

بررسی امکان استفاده از نانو زایکوسیل و نانورس سدیم مونت موریلونیت برای کاهش جذب آب در MDF

رضا زاهدشیجانی^۱، هادی غلامیان^{۲*}

۲۰۱- کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

در این مطالعه، امکان استفاده از نانومواد زایکوسیل و رس برای کاهش جذب آب تخته فیبر با تراکم (دانسیته) متوسط (MDF) مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، یک گروه از تخته فیبرها با نانوزایکوسیل پوشش داده شد و در گروه دیگر از نانورس در فرآیند تولید و ساخت تخته فیبر استفاده شد. سپس جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته فیبرها مورد ارزیابی قرار گرفت. برای شناسایی ساختار تخته فیبر، از آزمون پراش اشعه ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده شد. نتایج آزمون‌های مختلف، تأثیر بهینه نانوزایکوسیل بر ویژگی‌های مقاومت به جذب آب تخته فیبر را نشان دادند. نانوزایکوسیل جذب آب را به میزان ۹۰ درصد کاهش داد بدین جهت که نانوزایکوسیل توانست سطح تخته فیبر را اصلاح کرده و به آن ویژگی آب‌گریزی بخشد. درباره تأثیر نانورس، تصاویر میکروسکوپ الکترونی و نیز آزمون XRD، پخش‌شدگی و لایه‌لایه شدن مناسب نانورس را در تخته فیبر اصلاح شده تأیید نمودند. جذب آب با افزایش میزان نانورس کاهش یافت. نانورس تأثیری بر واکنشیدگی ضخامت نداشت.

واژه‌های کلیدی: تخته فیبر با تراکم (دانسیته) متوسط (MDF)، نانوزایکوسیل، نانورس، جذب آب.

* مسئول مکاتبات: هادی غلامیان Email: Hadi_gholamiyan@yahoo.com

مقدمه

به کار رفته بر روی سطوح نمونه‌ها، سیلر و کیلر مقاومت بیشتری به جذب آب و نفوذ گاز از خود نشان دادند. پوشش‌دهی چوب با نانوذرات زایکوسیل و زایکوفیل در بهبود مقاومت چوب به جذب آب و نفوذ گاز موثر بود و در این بین، نانوذرات زایکوسیل عملکرد بهتری داشتند. تحقیقاتی نیز در زمینه استفاده از نانوپرکننده‌ها^۴ برای بهبود ویژگی‌های رزین‌های به کار رفته در صنعت چوب، در جهت افزایش کیفیت فرآورده‌های تولیدی انجام گرفته است. از جمله Lei و همکاران [۹] ضمن بررسی‌های خویش به این نتیجه رسیدند که استفاده از میزان ناچیزی از نانورس سدیم مونت‌موریلونیت می‌تواند عملکرد رزین اوره فرمالدئید را بهبود بخشد.

آنان از این نوع نانورس به صورت مخلوط با رزین اوره فرمالدئید در ساخت تخته خرده‌چوب و تخته لایه استفاده نمودند. نتایج نشان داد که استفاده از نانورس تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد رزین مورد استفاده در ساخت تخته لایه و تخته خرده‌چوب داشته، به طوری که باعث بهبود گیرایی رزین اوره فرمالدئید شده و مقاومت به آب تخته‌ها و همچنین چسبندگی درونی تخته خرده‌چوب را افزایش می‌دهد. همچنین، Hua و همکاران [۱۰] چگونگی آماده‌سازی و ویژگی‌های نانوجندسازهای چوب- نانورس را بررسی نمودند. در این بررسی چوب نراد چینی با نانورس مونت‌موریلونیت به کمک رزین فنول فرمالدئید اصلاح شد. نتایج نشان داد که رزین فنول- فرمالدئید به خوبی در درون لایه‌های نانورس نفوذ کرده و ساختار لایه‌لایه^۵ را در آن پدید آورده و تأثیر آن را در اصلاح چوب افزایش می‌دهد. همچنین آزمون پراش اشعه ایکس نشان داد که مقداری از نانورس لایه‌لایه شده، درون سلول‌های چوبی نفوذ کرده و درجه بلوری شدن (کریستالیت) آن را کاهش می‌دهد. Qiao et al. و همکاران [۱۱] ویژگی‌ها رزین اوره فرمالدئید اصلاح شده با نانوسیلیکا (به عنوان پرکننده) را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند هنگامی که نانوسیلیکا به رزین اوره فرمالدئید اضافه می‌شود، ویژگی‌های رزین بهبود

تخته فیبر با تراکم متوسط^۱ به طور گسترده‌ای در ساخت مبلمان، کابینت آشپزخانه و قطعه‌های در و پنجره استفاده می‌شود. همچنین، به علت سطوح نرم و با ثبات آن، برای ساخت چیدمان (دکوراسیون) چوبی مناسب می‌باشد. ظرفیت تولید جهانی این فرآورده به ۶۴/۹ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۹ رسیده است [۱]. آینده این فرآورده به تلاش برای بهبود عملکرد، تحت شرایط مصرف و نیز کاهش هزینه‌های تولید با بهینه‌سازی فرآیند تولید آن بستگی دارد. با پیشرفت‌های بیشتر، مانند بهبود مقاومت به جذب رطوبت، می‌توان به رشد تولید بیشتر این محصول امیدوار بود. تخته فیبر با تراکم متوسط، ماده‌ای رطوبت‌پذیر می‌باشد. ورود رطوبت در این تخته‌ها باعث تغییر شکل آن‌ها و در نتیجه تأثیر منفی روی عملکرد فرآورده‌های نهایی مانند کابینت‌های آشپزخانه و مبلمان و افزایش پسماندهای کارگاه‌های نجاری می‌شود [۲]. فناوری‌های جدید، از جمله نانوتکنولوژی، آینده فرآورده‌های چوبی را در جهت بهبود عملکردشان شکل خواهد داد. نانوتکنولوژی یک فرصت بزرگ برای صنعت محصولات چوبی در جهت توسعه فرآورده‌های جدید می‌باشد. نانوتکنولوژی به دنبال توسعه مواد و ساختارهایی است که به طور معنی‌داری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن‌ها را با اندازه کوچک ساختارهای نانو بهبود بخشد [۳ و ۴]. در سال‌های اخیر، تحقیقات معدودی در زمینه استفاده از نانومواد^۲ برای پوشش‌دهی چوب و فرآورده‌های آن در جهت بهبود ویژگی‌های فیزیکی آنها انجام شده است [۵-۷]. غلامیان و طارمیان [۸] نیز تأثیر پرداخت و رنگ‌کاری بر روی چوب تبریزی (*P. nigra*) با رنگ‌های نیم پلی‌استر، سیلر، کیلر و نیز نانوذرات زایکوسیل و زایکوفیل را بر فرآیند انتقال سیال در چوب مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور، ضریب جذب آب به کمک آزمون رایلم^۳ و نیز ضریب نفوذپذیری گازی نمونه‌های چوبی محاسبه شد. در میان انواع پوشش‌های

