

اثر نانو ذرات رس بر خواص تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)

سید محمد جواد موسوی حسینی^{۱*}، محمدمهدی فائزی پور^۲ و حسین یوسفی^۳

*- کارشناس ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی - دانشگاه تهران

پست الکترونیک: moosavij2003@gmail.com

۲- استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران

۳- دانش‌آموخته دکترای تخصصی علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۸۹

چکیده

در این مطالعه اثر نانو ذرات رس بر خواص کاربردی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) مورد بررسی قرار گرفت. از نانو ذرات رس سدیم مونت موریلونیت (Na^+MMT) در سه سطح صفر، ۳ و ۶ درصد بر مبنای وزن خشک دو نوع رزین اوره فرمالدهید (UF) و متیلن دی فنیل دی ایزوسیانات (MDI) استفاده شد. مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در ۲۴ ساعت مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با افزایش درصد نانورس در تخته‌های ساخته شده با چسب UF و MDI، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه‌ها افزایش یافته‌است. به طوری که در نمونه‌های ساخته شده با چسب UF با افزودن ۶ درصد نانورس حدود ۳۳ درصد افزایش مقاومت خمشی مشاهده شد. وجود اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها برای آزمون چسبندگی داخلی دیده شد، به طوری که با افزایش نانورس چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده با چسب UF افزایش یافت ولی در مورد چسب MDI، مقاومت چسبندگی داخلی کاهش نشان داد. اختلاف بین تیمارها برای جذب آب تخته‌های ساخته شده با چسب ایزوسیانات قابل توجه نیست و برای تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید با افزایش نانورس اندکی کاهش جذب آب مشاهده شد. بنابراین با افزایش نانورس در تخته‌های ساخته شده با چسب UF مقدار واکنشیدگی ضخامت کاهش قابل توجهی یافته‌است، به طوری که در اثر استفاده از ۳ درصد نانورس، ۴۱ درصد کاهش واکنشیدگی ضخامت مشاهده شد و در مورد تخته‌های ساخته شده با چسب MDI با افزایش نانورس مقدار واکنشیدگی ضخامت نمونه‌ها افزایش غیر معنی‌داری یافت.

واژه‌های کلیدی: نانورس، تخته فیبر با دانسیته متوسط، خواص فیزیکی و مکانیکی.

مقدمه

آورده‌اند. وقتی اندازه نانو ذرات کاهش می‌یابد نسبت سطح مؤثر به حجم ذرات افزایش یافته و اثرهای سطحی قوی‌تر شده و خواص کاتالیزری افزایش می‌یابد. بیشتر بودن سهم اتم‌ها در سطح نانوذرات خواص فیزیکی آنها

پیشرفت علوم با ظهور فناوری نانو سرعت قابل توجهی یافته‌است، به طوری که در هر صنعتی محققان به سمت استفاده از این فناوری در تحقیقاتشان روی

کاهش یافت و مقاومت به آتش و سختی نمونه‌ها بهبود پیدا کرد. لین کویوجیا و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی بر روی عملکرد نانوسیلیس در ترکیب با چسب UF دریافتند که وقتی نانوسیلیس به همراه جفت‌کننده سیلان استفاده می‌شود و همچنین وقتی افزایش نانورس به چسب UF به صورت اولتراسونیک انجام شد خصوصیات به طور مؤثری بهبود یافت. در ضمن زمانی که درصد نانوسیلیس کمتر از ۱/۵ درصد بود مقدار فرمالدهید آزاد کاهش می‌یابد و ویسکوزیته و چسبندگی داخلی رزین افزایش می‌یابد. کیم و همکاران (۲۰۰۴) بر روی عملکرد استفاده از نانورس در بهبود خصوصیات تخته چندسازه‌های ساخته شده تحقیق نمودند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که استفاده از نانورس موجب بهبود در کلیه خواص گیرایی چندسازه‌ها و خواص فیزیکی آنها در هنگام استفاده از رزین UF شد، به طوری که نانورس مورد استفاده به همراه چسب UF در ساخت تخته خرده چوب موجب بهبود جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها شد.

