

بررسی تأثیر نانو ذرات بنتونیت بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)

غنچه رسام^۱، حمیدرضا تقی‌یاری^{۲*} و براتعلی کشته‌گر^۲

۱- استادیار گروه صنایع چوب دانشکده عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

۲- نویسنده مسئول، استادیار گروه صنایع چوب دانشکده عمران دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

پست الکترونیک: htaghiyari@yahoo.com

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع چوب دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۲

چکیده

فرآورده‌های مرکب چوبی به دلیل ماهیت‌شان به آتش حساس هستند، از این رو تحقیقاتی در این زمینه انجام شده است. در پژوهش‌های اولیه توانایی نانوبنتونیت در بهبود خواص کندسوزکنندگی تخته فیبر مشخص شد؛ پژوهش تکمیلی کنونی جهت تعیین تأثیر نانوذرات بنتونیت بر خواص فیزیکی و مکانیکی انجام شد. چسب مصرفی، اوره فرمالدهید به میزان ۱۰٪ بود و نانوبنتونیت در ۵ سطح (۰٪، ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪ و ۲۰٪) بر مبنای وزن خشک الیاف استفاده شد. ذرات نانوبنتونیت پس از اختلاط با محلول چسب، بر روی الیاف پاشیده شد. فشار پرس ۱۵۰ بار و دمای آن ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد در مدت زمان‌های ۴، ۵ و ۶ دقیقه اعمال گردید. دانسیته تمامی تخته‌ها ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. نتایج نشان داد که نانوبنتونیت بر روی خواص فیزیکی مانند جذب آب، واکشیدگی ضخامت و خواص مکانیکی مانند مقاومت به چسبندگی داخلی، مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی اثر مطلوب نداشت. کمترین تأثیرهای منفی بر روی خواص فیزیکی (جذب آب، واکشیدگی ضخامت) در سطح ۵٪ نانو بنتونیت دیده شد. تیمارهای ۵٪ و ۱۰٪ هم تأثیر منفی کمتری بر خواص مکانیکی (مدول گسیختگی، چسبندگی داخلی) نسبت به سایر تیمارها نشان دادند. تیمار ۲۰٪ به علت اختلال در چسبندگی و پرزدار شدن سطح تخته‌ها مناسب نیست. به طور کلی و با توجه به تأثیر مثبت نانوبنتونیت بر خواص کندسوزکنندگی می‌توان مقداری از کاهش مقاومت‌های مکانیکی در سطح ۵٪ نانو بنتونیت صرف‌نظر کرد و این سطح را برای استفاده در بخش صنعت پیشنهاد داد.

واژه‌های کلیدی: تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)، نانو بنتونیت، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی

مقدمه

مترمکعب می‌باشد که طی فرایند خشک تولید می‌گردد و یکی از عمده‌ترین پانل‌های چوبی است که در سال‌های اخیر تولید آن به طور قابل توجهی افزایش داشته و بخش عمده بازار صنایع کامپوزیت‌های چوبی را تشکیل می‌دهد (Bhat *et al.*, 2008). از طرف دیگر پیشرفت علوم با ظهور فناوری نانو سرعت قابل توجهی یافته است. به طوری که در هر صنعتی محققان به سمت استفاده از این فناوری در تحقیقاتشان روی آورده‌اند. وقتی اندازه نانو ذرات کاهش می‌یابد نسبت سطح مؤثر به حجم افزایش یافته و اثرهای

امروزه بازار مصالح ساختمانی گسترده وسیعی از مواد چوبی شامل چوب‌های ماسیو، محصولات صفحه‌ای مانند تخته فیبر نیمه سنگین^۱ (MDF)، تخته تراشه^۲، تخته لایه، تخته خورده چوب و غیره را دربر می‌گیرد (Parsapagouh *et al.*, 1996). تخته فیبر با دانسیته متوسط جزو فرآورده‌های چوبی با دانسیته ۶۵۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر

1- Medium Density Fiberboard
2- Oriented Strand Board (OSB)