^۱ Medium Density Fiberboard (MDF)^۲ Nanomaterial^۳ Rilem test^۴ Nanofiller^۵ Exfoliated structure

چگونگی نمونه برداری

برای آزمون رایلم که آزمونی برای تعیین جذب آب نمونه می باشد، از هر تیمار پنج نمونه استوانه‌ای شکل به قطر ۲۵ و طول ۱۶ میلی‌متر در جهت عمود بر سطح تخته‌ها و در مورد آزمون‌های جذب آب و واکنشیدگی در ضخامت، تعداد پنج نمونه از هر تیمار به ابعاد 50×50 میلی‌متر، به صورت تصادفی از هر تیمار تهیه شد. برای یکسان سازی رطوبت همه نمونه‌ها در اتاق شرایط ثابت (کلیما) در رطوبت نسبی $5 \pm 65\%$ و دمای 1 ± 20 درجه سلسیوس به مدت دو هفته نگهداری شدند.

نانومواد و چگونگی افزودن آنها به تخته‌ها

در این بررسی از نانوزایکوسیل و نانورس سدیم مونت-موریلونیت به ترتیب تولیدی شرکت زیدکس هندوستان و تولیدات رس جنوبی آمریکا استفاده شد. ویژگی‌های اصلی این نانومواد در جدول ۱ ارائه شده است. برای پوشش‌دهی نانوزایکوسیل بر روی سطوح، از دستگاه فیلم‌کش «Sheen-10.0» ساخت کشور انگلستان استفاده شد. میزان ضخامت فیلم بر سطوح نمونه‌ها ۲۵۰ میکرون و سرعت فیلم‌کش هم ۱۵ میلی‌متر در ثانیه ثبت شد. در مورد نانورس، رزین و پودر نانورس به کمک یک دستگاه هم‌زن مکانیکی به مدت شش دقیقه در دمای اتاق مخلوط شدند و سپس از این رزین دارای نانورس، برای تولید تخته استفاده شد. چگونگی کدگذاری تیمارهای در جدول ۲ ارائه شده است.

می‌یابد. سپس از رزین اوره فرمالدئید اصلاح شده با ۱٪ نانوسیلیکا، تخته‌لایه، تخته خرده‌چوب و تخته فیبر با تراکم متوسط تهیه شد. ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آنها بیشتر از میزان استاندارد بود و آزادسازی فرمالدئید آزاد به درجه استاندارد E1 رسید. هدف این بررسی ارزیابی تأثیرگذاری نانوزایکوسیل و نانورس برای بهبود مقاومت به جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته فیبر با تراکم متوسط می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ساخت تخته

برای ساخت تخته‌ها، از الیاف چوب درختان باغی و جنگلی تهیه شده توسط کارخانه تولید تخته فیبر با تراکم متوسط آراین سینا مازندران استفاده شد. برای اتصال الیاف به یکدیگر از رزین اوره‌فرمالدئید (با ۶۰ درصد مواد جامد) به میزان ۱۰ درصد وزن خشک الیاف و ۲ درصد سخت‌کننده (کلرید آمونیوم) استفاده شد. دیگر عوامل تولید تخته شامل دمای پرس در سطح ۱۷۵ درجه سلسیوس، فشار پرس به میزان ۳۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، زمان پرس به میزان ۶ دقیقه و نیز رطوبت یک الیاف در سطح ۱۰ درصد بودند. این صفحه‌های فشرده چوبی با ابعاد $16 \times 40 \times 40$ میلی‌متر به کمک یک دستگاه پرس گرم الکتریکی در گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران تولید شدند. عوامل متغیّر در نظر گرفته شده در این بررسی عبارت بودند از:

- ۱- تراکم تخته‌ها در دو سطح $0/65$ و $0/75$ گرم بر سانتی‌متر مکعب.
- ۲- نوع نانومواد به کار رفته که شامل نانوزایکوسیل و نانورس سدیم مونت موریلونیت بودند.
- ۳- میزان نانومواد استفاده شده که نانو زایکوسیل به ضخامت ۲۵۰ میکرون برای پوشش سطحی نمونه‌های تخته فیبر تولیدی استفاده شد و نانورس در دو سطح $2/5$ و ۵ درصد بر پایه وزن خشک رزین به آن برای تولید تخته‌ها اضافه شد.

جدول ۱- ویژگی‌های نانومواد به کار رفته.