مواد و روشها

در این تحقیق برای ارزیابی تأثیر نانو ذرات رس بر خواص فیزیکی مکانیکی تخته‌فیبر دانسیته متوسط (MDF) از نانو ذرات رس سدیم مونت‌موریلونیت (NA^+MMT) در سه سطح صفر، ۳ و ۶ درصد بر مبنای وزن خشک چسب استفاده شد. برای اختلاط نانورس با چسب دو روش به کار برده شد که شامل همزن با ۵۵۰۰ دور در دقیقه و امواج اولتراسونیک بود. چسب‌های مورد استفاده در این تحقیق اوره‌فرمالدهید (UF) و ایزوسیانات (MDI) بود که مشخصات آنها در جدول ۱ آمده است.

را تغییر می‌دهد و موجب بهبود ویژگی‌های چندسازه تولید شده می‌شود (بات و همکاران، ۲۰۰۸). نانورس از جمله پرکاربردترین نانو ذره مورد استفاده در تحقیقات بوده است. فراوانی، قیمت پایین‌تر نسبت به نانوذرات دیگر و سطح ویژه زیاد بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ مترمربع در هر گرم سبب گسترش این نانو ذره شده است (یوتراکی و همکاران). یکی از معمول‌ترین نوع خاک رس مونت‌موریلونیت یا آلومینوسیلیکات لایه‌ای می‌باشد. در این تحقیق از نانوذرات سدیم مونت‌موریلونیت (NA^+MMT) به منظور بررسی اثر آن بر روی خواص فیزیکی مکانیکی تخته‌فیبر با دانسیته متوسط (MDF) با دو چسب اوره فرمالدهید و ایزوسیانات استفاده شده است. هانگلی و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر نانورس بر چسب UF مورد استفاده در صنعت چوب را بررسی کردند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش درصد کمی نانورس مونت‌موریلونیت (NA^+MMT) عملکرد چسب UF مورد استفاده در ساخت تخته‌خرده‌چوب تا حد قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت. افزودن نانورس بر روی جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته شده با چسب UF تأثیر قابل توجهی داشت، همچنین چسبندگی داخلی تخته‌خرده‌چوب با افزایش مقدار نانورس بهبود یافت. هانگلی و همکاران (۲۰۰۸) در آزمایشی نشان دادند که افزایش نانورس مونت‌موریلونیت (NA^+MMT) تأثیر شتاب‌دهنده‌ای بر روی گیرایی رزین UF داشته و همچنین منجر به افزایش اتصالات عرضی در این چسب شده است. شی جینشو و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی بهبود جذب آب و مقاومت به آتش چوب صنوبر به وسیله چسب UF و نانوذرات سیلیس را بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد در همه تیمارها جذب آب چوب صنوبر

جدول ۱- مشخصات چسب‌های مورد استفاده

| نوع رزین | دانسیته g/cm^3 | زمان ژل شدن | گرانروی (cp) | مواد جامد (w/w%) |
|----------|------------------|-------------|--------------|------------------|
| UF | ۱/۲۶ | ۶۰ | ۳۵۰ | ۶۰ |
| MDI | ۱/۲۷ | - | ۳۰۰ | ۱۰۰ |

ایزوسیانات ۴ درصد چسب استفاده شد. الیاف مورد استفاده از کارخانه MDF آرین سینا ساری تهیه شد که پس از انتقال به آزمایشگاه در کوره با دمای ۱۰۳ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند تا به رطوبت حدود ۱ تا ۲ درصد برسند. نانورس مورد استفاده از نوع مونت‌موریلونیت (NA^+MMT) ساخت شرکت Southern Clay Products بود که مشخصات آن در جدول ۲ آمده است.

