوری (۲۰۰۹)، نیز نشان داده‌اند که با افزایش درصد وزنی ذرات نانو رس میزان واکنش‌دهی ضخامت آزمون‌های آزمون کاهش می‌یابند [۱۰]. تغییرات واکنش‌دهی ضخامت در حالت غوطه‌وری ۲۴ ساعت در آب نسبت به حالت ۲ ساعت غوطه‌وری مشهودتر است. با توجه به شکل شماره (۵) مشخص است

می‌شوند، که این امر موجب به تعویق انداختن نفوذ آب به درون چندسازه می‌شود [۱۶].

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 زمینه پلیمری



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



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

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 نانورُس استحکام نسبت به ۲ درصد وزنی کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد، ذرات خاک رس باعث تمرکز تنش شده و توان نگهداری پیچ و میخ را نسبت به نمونه

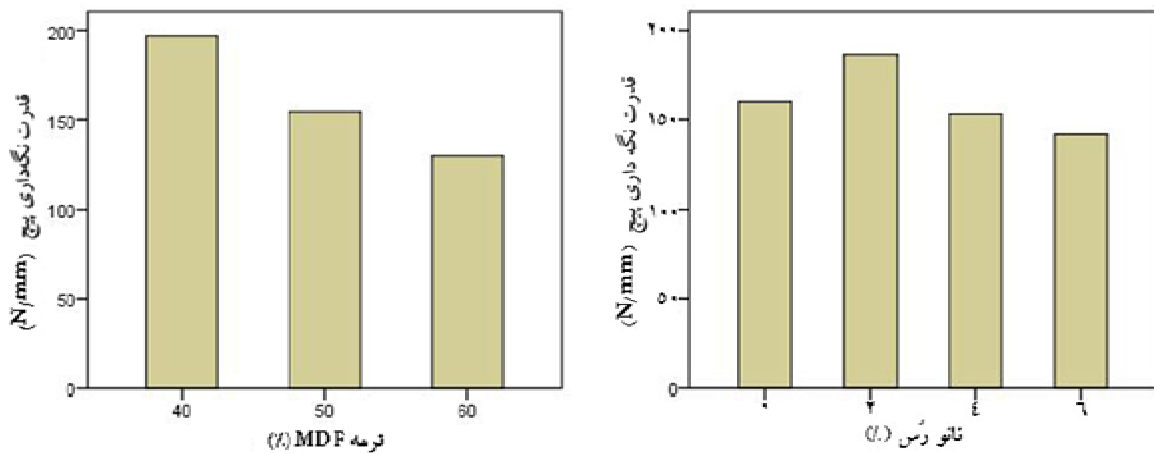
### توان نگهداری پیچ عمود بر سطح

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 نانورُس



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).

۲ درصد کاهش می‌دهد. همچنین کاهش مقاومت در درصدهای زیاد نانو رُس می‌تواند در اثر افزایش مهارهای بین قطعه‌های 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



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

نرمه MDF-پلی‌پروپیلن مربوط به ترکیب ۲ درصدی ذرات نانو رُس و سطح ۴۰ درصدی نرمه MDF است (۴۴/۴۸۵ N/mm). کمترین مقاومت مربوط به ترکیب ۶۰ درصدی ذرات نانو رُس و سطح ۶۰ درصدی نرمه MDF می‌باشد (۱۳/۹۱۵ N/mm) (شکل ۸). نتایج Chowdhury و همکاران (۲۰۰۶) نیز بیشترین مقاومت مکانیکی آزمون‌های آزمون‌های چندسازه‌های پلیمری تقویت‌شده با پرکننده ذرات نانو رُس را به هنگام استفاده 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 گونه‌ای که ذرات نانو رُس به عنوان تقویت‌کننده 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 ویژگی‌های چسبندگی ماده زمینه به نانو ذره شده

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 استفاده ۲ درصدی از ذرات نانو رُس و کمترین مقاومت در استفاده 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].