نانورس		نانوزایکوسیل	
مقدار	ویژگی	مقدار	ویژگی
۲/۸۶	تراکم (g/cm^3)	۱/۷	تراکم (g/cm^3)
۲-۱۳ میکرومتر	اندازه ذرات	۴-۶ نانومتر	اندازه ذرات
۴-۹	رطوبت (%)	آب	نوع حلال
استفاده نشد	نوع اصلاح‌کننده آلی	۳-۵ میلی‌متری یا بیشتر	عمق نفوذ

جدول ۲- کدگذاری تیمارها برپایه تراکم تخته‌ها، نوع و میزان نانوماده به کار رفته.

شماره	کد تیمار	دانسیته تخته (g/cm^3)	نوع نانوماده	میزان نانوماده
۱	A	۰/۶۵	-	-
۲	ANZ	۰/۶۵	نانوزایکوسیل	۲۵۰ ^۲
۳	ANC(2.5)	۰/۶۵	نانورس	۲/۵٪
۴	ANC(5)	۰/۶۵	نانورس	۵٪
۵	B	۰/۷۵	-	-
۶	BNZ	۰/۷۵	نانوزایکوسیل	۲۵۰ ^۲
۷	BNC(2.5)	۰/۷۵	نانورس	۲/۵٪
۸	BNC(5)	۰/۷۵	نانورس	۵٪

^۱ نمونه شاهد، ^۲ ضخامت پوشش سطح نمونه بر حسب میکرون

اندازه‌گیری جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت
 این دو آزمون بر پایه استاندارد اروپایی «EN 317» بر روی نمونه‌های تخته فیبر صورت پذیرفت. نمونه‌ها پس از تعیین جرم اولیه برای آزمون جذب آب و نیز تعیین ضخامت اولیه برای آزمون واکنش‌پذیری ضخامت، درون آب مقطر قرار داده شده و درصد جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت آنها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری محاسبه شد.

اندازه‌گیری ضریب جذب آب به کمک آزمون رایلم
 پس از پوشش‌دهی نمونه‌ها با نانو زایکوسیل، سطوح جانبی نمونه‌ها با چسب سیلیکون پوشش داده شد تا نفوذ مایع تنها در جهت عمود بر سطح رخ دهد. سپس نمونه‌های استوانه‌ای شکل درون دستگاه اندازه‌گیری ضریب جذب آب یا آزمون رایلم [۱۲] قرار گرفتند و میزان جذب آب طی مدت یک ساعت، برابر با استاندارد «ASTM E 514» بررسی شد. پس از نصب نمونه استوانه‌ای بر روی دستگاه و پرکردن لوله رایلم با مایع (آب مقطر)، میزان جذب آب بر حسب میلی‌لیتر بر ساعت در جهت عمود بر سطح اندازه‌گیری شد.

آزمون پراش اشعه ایکس^۱

برای پی بردن به انتشار مناسب نانورس در رزین و تخته‌های ساخته شده و تأثیر نانورس در بهبود کیفیت تخته‌ها، از آزمون پراش اشعه ایکس استفاده شد. از این رو، نیمرخ (پروفیل) پراش اشعه ایکس نانورس و نیز تخته‌های تولیدی به کمک دستگاه « RINT-2000 diffract meter » ساخت شرکت ریگاکو ژاپن با ولتاژ ۴۰ کیلوولت و جریان ۲۰ میلی‌آمپر با استفاده از ماده پرتوافکن «CuKα» با طول موج ۱/۵۴۰۷۳ آنگستروم در سرعت اسکن ۰/۰۰۲ درجه در هر ثانیه و در محدوده ۳ تا ۱۲ درجه نمایان شد. با انجام این آزمون، می‌توان فاصله بین صفحه‌های کریستالی^۲ نانورس را از قانون براگ (۱) به دست آورد [۱۳]:

$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (1)$$

که d فضای مابین صفحه‌های کریستالی نانورس، θ نصف زاویه پراش نور (زاویه برخورد پرتو تابشی به صفحه اتمی)، n یک عدد صحیح است که به طور معمول ۱ در نظر گرفته می‌شود و λ که ۱/۵۴۰۷۳ آنگستروم (طول موج اشعه ایکس) می‌باشد.

میکروسکوپ الکترونی روبشی

در این پژوهش، از میکروسکوپ الکترونی روبشی انتشار میدانی^۳ ساخت شرکت جنول ژاپن با ولتاژ ۵ کیلوولت برای بررسی پخش نانورس درون نمونه‌های تخته فیبر با تراکم متوسط استفاده شد. برای این منظور، یک لایه خیلی نازک از تخته در برگیرنده نانورس آماده شد. سپس این لایه در خلاء خشک و با پلاتینیوم پوشیده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به دست آمده با تجزیه واریانس یک عاملی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن طبقه بندی و تأثیر عامل متغیر بر

ویژگی‌های مورد ارزیابی در سطح اعتماد ۹۵ درصد مورد بحث قرار گرفت.