برای ساخت تخته‌ها از فشار پرس $42 kg/cm^2$ ، زمان پرس ۵ دقیقه برای چسب اوره فرمالدئید و ۴ دقیقه برای تخته‌های ساخته شده با چسب ایزوسیانات و حرارت پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. دانسیته تخته‌ها ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ضخامت تخته‌ها ۱۶ میلی‌متر در نظر گرفته شد. برای تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدئید ۱۰ درصد چسب بر مبنای وزن خشک و برای

جدول ۲- ویژگی‌های نانورس مورد استفاده

| ماده اصلاح کننده | دانسیته (g/cm^3) | فاصله بین لایه‌ها (نانومتر) | آنالیز ابعاد (میکرومتر) |
|------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------|
| ندارد | ۲/۸۶ | ۱/۱۷ | ۹۰٪ کمتر از |
| | | | ۵۰٪ کمتر از |
| | | | ۱۰٪ کمتر از |
| | | | ۱۳ |
| | | | ۶ |
| | | | ۲ |

برای استفاده از نانورس در تخته‌های ساخته شده با چسب ایزوسیانات به این صورت عمل شد که نانورس را به ۲۰۰ گرم آب مقطر اضافه و با همزن به مدت ۵ دقیقه مخلوط شد و در روش دوم از دستگاه اولتراسونیک به مدت ۱۰ دقیقه استفاده شد. سپس مخلوط نانورس و آب مقطر را بر روی الیاف اسپری نموده و در مرحله بعد چسب ایزوسیانات بر روی الیاف اسپری شد. در مورد مقدار نانورس ۶ درصد، تنها از روش همزنی استفاده شد، چون استفاده از این مقدار نانورس در اثر تیمار اولتراسونیک سبب افزایش بیش از حد غلظت و ویسکوزیته چسب می‌شد که عملاً استفاده از آن را غیرممکن می‌ساخت.

آماده سازی چسب و نانورس

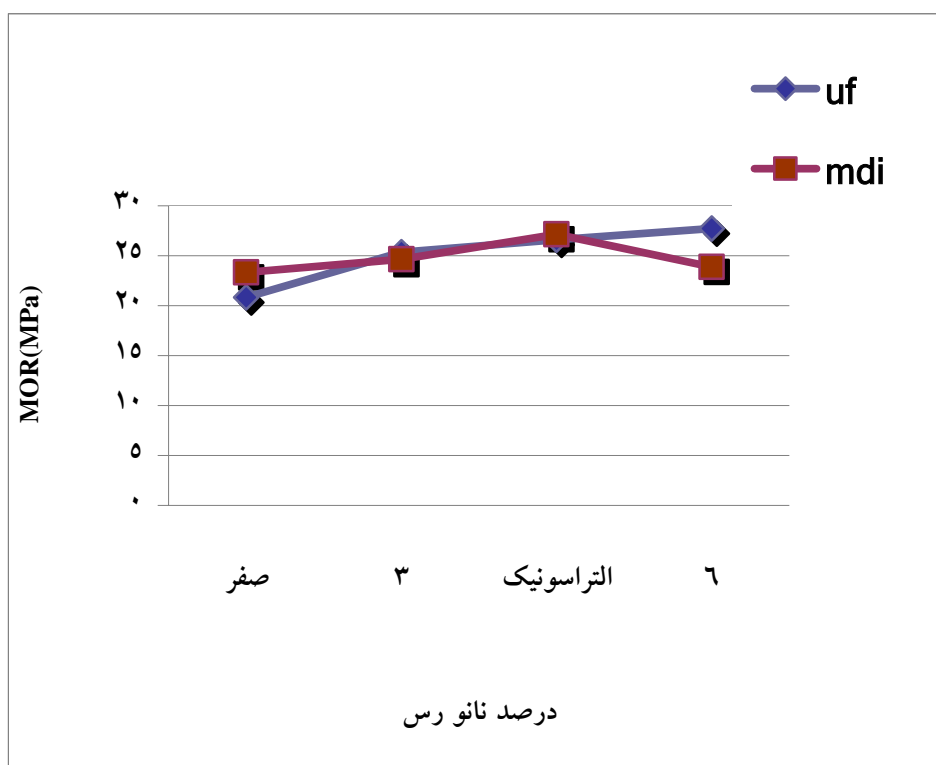
اختلاط نانورس با چسب اوره فرمالدئید: به منظور آماده‌سازی چسب از دو روش مخلوط سازی استفاده شد، ابتدا نانورس به ۵۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد و بعد سوسپانسیون آماده شده به چسب اضافه گردید و به مدت ۵ دقیقه توسط همزن با ۵۵۰۰ دور در دقیقه مخلوط شد. در روش دوم سوسپانسیون آماده شده به چسب اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه اولتراسونیک قرار داده شد.