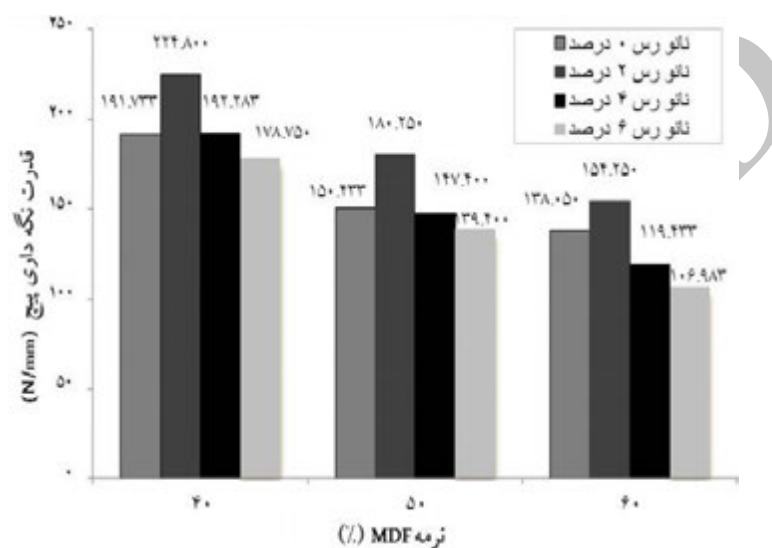
#### توان نگهداری میخ عمود بر سطح

نتایج حاصل از مقاومت به اتصال میخ نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت به اتصال میخ در چندسازه نانو رُس-

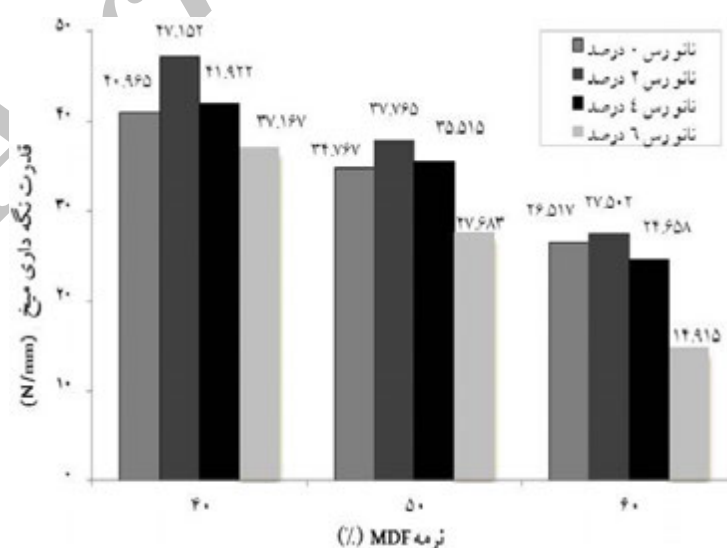
طبیعت غیر قطبی پلاستیک و طبیعت قطبی الیاف چوبی و عدم ایجاد اتصالات شیمیایی در مواد مرکب چوب-پلاستیک با مقادیر بالای پرکننده، پلاستیک نقش چسب را برای اتصال ذرات چوبی به هم ایفا می‌کند. همچنین در نتیجه کاهش درصد پلاستیک، شمار و میزان اتصال ها نیز کاهش یافت که در نتیجه آن مقاومت‌های مکانیکی کاهش پیدا کرده‌اند [۲۰].

و سبب اصلاح و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی می‌شود. به طور کلی بیشترین مقاومت‌ها در استفاده از ذرات نانو رُس به ترتیب در میزان ۰٫۲٪، ۰٫۴٪ و ۰٫۶٪ حاصل شدند. همچنین توان نگهداری میخ در سطوح مختلف نرمه MDF از بیشترین تا کم‌ترین میزان به ترتیب در سطح ۰٫۴۰٪، ۰٫۵۰٪ و ۰٫۶۰٪ حاصل شده است (شکل ۹).