افزایش نانو رس اندکی کاهش جذب آب مشاهده شد. بنابراین، با افزایش نانو رس واکنشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته شده با چسب UF کاهش ولی در تخته‌های ساخته شده با چسب MDI مقدار واکنشیدگی ضخامت افزایش یافته است. Kim و همکاران (۲۰۰۴) بر روی اثر استفاده از نانو رس در بهبود خواص تخته چند سازه‌های ساخته شده تحقیق نمودند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که استفاده از نانو رس موجب بهبود در کلیه خواص گیرایی چند سازه‌ها و خواص فیزیکی آنها در هنگام استفاده رزین UF شد، به طوری که نانو رس مورد استفاده به همراه چسب UF در ساخت تخته خرده چوب موجب بهبود جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها شد. Miguel Angel Cardena و همکاران (۲۰۰۹) ضمن معرفی یک خانواده جدید از نانو کامپوزیت‌ها و بررسی ارتباط و هم‌افزایی بین ارگانو بنتونیت و پرکننده‌های معدنی به این نتیجه دست یافتند که ریخت‌شناسی (مورفولوژی) نانو کامپوزیت‌ها به روش آماده‌سازی و نانو پرکننده استفاده شده بستگی دارد و روش آماده‌سازی در نهایت خواص حرارتی مکانیکی و مقاومت به آتش کامپوزیت را تعیین می‌کند. افزودن کسر کوچکی از خاک رس به کامپوزیت‌ها بسیاری از خواص آنها نظیر استحکام، مدول، پایداری حرارتی و به طور کلی خواص فیزیکی و مکانیکی را به طور چشم‌گیری افزایش می‌دهد. از طرفی بنتونیت نیز یک فیلوسیلیکات آلومینیوم آبدار (هیدراته) است که عمدتاً از مونت موریلونیت یا کانی‌های گروه اسمکتیت تشکیل شده است و یک نوع خاک رس می‌باشد. Keshtegar (۲۰۱۲) گزارش کرد که نانوبنتونیت باعث بهبود خواص کندسوزکنندگی در تخته فیبر با دانسیته‌ی متوسط شد ولی درصد‌های بالای این ماده به دلیل ایجاد پرز در سطح به دلیل جذب بیش از حد رزین مصرفی توسط ذرات نانوبنتونیت، تأثیر منفی بر خواص کندسوزکنندگی گذاشت. ولی تاکنون گزارشی در مورد تأثیر نانوبنتونیت و سطح بهینه‌ی مصرفی این ماده بر خواص فیزیکی و مکانیکی ارائه نشده است. از این رو پژوهش کنونی، با هدف بررسی تأثیر نانوبنتونیت با فرمول $(Al, Mg)_2 (Na, Ca)_{0.33} Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) با چسب اوره فرمالدهید انجام شد.

سطحی قویتر شده و خواص کاتالیزوری افزایش می‌یابد. بیشتر بودن سهم اتم‌ها در سطح اتم‌ها در سطح نانو ذرات خواص فیزیکی آنها را تغییر می‌دهد و موجب بهبود ویژگی‌های چند سازه تولید شده می‌شود (Bhat et al., 2008).

از جمله موادی که در مقیاس نانو در صنعت چوب به کار رفته، نانوذرات فلزی بوده‌اند که باعث کاهش زمان پرس (Taghiyari et al., 2011) و بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی (Taghiyari & Farajpour Bibalan, 2013) در تخته خرده چوب شده‌اند. همچنین، کاربرد نانو فیبرهای معدنی (نانو و لاستونیت) نیز باعث افزایش ضریب هدایت گرمایی تخته فیبر با دانسیته‌ی متوسط و بهبود خواص کیفی آن شده است (Taghiyari et al., 2013). از دیگر مواد معدنی در مقیاس نانو می‌توان از نانورس نام برد که پرکاربردترین نانوذره در پژوهش‌ها بوده است. فراوانی، قیمت پایین‌تر نسبت به نانو ذرات دیگر و سطح ویژه زیاد بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر مربع در هر گرم سبب گسترش این ذرات شده است. Hong و همکاران (۲۰۰۸) تأثیر نانو رس بر چسب UF مورد استفاده در صنعت چوب را بررسی کردند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که با افزایش درصد کمی نانو رس مونت موریلونیت ($Na^+ UF$) عملکرد چسب UF مورد استفاده در ساخت تخته خرده چوب تا حد قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت. افزودن نانو رس بر روی جذب آب و واکنشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته شده با چسب UF تأثیر قابل توجهی داشت. همچنین چسبندگی داخلی تخته خرده چوب با افزودن نانو رس بهبود یافت. Mosavi و همکاران (۲۰۱۱) اثر نانو ذرات رس را بر خواص تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) با استفاده از دو نوع رزین اوره فرمالدهید (UF) و متیلن دی فنیل ایزو سیانات مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان مصرف نانو رس در تخته‌های ساخته شده با چسب UF و MDI چسبندگی داخلی کاهش و جذب آب و واکنشیدگی ضخامت افزایش یافته است. به علاوه اینکه در این تحقیق گزارش شده که چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید افزایش یافته ولی اختلاف میزان جذب آب در تخته‌های ساخته شده با چسب ایزو سیانات قابل توجه نیست و برای تخته‌های ساخته شده با چسب UF با