اختلاط نانورس با چسب ایزوسیانات: به دلیل افزایش بیش از حد غلظت چسب در اثر افزودن نانورس، نمی‌توان نانورس را به چسب اضافه نمود، به همین دلیل

نتایج و بحث مدول گسیختگی

مدول گسیختگی از کاربردی ترین خواص فراورده های چوبی از جمله چند سازه های چوبی است که نمایانگر تحمل فراورده ها در برابر نیروهای خمشی می باشد و اغلب برای مقایسه مواد استفاده می شود. نتایج تجزیه واریانس نمونه ها نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در بین تیمارها می باشد.

تخته ها را در ابعاد 40×40 سانتی متر مربع توسط پرس آزمایشگاهی تولید و برای مدت دو هفته در اتاق کلیماتریزه قرار داده و بعد نمونه های آزمونی طبق استاندارد EN310 (مدول الاستیسیته و مدول گسیختگی)، EN319 (چسبندگی داخلی) و EN317 (واکشیدگی ضخامت و جذب آب) برش داده شدند. به منظور انجام آزمون ها از دستگاه Instron 4486 با سرعت بارگذاری 10 mm/min استفاده شد.



شکل ۱- اثر مقدار نانورس و نوع رزین بر MOR

شد. که البته این افزایش در نمونه های ساخته شده با چسب MDI مقدار کمتری بوده است و تنها در مورد استفاده از امواج اولتراسونیک برای مخلوط کردن نانو مواد با چسب حدود $16/5$ درصد افزایش مقاومت مشاهده شد. با توجه به اینکه یکی از خواصی که نانورس در کامپوزیت ها ایجاد

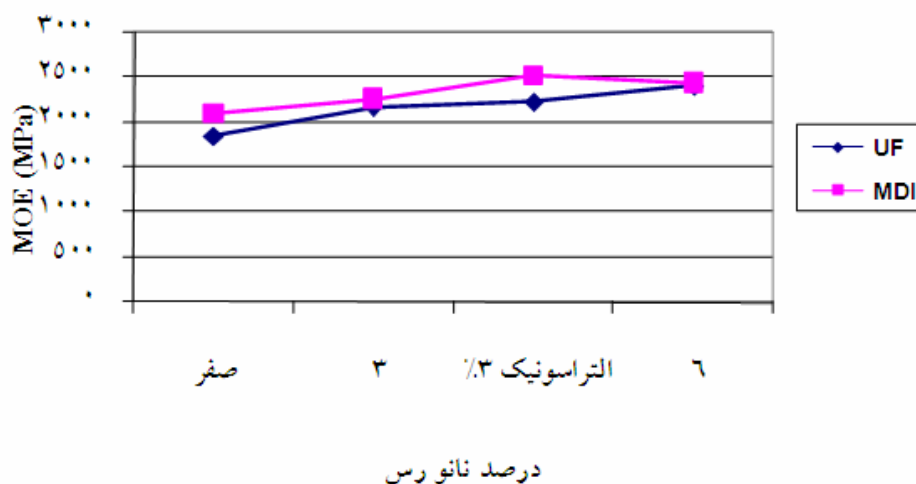
همان طور که شکل ۱ نشان می دهد با افزایش درصد نانورس در تخته های ساخته شده با چسب UF و MDI مقاومت خمشی نمونه ها افزایش یافته است، به طوری که در نمونه های ساخته شده با چسب UF با افزودن ۶ درصد نانورس حدود ۳۳ درصد افزایش مقاومت خمشی مشاهده

نمود، ضمن اینکه نتایج بدست آمده در تحقیقات قبلی نیز با نتایج فوق هم خوانی دارد.