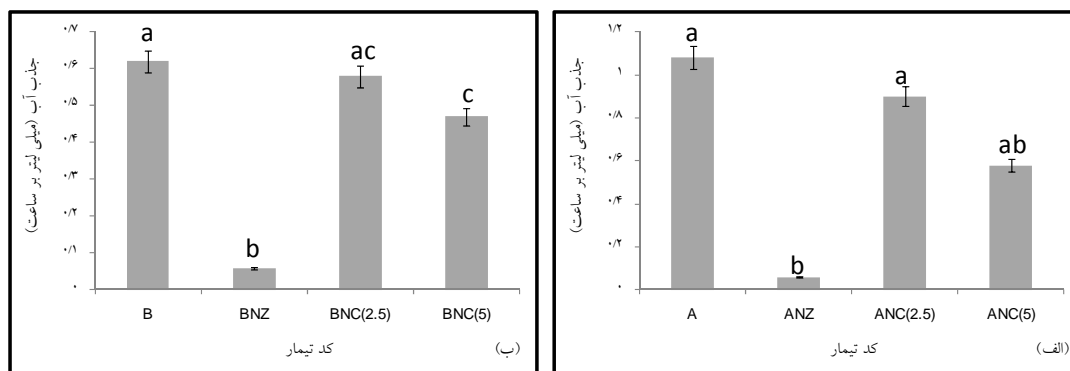
نتایج و بحث

نتایج اندازه‌گیری جذب آب نمونه‌ها به کمک آزمون رایلم

میانگین میزان جذب آب نمونه‌ها با تراکم ۰/۶۵ (g/cm^3) و نیز گروه‌بندی دانکن آنها در قسمت (الف) شکل ۱ ارائه شده است. بر پایه تحلیل آماری صورت گرفته، جذب آب نمونه‌های مختلف دارای تفاوت معنا-داری با یکدیگر می‌باشند. به طور کلی می‌توان دید که نمونه‌های در برگیرنده نانومواد، دارای جذب آب کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد (A) هستند. تأثیر پوشش‌دهی سطحی نمونه‌ها با نانوزایکوسیل بسیار چشم‌گیرتر از تأثیر نانورس بوده و جذب آب در نمونه‌ها، تا حدود ۹۴/۴ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد در تیمار ANZ کاهش یافته است. در رابطه با نمونه‌های تیمار شده با نانورس، دیده می‌شود که با افزایش میزان این نانوماده، جذب آب در نمونه‌ها به میزان بیشتری کاهش می‌یابد. به طوری که این میزان کاهش، حدود ۱۶/۶ درصد برای تیمار ANC(2.5) و ۴۶/۳ درصد برای تیمار ANC(5) می‌باشد.

میانگین میزان جذب آب نمونه‌ها با تراکم ۰/۷۵ (g/cm^3) و نیز گروه‌بندی دانکن آنها در قسمت (ب) شکل ۱ ارائه شده است. نتایج تا حد زیادی همانند نمونه‌های سبک‌تر یعنی با تراکم ۰/۶۵ (g/cm^3) بوده و نانومواد باعث کاهش جذب آب در تخته فیبر می‌شوند.

¹ X-ray diffraction (XRD)² D-spacing³ Field emission- scanning electron microscopy (FE-SEM)

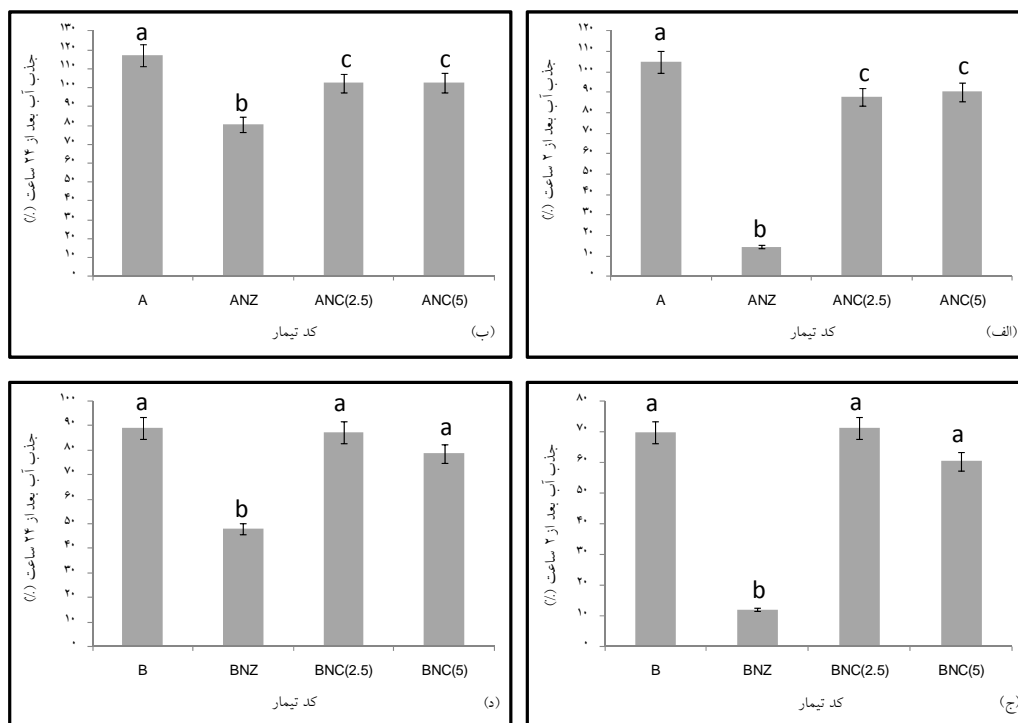


شکل ۱- میانگین ضریب جذب آب نمونه‌ها به کمک آزمون رایلم و نیز گروه‌بندی دانکن آنها.

ارائه شده است. جذب آب این نمونه‌ها نیز دارای اختلاف معنادار با نمونه‌های شاهد می‌باشد. به طور کلی می‌توان دید که نمونه‌های پوشش داده شده با نانوزایکوسیل، دارای جذب آب کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد (B) هستند اما نمونه‌های دارای نانورس تفاوتی با نمونه شاهد از نظر جذب آب نداشته و همگی در یک گروه قرار گرفتند.

نتایج آزمون جذب آب بر پایه استاندارد EN 317 میانگین درصد جذب آب نمونه‌ها با تراکم $0/65 \text{ g/cm}^3$ پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و نیز گروه‌بندی دانکن آنها در قسمت‌های (الف و ب) شکل ۲ ارائه شده است. بر پایه تحلیل آماری صورت گرفته، جذب آب نمونه‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری، دارای اختلاف معنادار با نمونه‌های شاهد هستند. به طور کلی می‌توان دید که نمونه‌های دارای نانومواد، دارای جذب آب کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد هستند. در این میان، تأثیر پوشش‌دهی سطحی نمونه‌ها با نانوزایکوسیل بسیار چشم‌گیرتر بوده و جذب آب نمونه‌ها پس از ۲ ساعت غوطه‌وری، تا حدود $86/1$ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد (A) کاهش یافته است. بیشینه این میزان کاهش در رابطه با استفاده از نانورس، حدود $16/2$ درصد برای تیمار ANC(2.5) می‌باشد. همچنین تحلیل آماری در نشان داد که تیمارهای ANC(2.5) و ANC(5) در یک گروه قرار می‌گیرند. در واقع، نمونه‌هایی با $2/5$ و 5 درصد نانورس به یک میزان جذب آب تخته فیبر را کاهش داده‌اند.