مواد و روش‌ها

۲۰٪) بر مبنای وزن خشک الیاف استفاده شد. نانوذرات بنتونیت، نخست در محلول رزین مخلوط شده و بعد بر روی الیاف به دقت پاشیده شد. سطوح بکار رفته بدین جهت انتخاب شدند که محدوده‌ی مناسب برای آزمون‌های بعدی و تکمیلی مشخص شوند. همچنین، هدف استفاده از این ماده‌ی معدنی، ایجاد سدی در برابر نفوذ آتش بود؛ از این رو، در گام نخست، سطوح مصرف نانو تا ۲۰ درصد افزایش یافت. مخلوط نانو بنتونیت و چسب با یک همزن مغناطیسی مدل Heidolph-MR300l ابتدا با دور کند (۷۰۰-۵۰۰) دور بر دقیقه و در انتها با دور تند (۱۲۰۰-۱۰۰۰) دور بر دقیقه انجام شد. زمان ساخت تخته‌ها از فشار پرس ۱۵۰ بار، حرارت پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس در سه سطح (۴، ۵ و ۶) استفاده شد. دانسیته تخته‌ها ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و ضخامت تخته‌ها ۸ میلی‌متر در نظر گرفته شد.

برای ساخت تخته‌ها الیاف مورد استفاده از کارخانه MDF خزر آمل تهیه شد؛ که پس از انتقال به آزمایشگاه به وسیله یک خشک‌کن آزمایشگاهی با دمای (۱۰۵-۱۰۳) درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت خشک شد و طی مدت زمانی که الیاف در کوره قرار گرفتند هر نیم ساعت یکبار الیاف به هم زده شدند تا عمل خشک شدن به طور یکنواخت صورت بگیرد و رطوبت آنها تا حدود ۱ تا ۲ درصد برسد. چسب اوره فرمالدهید که مشخصات آن در جدول (۱) آمده است به میزان ۱۰٪ وزن خشک الیاف به کار رفت. برای بررسی تأثیر نانو ذرات بنتونیت بر خواص فیزیکی، مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) از ماده‌ی معدنی نانو ذرات بنتونیت $Al_2O_3, 4SiO_2, 2H_2O$ (نمک سیلیکات آلومینیوم هیدراته) با دانسیته ی خشک بیش از ۱/۴۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب که از شرکت شیمیایی قائم تهران تهیه گردید، در ۵ سطح (۰٪، ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪ و

جدول ۱- مشخصات چسب اوره فرمالدهید (UF)

نوع رزین	دانسیته $\frac{g}{cm^3}$	زمان ژل شدن (ثانیه)	گرانروی (cP)	مواد جامد (w/w%)
UF	۱/۲۶۶	۵۸	۵۱	۶۳/۳

نتایج

جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

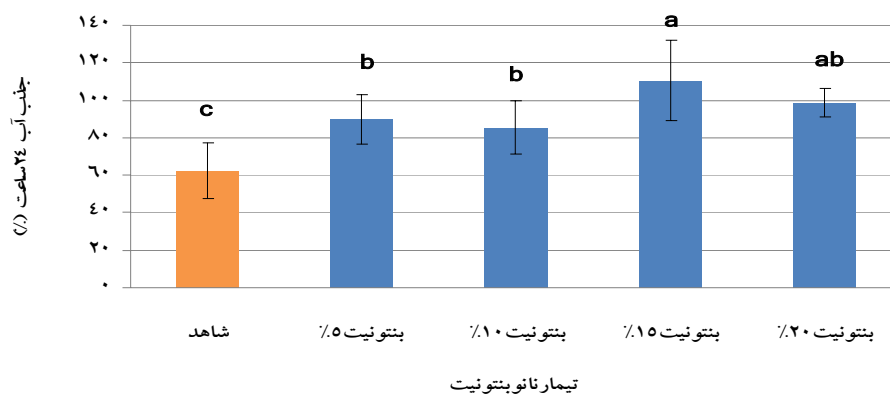
نتایج تأثیر مستقل و متقابل متغیرهای ساخت شامل درصد‌های متفاوت نانو بنتونیت و زمان پرس بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده از الیاف مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج آماری نشان می‌دهد که با افزایش نانو ذرات، جذب آب نمونه‌ها در مدت ۲۴ ساعت غوطه‌وری افزایش یافته است (شکل ۱). ولی تأثیر متقابل زمان پرس و تیمار نانو بنتونیت بر جذب آب نمونه معنی‌دار نبوده است.

واکسیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب

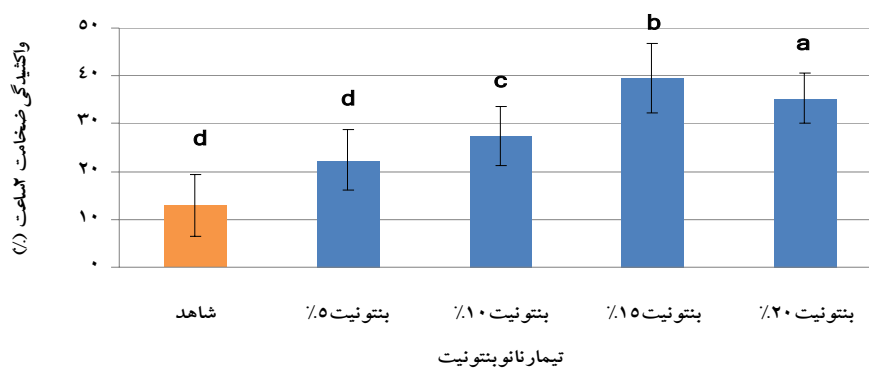
اختلاف معنی‌داری از نظر واکسیدگی ضخامت بین تیمارهای مختلف نانو بنتونیت وجود دارد، به طوری‌که با افزایش درصد نانو بنتونیت واکسیدگی ضخامت هم افزایش یافته است (شکل ۳).

تخته‌ها در ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی‌متر مربع توسط پرس آزمایشگاهی تولید و برای مدت دو هفته در اتاق کلیماتیزه قرار داده شدند تا با دمای محیط به تعادل برسند. نمونه‌های آزمونی خواص فیزیکی (جذب آب و واکسیدگی ضخامت) و خواص مکانیکی (مدول الاستیسیته، مدول گسیختگی و چسبندگی داخلی) بر طبق استاندارد (ASTMD1037-99) برش داده شدند. برای انجام آزمون‌ها از دستگاه آزمون خواص مکانیکی (PT5L ساخت ایران، ظرفیت ۵۰۰ نیوتن) با سرعت بارگذاری متناسب با هر آزمون به طوری‌که برای مدول الاستیسیته، مدول گسیختگی ۵ میلی‌متر بر دقیقه و چسبندگی داخلی ۲ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد.

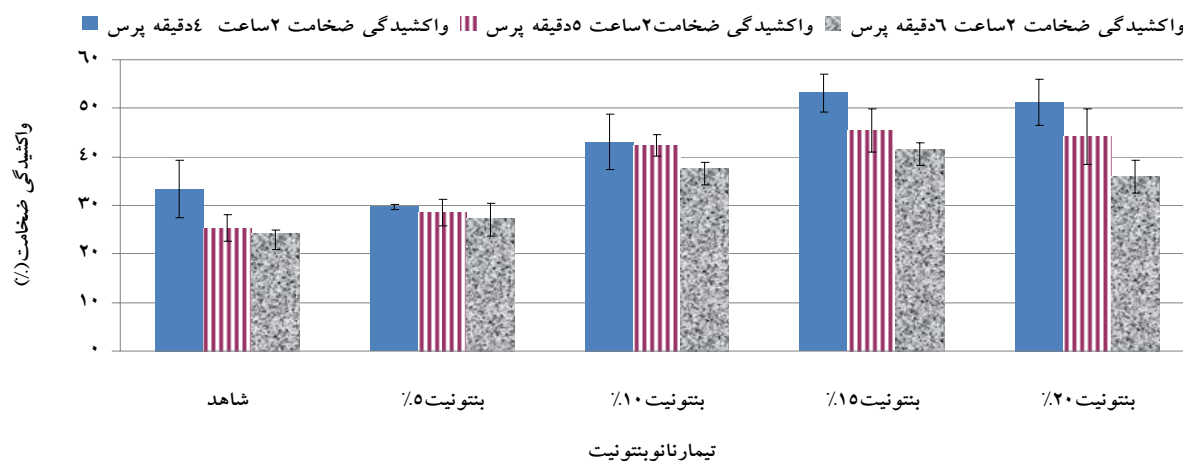
تجزیه و تحلیل نتایج و بررسی اثر مستقل و متقابل فاکتورها در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی به کمک نرم‌افزار SAS (ویرایش ۱۹، سال ۲۰۱۰) انجام شد و به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید.