مدول الاستیسیته

مدول الاستیسیته نشان دهنده سختی یا مقاومت چندسازه در مقابل تغییر شکل در محدوده الاستیک می باشد.

می کند این است که وقتی اندازه نانو ذرات کاهش می یابد؛ نسبت سطح مؤثر به حجم ذرات افزایش یافته، اثرات سطحی قویتر شده و خواص کاتالیستی افزایش می یابد، از طرفی هنگامی که نانوذرات خاک رس به عنوان پرکننده در کامپوزیت های چوبی استفاده می شوند با توزیع بهتر تنش ها استحکام فوق العاده ای را به وجود می آورند. می توان این افزایش در مقدار مقاومت خمشی را تا حد زیادی تفسیر



شکل ۲- اثر مقدار نانورس و نوع رزین بر MOE

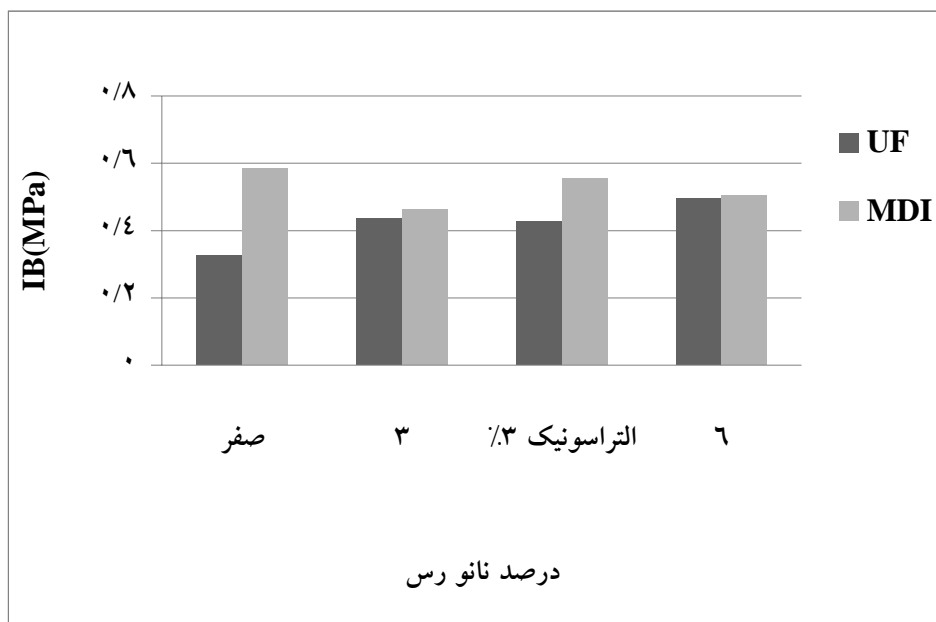
بخش قبل توضیح داده شد نسبت داد. علت کاهش MOE و MOR در حالتی که از ۶ درصد نانورس به همراه چسب MDI استفاده شد را می توان به دلمه شدن نانوذرات نسبت داد. در این حالت حتی اگر پدیده متورق شدن لایه های سیلیکاتی به خوبی صورت بگیرد باز هم نانوذرات در چسب توزیع یکنواختی ندارند. عدم توزیع یکنواخت نانوذرات سبب تمرکز تنش شده، بنابراین تحت بار کمتری شکست اتفاق می افتد.