میانگین درصد جذب آب نمونه‌ها با تراکم $0/75 \text{ g/cm}^3$ پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و نیز گروه‌بندی دانکن آنها در قسمت‌های (ج و د) شکل ۲



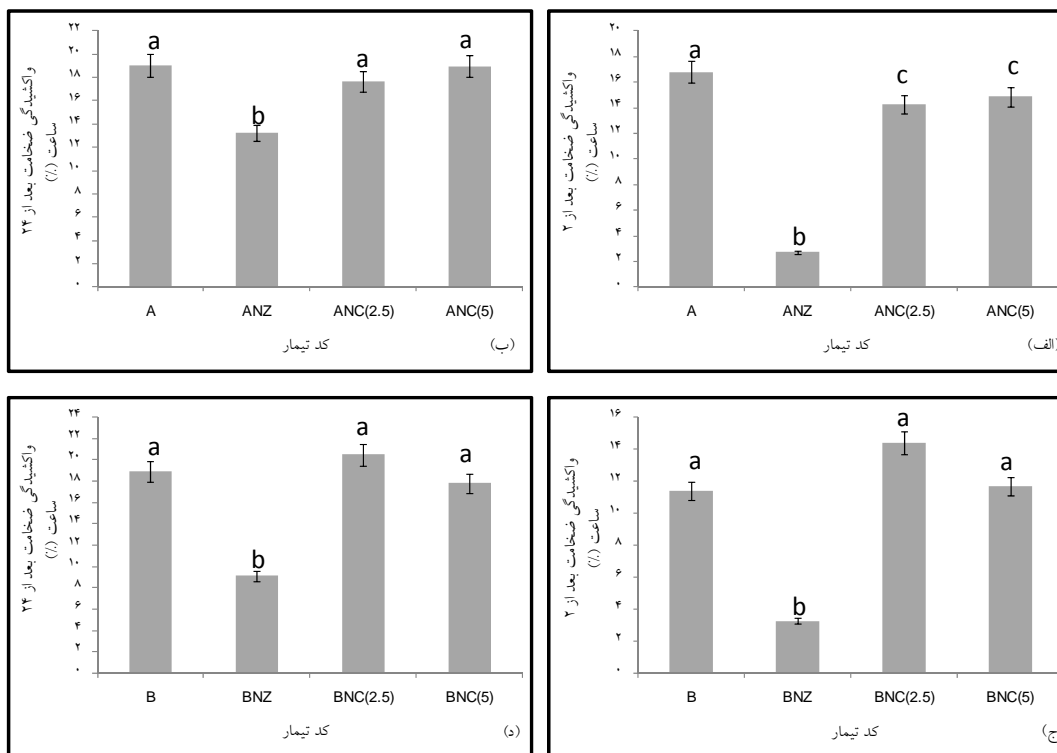
شکل ۲- میانگین درصد جذب آب نمونه‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و نیز گروه‌بندی دانکن آنها.

در آب، تأثیر نانورس از بین رفته و بنا به گروه‌بندی دانکن، این نمونه‌ها همراه با نمونه شاهد در یک گروه قرار گرفتند.

میانگین درصد واكشیدگی ضخامت نمونه‌ها با تراکم $0.75 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و نیز گروه‌بندی دانکن آنها در قسمت‌های (ج و د) شکل ۳ بیان شده است. به طور کلی می‌توان دید که نمونه‌های پوشش داده شده با نانوزایکوسیل، دارای واكشیدگی ضخامت کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد (B) هستند اما نمونه‌های دارای نانورس به طور غیر منتظره‌ای دارای واكشیدگی ضخامت بیشتری نسبت به نمونه شاهد بوده و همراه با آن همگی در یک گروه قرار می‌گیرند.

نتایج آزمون واكشیدگی ضخامت

میانگین درصد واكشیدگی ضخامت نمونه‌ها با تراکم $0.65 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و نیز گروه‌بندی دانکن آنها در قسمت‌های (الف و ب) شکل ۳ ارائه شده است. همانند نتایج بدست آمده در آزمون جذب آب، نانوزایکوسیل نسبت به نانورس تأثیر بیشتری در کاهش واكشیدگی ضخامت نمونه‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب داشت که به ترتیب، $83/6$ و $30/5$ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد کاهش نشان می‌دهد. نمونه‌های در برگیرنده نانورس پس از ۲ ساعت غوطه‌وری، حدود $15/2$ درصد نسبت به نمونه شاهد کاهش در واكشیدگی داشته اما با افزایش زمان غوطه‌وری



شکل ۳- میانگین درصد واکشیدهگی ضخامت نمونه‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و نیز گروه‌بندی دانکن آنها.

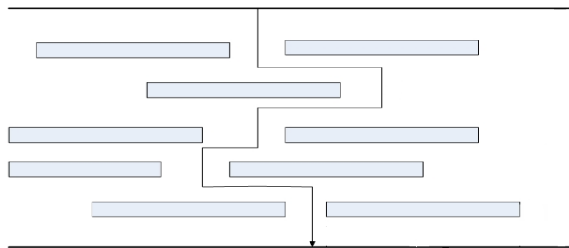
به دلیل ایجاد لایه‌های رسی^۱ در چندسازه بیان نموده‌اند [۱۵ و ۱۶]. در واقع، پخش‌شدگی^۲ لایه‌های رسی باعث دشواری نفوذ آب در میان تخته فیبرهای دارای نانورس می‌شود. نانورس یک مسیر پر پیچ و خم^۳ (شکل ۴) برای عبور سیال در میان ساختار نانوجندسازه پدید می‌آورد [۱۷ و ۱۸].