شکل ۱- اثر مستقل نانوبنتونیت بر جذب آب ۲۴ ساعت در تیمارهای مختلف



شکل ۲- واکسیدگی ضخامت در تیمارهای مختلف



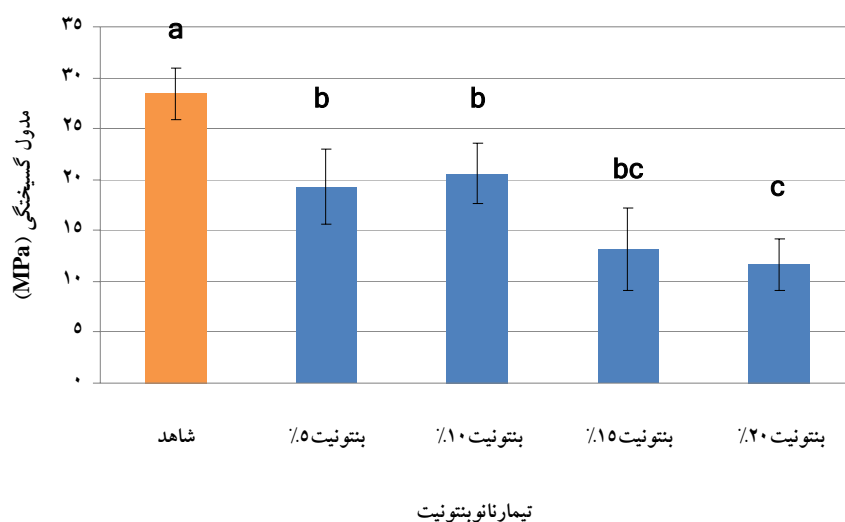
شکل ۳- اثر متقابل نانو بنتونیت و زمان پرس بر واکسیدگی ضخامت ۲ ساعت غوطه‌وری نمونه‌ها

اختلاف معنی داری وجود دارد. شکل ۴ نشان می‌دهد که مدول گسیختگی در نمونه‌های آزمون‌ی در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافته است. ولی در بین نمونه‌های حاوی نانو بنتونیت تیمار ۵٪ و ۱۰٪ با توجه به گروه بندی دانکن که در یک گروه قرار گرفته‌اند مدول گسیختگی بهتری نسبت به بقیه تیمارها بجز نمونه شاهد داشت. البته بیش از ۱۰٪ نانو بنتونیت باعث کاهش معنی دار مدول گسیختگی می‌شود.

در بررسی اثر متقابل نانو بنتونیت و زمان پرس بر واکنشیدگی تخته‌ها پس از ۲ ساعت غوطه‌وری حکایت از آن است که افزایش درصد ماده نانو بنتونیت باعث افزایش ضخامت تخته‌ها شده است. در حالی که افزایش زمان پرس از ۴ دقیقه به ۶ دقیقه عکس این حالت را نشان می‌دهد. کاهش میزان واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها با شش دقیقه زمان پرس نسبت به زمان‌های ۴ و ۵ دقیقه پرس تأییدکننده این موضوع می‌باشد (شکل ۳).

مدول گسیختگی

نتایج تجزیه واریانس در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد که بین تیمارها از نظر میزان مدول گسیختگی،



شکل ۴- اثر مصرف نانو بنتونیت بر مدول گسیختگی

قرار گرفته‌اند. تیمار ۱۵٪ با مدول الاستیسیته بالاتر در گروه b قرار گرفته است.

چسبندگی داخلی

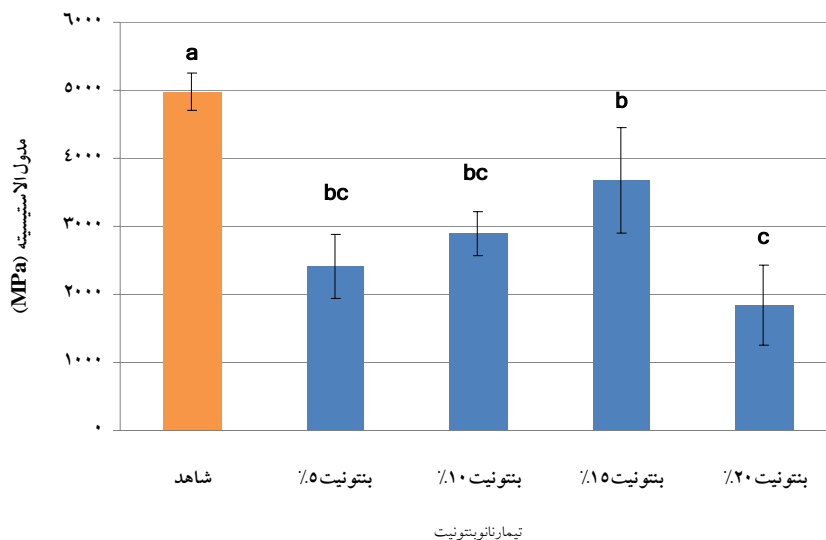
بررسی‌های آماری نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف تأثیر نانو بنتونیت بر روی چسبندگی داخلی اختلاف معنی داری وجود دارد و همچنین اثر متقابل نانو بنتونیت و زمان پرس بر چسبندگی داخلی معنی دار نشده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش نانو بنتونیت چسبندگی داخلی