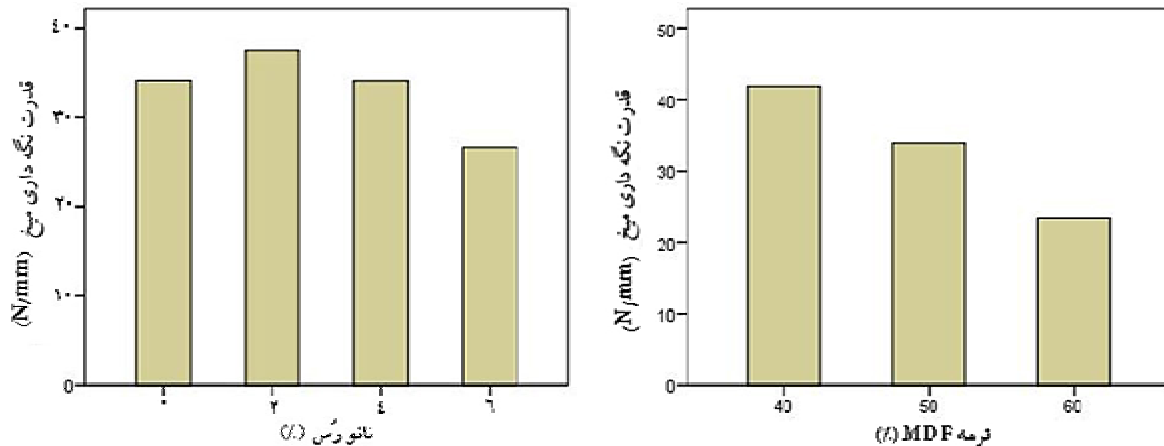
یعنی با افزایش درصد وزنی نرمه MDF، میزان توان نگهداری میخ کاهش پیدا کرده‌اند. در واقع به خاطر



شکل ۷- توان نگهداری پیچ حاصل از تیمارهای مختلف چندسازه نانو رُس-نرمه MDF-پلی پروپیلن



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

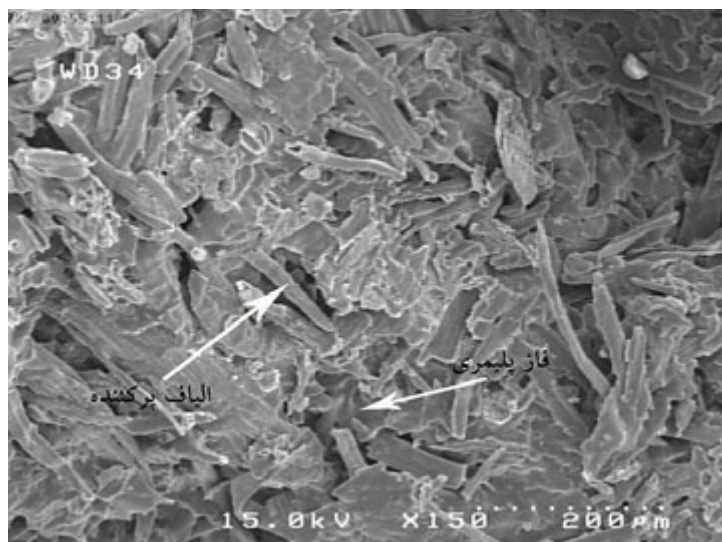


شکل ۹- تاثیر مستقل مقدار نرمه MDF و میزان نانو رُس بر میزان توان نگهداری میخ

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 می‌کند و با گذشت زمان شتاب جذب آب کاهش می‌یابد تا این که در مدت زمان درازتر به بیشینه جذب آب و واکنشیدگی 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 اتصال‌های فاز پرکننده و فاز زمینه کاهش می‌یابد که در نتیجه آن مقاومت‌های مکانیکی کاهش، و میزان جذب آب افزایش می‌یابد (شکل ۱۰).

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اثر درصدهای مختلف ذرات نانو رُس و نرمه‌های تحت 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 متقابل بین متغیرهای سطوح نرمه MDF و سطوح مختلف ذرات نانو رُس بر میزان توان نگهداری پیچ و میخ عمود بر سطح، جذب آب و واکنشیدگی 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 صفحه‌های 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 به‌دست آمد. بر پایه نتایج با افزایش سطوح وزنی نرمه‌های MDF از ۴۰ درصد به ۶۰ درصد،



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

میکروسکوپی FE-SEM ساختار صفحه‌ای و لایه‌ای ذرات نانو رُس را نشان داد.

با توجه به نتایج این تحقیق، لایه‌ای بودن ذرات نانو رُس موجب افزایش سطح مشترک در آزمون‌های آزمونی شده و باعث افزایش مقاومت‌ها می‌شود. همچنین مشاهده‌های

#### 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<sup>1</sup> and A. Chavooshi<sup>\*2</sup>

### 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<sup>3</sup> 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