در تفسیر نتایج ۳ آزمون انجام گرفته شده باید بیان نمود که در نتیجه پوشش سطح تخته‌ها با نانوزایکوسیل، مولکول‌های این نانوماده با قرارگیری بر روی روزنه‌های سطح تخته، باعث کاهش شدید ابعاد این روزنه‌ها شده و ورود مولکول‌های آب را با مشکل مواجه می‌سازند و بدین گونه جذب آب و واکشیدهگی ضخامت تخته را کاهش می‌دهند [۱۴]. در واقع، نانوزایکوسیل با اجزای سطح تخته (گروه‌های هیدروکسیلی) واکنش داده و با اصلاح ویژگی‌های شیمیایی، آن را از حالت آب‌دوست به حالت آب‌گریز مبدل می‌سازد. در مورد تأثیر نانورس، نتایج آزمون‌های جذب آب و واکشیدهگی ضخامت تخته‌ها تا حد زیادی با بررسی Lei و همکاران [۹] که اثر نانورس سدیم مونت‌موریلونیت را بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب و تخته لایه مطالعه نموده بود، سازگاری دارد. در مورد چندسازه‌های پلیمری دارای نانورس، بسیاری از محققان، بهبود مقاومت به رطوبت را

¹ Exfoliation

² Dispersion

³ Tortuous path



شکل ۴- مدل ساده‌ای از چگونگی مقاومت لایه‌های سیلیکاتی حاصل از پخش شدگی نانورس در برابر عبور و نفوذ آب [۱۸].

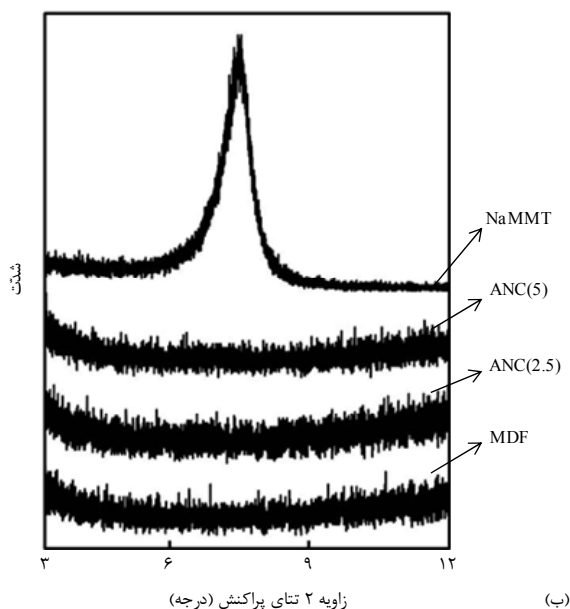
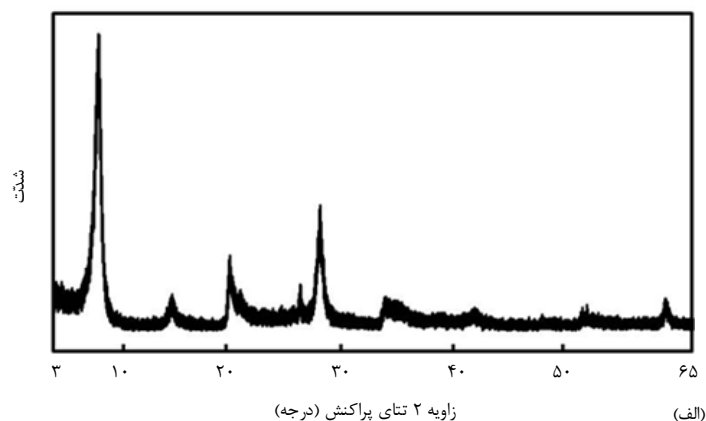
که گزارش داده بود نانورس سدیم مونت‌موریلونیت در رزین اوره‌فرمالدئید تشکیل لایه‌های سیلیکاتی می‌دهد، هم‌خوانی دارد. در واقع، حلقه‌های پلیمری رزین اوره-فرمالدئید می‌تواند به درون ساختار کریستالی رس نفوذ کرده و آن را تبدیل به ساختار لایه‌ای نماید.

تحلیل آزمون پراش اشعه ایکس

قسمت (الف) شکل ۵، نیم‌رخ پراش اشعه ایکس از نانورس سدیم مونت‌موریلونیت خالص را نشان می‌دهد. سدیم مونت‌موریلونیت پیک‌هایی در $7/3$ ، $14/45$ ، $20/05$ ، $21/05$ ، $26/86$ ، $28/8$ ، $35/11$ ، $43/79$ ، $54/31$ و $62/35$ درجه نشان می‌دهد که در این میان پیک $7/3$ قوی‌ترین آنها می‌باشد که در این حالت بر پایه قانون براگ [۱۳] فاصله بین صفحه‌های کریستالی^۱ نانورس حدود $1/21$ نانومتر خواهد بود. الگوهای پراش اشعه ایکس برای تخته فیبر خام (تخته شاهد)، تخته فیبر ساخته شده با $2/5$ درصد نانورس و تخته فیبر ساخته شده با 5 درصد نانورس و نانورس خالص در محدوده 3 تا 12 درجه در قسمت (ب) شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به شکل، پیک قوی نانورس خالص در $7/3$ درجه، در همه تخته فیبرهای دارای نانورس، ناپدید شده است که این نشان می‌دهد که لایه‌های سیلیکاتی نانورس به طور کامل در رزین اوره‌فرمالدئید شکل گرفته‌اند. این ناپدید شدن پیک نیم‌رخ «XRD» نشان‌دهنده این است که ساختار لایه‌لایه نانورس در چرخه مخلوط کردن و هم‌زدن آن با رزین اوره‌فرمالدئید و نیز در طی پرس گرم تخته‌ها ایجاد شده است و نانورس که یک جامد کریستالی و با ساختار منظم است به حالت لایه‌ای و نامنظم^۲ در آمده است. این یافته با بررسی گذشته [۹]