مدول الاستیسیته

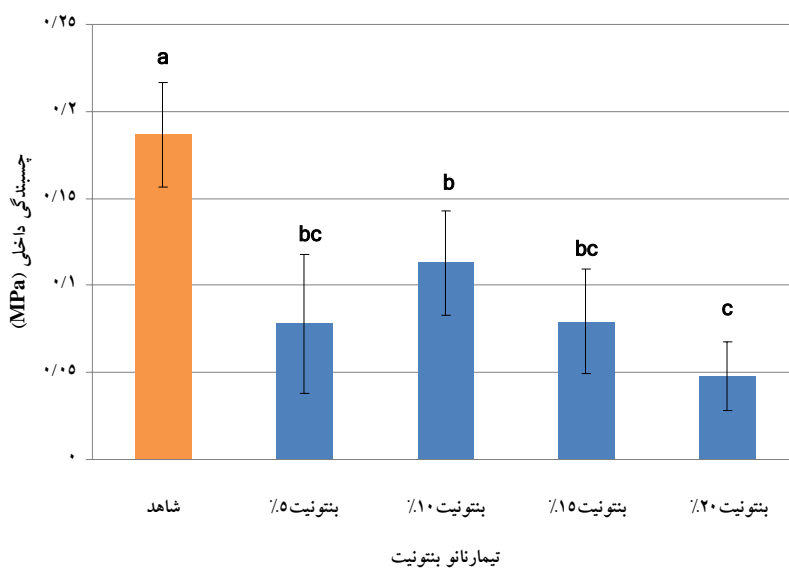
بررسی تحلیل‌های آماری نشان می‌دهند اثر تیمار نانو بنتونیت بر روی مدول الاستیسیته معنی دار می‌باشد و اثر مستقل زمان پرس و همچنین اثر متقابل نانو بنتونیت و زمان پرس بر مدول الاستیسیته معنی دار نمی‌باشد. شکل ۵ نشان می‌دهد که نمونه‌های تیمارهای مختلف نانو بنتونیت مدول الاستیسیته کمتری نسبت به نمونه شاهد دارند. مدول الاستیسیته تیمارهای ۵٪ و ۱۰٪ درصد نزدیک به هم می‌باشد، به طوری که در گروه بندی دانکن در گروه‌های b و c

شاهد و بین سایر تیمارها بهترین تیمار ۱۰٪ نانو بنتونیت می‌باشد (شکل ۶).

تخته‌های ساخته شده با چسب UF کاهش یافته است. به طوری که حداکثر چسبندگی داخلی مربوط به تخته‌های



شکل ۵- اثر مصرف نانو بنتونیت بر مدول الاستیسیته



شکل ۶- اثر نانو بنتونیت بر چسبندگی داخلی

بحث

سازه‌ها را تعیین می‌کند. آزمایش ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقدار جذب آب توسط چند سازه و تأثیر جذب آب را بر ابعاد مشخص می‌کند. نتایج آماری نشان می‌دهد که با

جذب آب در چند سازه‌های لیگنوسولوزی از ویژگی‌های مهمی است که مصارف نهایی این قبیل چند

بودن که سفتی زیادی دارند استحکام بالایی ایجاد می‌کنند. بنابراین می‌توانند در افزایش مدول گسیختگی مؤثر باشند. Saraeyan و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی که بر روی روش‌های ترکیب نانو ذرات رس در نانو کامپوزیت‌های پلیمری انجام دادند مؤثر بودن پرکننده‌های صفحه‌ای بر روی مدول گسیختگی را بیان کردند. اما مصرف بیشتر از ۱۰٪ را به علت نداشتن توزیع یکنواخت نانو ذرات در چسب و دلمه شدن آنها نسبت دادند، به طوری که حتی اگر پدیده متورق شدن لایه‌های سیلیکاتی به خوبی صورت بگیرد باز هم به علت عدم توزیع یکنواخت نانو ذرات باعث تمرکز تنش شده و شکست در اثر بار کمتر اتفاق می‌افتد. Mosavi و همکاران (2011) در تحقیق تأثیر نانو رس بر خواص MDF کاهش مدول گسیختگی را وقتی که درصد نانو رس افزایش یافته بود گزارش کردند. از این رو افزایش ذرات نانو بنتونیت با ایجاد اختلال در عملکرد چسب و نهایتاً کاهش اتصالات بین الیاف می‌تواند بر مدول گسیختگی اثر مخربی داشته باشد و آن را کاهش دهد و این تأثیر منفی از ۱۰٪ به بالا بیشتر می‌شود.