نتایج تجزیه واریانس نمونه ها نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار در بین تیمارها برای مدول الاستیسیته می باشد. همان طوری که شکل ۲ نشان می دهد با افزایش نانورس مدول الاستیسیته افزایش یافته است. به عنوان مثال، در نمونه های ساخته شده ۶ درصد نانورس با چسب UF، ۳۲ درصد و برای چسب MDI این اثر کمتر می باشد به طوری که در نمونه ساخته شده با ۳ درصد نانورس توسط اولتراسونیک در حدود ۲۰ درصد افزایش مشاهده شد. دلایل افزایش در مدول الاستیسیته نیز مانند مدول گسیختگی را می توان به ویژگی های نانورس که در

چسبندگی داخلی

از آزمون چسبندگی داخلی یا کشش عمود بر سطح علاوه بر تعیین کیفیت اتصال داخلی چسب، برای مقایسه تخته‌های تحت بار کششی عمود بر سطح نیز استفاده می‌گردد. نتایج تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها برای چسبندگی داخلی می‌باشد، به طوری که با افزایش نانورس چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده با چسب UF افزایش یافته است

ولی در مورد چسب MDI، مقاومت چسبندگی داخلی کاهش نشان داد (شکل ۳). افزایش سطح ویژه در حالتی که از نانورس برای تخته‌های ساخته شده با چسب UF استفاده شده بود موجب بهبود در اتصالات و در نتیجه چسبندگی داخلی شد. همچنین نانورس سدیم‌مونت‌موریلونیت تأثیر شتاب‌دهنده‌ای بر روی گیرایی UF داشت به طوری که منجر به افزایش اتصالات عرضی در چسب UF شده است (هانگ لی، ۲۰۰۸).



شکل ۳- اثر مقدار نانورس و نوع رزین بر IB

از طرفی کاهش فرمالدهید آزاد در نمونه‌هایی که نانورس به چسب UF افزوده شده بود (لین کویوجیا و همکاران، ۲۰۰۶) نشان‌دهنده این است که اتصالات بهتری ایجاد شده، به طوری که بیشتر فرمالدهید موجود در چسب در ایجاد اتصالات مصرف شده است؛ بنابراین چسبندگی داخلی بهبود می‌یابد.

جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب جذب آب در چند سازه‌های لیگنوسلولوزی از ویژگی‌های مهمی است که مصارف نهایی این قبیل چند سازه‌ها را تعیین می‌کند. آزمایش ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقدار جذب آب توسط چند سازه و تأثیر جذب آب را بر ابعاد فراورده مشخص می‌کند. با توجه به نتایج آزمون‌های آماری، اختلاف بین تیمارها برای جذب آب

افزایش نانورس کاهش جذب آب مشاهده شد (شکل ۴).

تخته‌های ساخته شده با چسب ایزوسیانات معنادار نبود و برای تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید با



شکل ۴- اثر مقدار نانورس و نوع رزین بر WA

واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها افزایش یافت، به دلیل اینکه چسب MDI مقاومت بالایی نسبت به آب دارد بنابراین وجود خود این چسب سبب ضدآبی تخته گردید. از طرف دیگر چون نانو ذرات رس مورد استفاده در این مطالعه آبدوست بودند، بنابراین استفاده از آن به معنای ایجاد فرصتی به مولکول‌های آب است تا جذب تخته شده و واکشیدگی ضخامت را افزایش دهند.

در مورد بهبود واکشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته شده با چسب UF دارای نانورس باید گفت که هرچند نانورس آبدوست بود ولی به دلیل تأثیر چشمگیر وجود نانورس بر افزایش سرعت پلیمریزاسیون چسب و بهبود اتصال بین فیبرها، ساختار مستحکم‌تر و غیرقابل نفوذتری برای آب ایجاد گردید.

واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب واکشیدگی ضخامتی یکی از خصوصیات فیزیکی حائز اهمیت چند سازه‌های چوبی می‌باشد که میزان پایداری ابعاد چند سازه‌ها را در برابر آب مشخص می‌کند. نتایج تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در بین تیمارها برای واکشیدگی ضخامت می‌باشد. همان طور که در شکل ۵ مشخص است با افزایش نانورس در تخته‌های ساخته شده با چسب UF مقدار واکشیدگی ضخامت کاهش قابل توجهی یافته است؛ به عنوان مثال، در حالتی که ۳ درصد نانورس توسط همزن مورد استفاده قرار گرفت، ۴۱ درصد کاهش واکشیدگی ضخامت مشاهده شد و در مورد تخته‌های ساخته شده با چسب MDI با افزایش نانورس مقدار



شکل ۵- اثر مقدار نانورس و نوع رزین بر TS

- Wegner, T., Jones, P. 2005. Nanotechnology for forest products. Part 1. Solution for people, Processes and Paper. 7: 44-45.
- Wegner, T., Jones, P. 2005. Nanotechnology for forest products. Part 2. Solution for people, Processes and Paper. 8: 44-46.
- Wegner T. H., Winandy, J. E., Ritter, M. A. 2005. Nanotechnology opportunities in residential and non-residential construction. In 2nd International Symposium on Nanotechnology in Construction, Bilbao, Spain.
- Wen , L., Deng, Y., Zhou, M., Xuan, L., Feng, Q . 2006. Mechanical properties of nano SiO₂ filled gypsum particleboard. Trans. Nonferrous Met. SOC. China 16~361-364.
- Zahedsheijani, R., Gholamiyan, G., Tarmian, A., Yousefi, H. 2011. Mass transfer in medium density fiberboard (MDF) modified by Na⁺ montmorillonite nanoclay. Maderas. Ciencia y tecnología 13(2): 163-172, 2011.

منابع مورد استفاده

- Bhat.G., Hegde. R, Kamath. M. G., Deshpande. B., 2008. Nanoclay reinforced fibers and nonwovense, Journal of Engineered Fiber and Fabrics. 3 (3).
- Dong, H. K., Arthur, J. 2004. Enhanced composite board curing and performance via nano clays. Spring Technical and International Environmental Conference. Atlanta, GA, United States, 5: 387-391.
- Jinshu, S., Jianzhang, L., Wenrui, Z., Derong, Z. 2007. Improvement of wood properties by urea-formaldehyde resin and nano-SiO₂ . Front. For. China, 2(1): 104-109.
- Hong, L., Guanben, D., Pizzi, A., Celzard, A. 2008. Influence of nanoclay on urea-formaldehyde resins for wood adhesives and its model. Journal of Applied Polymer Science, 109: 2442-2451.
- Lindström, T., Banke, K., Larsson, T., Glad-Nordmark, G., Boldizar, A. 2008. Nanoclay plating of cellulosic fiber surfaces. Journal of Applied Polymer Science, 108, 887-891.
- Qiaojia, L., Guidi, Y., Jinghong, L., Jiuping, R. 2006. Property of nano-SiO₂/urea formaldehyde resin. Front. For. China 2: 230-237.

Effect of nanoclay on the properties of medium density fiberboard (MDF)

Mousavi Hosseini, M.J.^{1*}, Faezipour, M.² and Yousefi, H.⁴

1*- Corresponding author, M.Sc., Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.
Email: moosavij2003@gmail.com

2-Professor, Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

3-Assistant professor, Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

Received: Oct., 2010

Accepted: July, 2011

Abstract

The effect of using nanoclay on MDF properties was investigated. Sodium montmorillonit (NA⁺MMT) was used in three levels of 0, 3 and 6 percent based on dry weight of two resins of urea formaldehyde (UF) and Methylene diphenyl diisocyanate (MDI). Modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), internal bonding (IB), thickness swelling (TS) and water absorption (WA) of MDF were measured based on EN standard. Results demonstrated that with the increase of nanoclay in both UF and MDI resins MOR and MOE of MDF increased significantly in such a way that with the use of UF containing 6% nanoclay MOR increased by 33%. Although, IB was significantly affected by UF containing nanoclay, MDI containing nanoclay caused reduction in IB. WA and TS of MDF made from MDI did not show significant variation by increase of nanoclay but those made from UF resin positively affected by adding nanoclay in such a way that MDF made from 3% nanoclay showed 41% loss in TS compared to those made from pure UF.

Keywords: Nanoclay, MDF, physical and mechanical properties