¹ D-spacing

² Amorphous

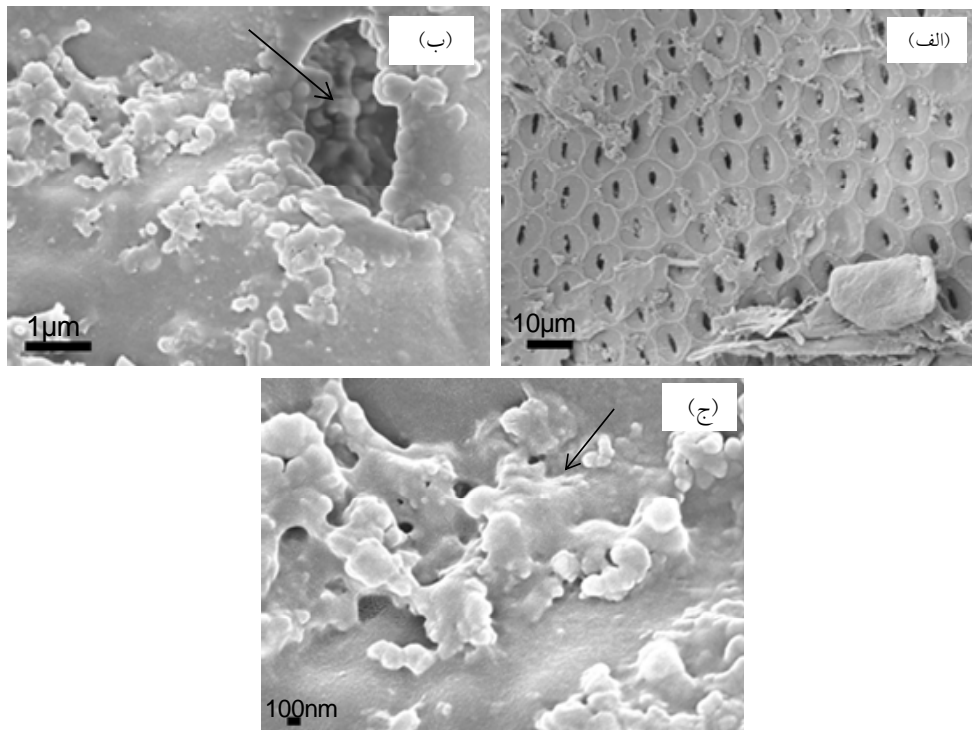


شکل ۵- الگوهای پراش اشعه ایکس برای: (الف) نانورس سدیم مونت‌موریلونیت خالص (ب) تخته فیبر خام (MDF)، تخته فیبر ساخته شده با ۲/۵ درصد نانورس (ANC(2.5))، تخته فیبر ساخته شده با ۵ درصد نانورس (ANC(5)) و نانورس سدیم مونت-موریلونیت خالص (NaMMT).

با ماده زمینه را بر روی ویژگی‌های نانوچندسازه‌ها بررسی کرده بود، می‌باشد. تصاویر، مناطق متمایزی از تجمع ذرات رس را نشان می‌دهد در حالی که در مناطق هم‌جوار از نمونه، میزان کمی از رس قابل دیده است. تصاویر همچنین انتشار مناسب نانورس را در نمونه تأیید می‌نماید.

تحلیل تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

شکل ۶، تصاویر میکروسکوپ الکترونی از تخته فیبر ساخته شده با ۵ درصد نانورس سدیم مونت‌موریلونیت را نشان می‌دهد. بر پایه این تصاویر، می‌توان توده‌های رسی را در بین ساختار نمونه دید. این مشاهده‌های همانند با بررسی Miller [۱۹]، که تأثیرات نانوذرات و رابطه آن



شکل ۶- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه تخته فیبر با تراکم متوسط در برگیرنده نانورس (الف) نمایی از روزنه‌های دیواره‌های هاله‌دار با بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ برابر بر روی الیاف چوبی موجود در تخته فیبر که توده‌ها و لایه‌های رسی به طور جزئی آنها را در برگرفته‌اند. (ب) بزرگ‌نمایی ۱۵۰۰۰ برابر (ج) بزرگ‌نمایی ۳۰۰۰۰ برابر. تجمعاتی از نانورس را می‌توان در بین ساختار نمونه دید که این ذرات ریز از سیلیکات‌ها باعث محافظت نمونه در برابر جذب و نفوذ آب هستند.

لایه‌های سیلیکاتی نانورس، ویژگی‌های تدافعی تخته را با خلق یک مسیر پر پیچ و خم و دشوار در آن و در نتیجه محدود کردن حرکت مولکول‌های آب از میان تخته، افزایش می‌دهد.