مدول الاستیسیته نشان‌دهنده‌ی سختی یا مقاومت چند سازه در مقابل تغییر شکل در محدوده‌ی الاستیک می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف از نظر اثر مستقل نانو بنتونیت بر مدول الاستیسیته اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طوری که تیمارهای مختلف نانو بنتونیت مدول الاستیسیته کمتری نسبت به نمونه شاهد دارند و در مقایسه تیمارهای مختلف بجز شاهد تیمار ۱۵٪، با تیمارهای ۵٪ و ۱۰٪ در گروه‌بندی دانکن در گروه b می‌باشند و مدول الاستیسیته نزدیک به هم دارند، به طوری که تیمار ۱۵٪ با اندکی تفاوت در حدی که معنی‌دار نمی‌تواند باشد مدول الاستیسیته بالاتری نسبت به دو تیمار هم گروه خود دارد. دلایل افزایش مدول الاستیسیته مانند مدول گسیختگی در تیمار ۱۵٪ مربوط به پرکننده‌های صفحه‌ای شکل که به علت سفتی و قویتر شدن اثرات سطحی با کاهش اندازه ذرات منجر به افزایش استحکام آنها شده در بخش قبل توضیح داده شد. در تیمار بیشتر از ۱۵٪ به علت نداشتن توزیع یکنواخت نانو ذرات و دلمه شدن که در بخش مربوط به مدول گسیختگی آمده است سبب کاهش مدول الاستیسیته شده است.

افزایش درصد تیمار، جذب آب نمونه‌ها در مدت ۲۴ ساعت غوطه‌وری افزایش یافته است که میل به جذب آب نانو بنتونیت که یک نمک هیدراته‌ی معدنی است عامل این افزایش می‌باشد (Mosavi, et al., 2011).

واکسیدگی ضخامت یکی از خصوصیات فیزیکی حائز اهمیت چند سازه‌های چوبی می‌باشد که میزان پایداری ابعاد چند سازه‌ها را در برابر آب مشخص می‌کند. نتایج آماری نشان می‌دهد که اثر مستقل نانو بنتونیت بر روی واکسیدگی ضخامت تخته‌ها معنی‌دار بوده است. به طوری که با افزایش درصد نانو بنتونیت واکسیدگی ضخامت هم افزایش یافته است. میل به جذب آب ذرات نانو بنتونیت عامل مؤثر در افزایش واکسیدگی تیمارها می‌باشد (Mosavi, et al., 2011). در بررسی اثر متقابل نانو بنتونیت و زمان پرس بر واکسیدگی تخته‌ها پس از ۲ ساعت غوطه‌وری نشان می‌دهد که افزایش درصد ماده نانو بنتونیت باعث افزایش واکسیدگی ضخامت تخته‌ها شده است؛ بعکس افزایش زمان پرس از ۴ دقیقه به ۶ دقیقه باعث کاهش واکسیدگی شده است. بنابراین به نظر می‌رسد زمان طولانی پرس فرصت کافی را برای پلیمریزاسیون چسب اوره فرمالدهید برای ایجاد اتصالات بیشتر بین الیاف را فراهم می‌کند و سبب کاهش واکسیدگی تخته‌ها شده است (Mosavi, et al., 2011).

مدول گسیختگی از کاربردی‌ترین خواص فرآورده‌های چوبی از جمله چند سازه‌های چوبی است که نمایانگر تحمل فرآورده‌ها در برابر نیروهای خنثی می‌باشد، و اغلب برای مقایسه مواد استفاده می‌شود. نتایج تجزیه واریانس در سطح احتمال ۵٪ نشان می‌دهد که بین تیمارهای مختلف اثر مستقل نانو بنتونیت بر مدول الاستیسیته اختلاف معنی‌داری وجود دارد. شکل ۴ نشان می‌دهد که مدول گسیختگی نمونه‌های تیمارهای مختلف در مقایسه با نمونه شاهد کاهش یافته است. ولی در بین تیمارهای مختلف نانو بنتونیت نمونه‌های تیمار ۵٪ و ۱۰٪ در گروه‌بندی دانکن در یک گروه قرار گرفته‌اند و مدول گسیختگی بهتری نسبت به سایر تیمارها دارند. با توجه به اینکه یکی از خواصی که نانورس در نانو کامپوزیت‌ها ایجاد می‌کند این است که وقتی اندازه نانو ذرات کاهش می‌یابد نسبت سطح مؤثر به حجم ذرات افزایش یافته و اثرات سطحی قویتر شده و از طرف دیگر پرکننده‌های خاک رس هنگامی که در کامپوزیت‌های چوبی استفاده می‌شوند به علت توزیع بهتر تنش و صفحه‌ای شکل