قدردانی

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که از زحمات بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزشمند استادان ارجمند آقای دکتر مهدی فائزی‌پور و آقای دکتر اصغر طارمیان در راستای انجام این بررسی تشکر و قدردانی نمایند. همچنین، از آقای مهندس حسین یوسفی به علت حمایت‌های بی‌دریغ خویش به ویژه در مورد انجام آزمون پراش اشعه ایکس و نیز میکروسکوپ الکترونی در کشور ژاپن، صمیمانه سپاس‌گزاری می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده از این ارزیابی:

- استفاده از نانومواد زایکوسیل و رس باعث بهبود مقاومت به جذب آب در تخته فیبر با تراکم متوسط شد.
- پوشش سطحی نمونه‌ها با نانوزایکوسیل باعث کاهش چشم‌گیر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت شد. که بیان‌گر این است که این نانوذره با اصلاح شیمیایی سطح تخته، می‌تواند تا حدود زیادی حالت آب‌دوست را به حالت آب-گریز مبدل ساخته و باعث بهبود ویژگی‌های تخته شود.
- استفاده از نانورس به عنوان پرکننده و تقویت کننده رزین اوره‌فرمالدئید در حین تولید تخته فیبر، تا حد مطلوبی باعث کاهش جذب آب به درون تخته شده اما در رابطه با واکنشیدگی ضخامت تخته، چندان تأثیر گذار نمی‌باشد. با توجه به تصاویر میکروسکوپ الکترونی و نیز نتایج آزمون پراش اشعه ایکس، به نظر می‌رسد که

منابع

- 1- Taylor, R.E., Butzelaar, P., Leeuwen, G.V., Keyes, J., Gimenez, Ch. and MacDonald, B., 2009. Global MDF rising capacity, declining operating rates, *Wood Markets* 14(8):1-2.
- 2- Ganev, S., Cloutier, A., Gendron, G. and Beauregard, R., 2005. Finite element modeling of the hygroscopic warping of medium density fiberboard, *Wood and fiber science* 37:337-354.
- 3- Wegner, T.H., Winandy, J.E. and Ritter, M.A., 2005. Nanotechnology opportunities in residential and non-residential construction. In: 2nd International Symposium on Nanotechnology in Construction, Spain, pp. 208-220.
- 4- Wegner, T.H. and Jones, Ph.E., 2006. Advancing cellulose-based nanotechnology, *Cellulose* 13:115-118.
- 5- Lowry, M., Hubble, D., Wressell, A., Vratsanos, M., Pepe, F. and Hegedus, C., 2008. Assessment of UV-permeability in nano-ZnO filled coatings via high throughput experimentation, *J. Coat. Technol. Res* 5:233-239.
- 6- Kaygin, B. and Akgun, E., 2009. A nano-technological product: An innovative varnish type for wooden surfaces, *Sci. Res. Essay* 4:1-7.
- 7- Write J. and Gordon, O., 2006. Nanoscale Solutions to Protection of Wood and Wood Coatings. In: JDW Technical Services Symposium, Switzerland.
- 8- Gholamiyan, H. and Tarmian, A., 2010. Gas and water permeability of poplar coated with paints and nano-particles, *Journal of natural resources* (in press/in Persian).
- 9- Lei, H., Du, G., Pizzi, A. and Celzard, A., 2008. Influence of nanoclay on urea-formaldehyde resins for wood adhesives and its model, *Journal of Applied Polymer Science* 109:2442-2451.
- 10- Hua, L.W., Jie, Zh.G. and Hua, X.Zh., 2006. Preparation and characterization of wood/montmorillonite Nanocomposites, *For Stud China* 8(1):35-40.
- 11- Qiaojia, L., Guidi, Y., Jinghong, L. and Jiuping, R., 2006. Property of nano-SiO₂/urea formaldehyde resin, *Front For China* 2:230-237.
- 12- Gholamiyan, H. and Taghiyari, H.R., 2010. Liquid permeability measurement apparatus for wood and wood composites, *IRAN Patent* 62403.
- 13- Faruk, O. and Matuana, L.M., 2008. Nanoclay reinforced HDPE as a matrix for wood-plastic composites, *Composites Science and Technology* 68:2073-2077.
- 14- Mehta, P., 2008. Waterproofing by zycosil frequently asked question, <http://www.w3studio.net/gracensachi/library/english/zycosil%20faq.pdf> (available in July 2008).
- 15- Drozdov, A.D., Christiansen, J.C., Gupta, R.K. and Shah, A.P., 2003. Model for Anomalous Moisture Diffusion through a Polymer–Clay Nanocomposite, *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics* 41:476-492.
- 16- Osman, M.A., Mittal, V., Morbidelli, M. and Suter, U.W., 2003. Polyurethane adhesive nanocomposites as gas permeation barrier, *Macromolecules* 36:9851-9858.
- 17- Wu, Z., Zhou, Ch., Qi, P and Zhang, H., 2002. Synthesis and Characterization of Nylon 1012/Clay Nanocomposite, *Journal of Applied Polymer Science* 83:2403-2410.
- 18- Ray, S.S. and Okamoto, M., 2003. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing, *Prog. Polym. Sci* 28:1539-1641.
- 19- Miller, S.G., 2008. Effects of nanoparticle and matrix interface on nanocomposite properties. PhD Thesis, Akron University, USA, 207 pages.

The Potential Use of Nanozycosil and Sodium Montmorillonite (NaMMT) Nanoclay to Decrease Water Absorption in MDF

Reza Zahedsheijani¹ , Hadi Gholamiyan^{2*}

Abstract

In the present study, the potential use of zycosil and clay nanomaterials was examined to decrease water absorption of Medium Density Fiberboard (MDF). For this, a group of MDF samples were coated by nanozycosil and in the other group, nanoclay was used to produce the MDF. Then, water absorption and thickness swelling of the MDFs were evaluated. In order to characterize the structure of the MDF, X-ray diffraction (XRD) and SEM observation were performed. The results of different tests indicated a desirable effect of nanozycosil on water resistance properties of MDF. Nanozycosil reduced water absorption by 90% because it could modify MDF surface by reacting with the board thereby imparting a molecular level hydrophobic characteristic. Regarding the effect of nanoclay, the scanning electron microscope (SEM) images and X-ray diffraction (XRD) confirmed a suitable dispersion and exfoliation of nanoclay in the modified MDF. The water absorption presented a decrease with increasing nanoclay content. The nanoclay had no effect on the thickness swelling.

Keywords: Medium Density Fiberboard (MDF), Nanozycosil, Nanoclay, Water absorption

* Corresponding author: Email: Hadi_gholamiyan@yahoo.com