منابع مورد استفاده

- Bhat G., Hegde. R., Kamath, M.G., Deshpande, B., 2008. Nanoclay reinforced Fibbers and nonwovense, *Journal of Engineered Fiber and Fabrics*. 3(3)
- Cardenas, M.A., Garcia-Lopez, D., Fernandes, J.F., Gobernado-Mitre, I., Merino, J.C., Pastor, J.M., Martinez, J.d.D., Barbeta, J., Calveras, D. 2007. EVA nanocomposites elaborated with Bentonite organo-modified by wet and semi-wet methods. *Macromolecular Materials and Engineering* 292(9): 1035 – 1046.
- 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.
- Keshtegar, B.A., 2012. Study on the effects of nanobentonite on fire-retarding properties in medium-density fiberboard (MDF). MS thesis supervised by Gh. Rassam and HR Taghiyari, Shahid Rajaei Teacher Training University, pp. 103.
- Kim, S.H., Lee, M.C., Kim, H.D., 2010. Nanoclay reinforced rigid polyurethane foams. *Journal of Applied Polymer Science* 117(4): 1992 – 1997.
- Moosavi, S., Faezipour, M., Yousefi, H., 2011. Effects of clay nanoparticles on properties of medium-density fiberboard (MDF). *Iran Journal of Wood and Paper Research* 26: 699 – 707.
- Parsapajouh, D., Faezipour, M.M., Taghiyari, H.R., 1996. *Industrial Timber Preservation*. University of Tehran Press, pp. 657.
- Saraeian, P., Golzar, M., 2007. A review on the methods to combine clay nanoparticles in polymer-nanocomposites and the effects on the composite properties. National conference on production and manufacturing, The Islamic University, Najaf-Abad branch, 1st – 2nd Esfand 1386, pp. 14.
- Taghiyari, H.R., Rangavar, H., Farajpour Bibalan, O. 2011. Nano-Silver in Particleboard. *BioResources* 6(4): 4067 – 4075.
- Taghiyari, H.R. & Farajpour Bibalan, O., 2013. Effect of copper nanoparticles on permeability, physical, and mechanical properties of particleboard. *European Journal of Wood Products*; 71(1): 69 – 77; DOI 10.1007/s00107-012-0644-5.
- Taghiyari, H.R., Mobini, K., Sarvari Samadi, Y., Doosti, Z., Karimi, F., Asghari, M., Jahangiri, A. and Nouri, P., 2013. Effects of nano-wollastonite on thermal conductivity coefficient of medium-density fiberboard. *Journal of Nanomaterials and Molecular Nanotechnology*; 2:1; 11 – sd <http://dx.doi.org/10.4172/2324-8777.1000106>.

از آزمون چسبندگی داخلی یا کشش عمود بر سطح علاوه بر تعیین کیفیت اتصال داخلی چسب، برای مقایسه تخته‌هایی که تحت بار کششی عمود بر سطح هستند نیز استفاده می‌گردد. بررسی نتایج تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان می‌دهد که اثر مستقل نانو بنتونیت بر چسبندگی داخلی معنی‌دار می‌باشد. افزایش نانو بنتونیت سبب کاهش چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده با چسب UF شده است. حداکثر چسبندگی داخلی مربوط به تخته‌های شاهد و بین سایر تیمارها بهترین تیمار ۱۰٪ نانو بنتونیت می‌باشد. جذب ذرات چسب توسط نانو بنتونیت و اختلال در عملکرد چسب عامل اصلی کاهش چسبندگی داخلی نمونه‌ها می‌باشد. Mosavi و همکاران (۲۰۱۱) با بکار بردن نانو رس با چسب MDI در تخته فیبر با دانسیته متوسط به چنین نتیجه‌ای رسیدند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، با توجه به آنکه هدف اصلی از افزودن نانوبنتونیت به تخته فیبر با دانسیته متوسط، بهبود خواص کندسوزکنندگی بوده است و در پژوهش‌های گذشته گزارش شده است به شکل معناداری باعث بهبود این خواص می‌شود (Keshtegar, 2012)، و نظر به نتایج حاصل از تحقیق حاضر که نشان داد درصدهای بالای نانوبنتونیت (۱۰، ۱۵، و ۲۰ درصد) باعث کاهش خواص مکانیکی و نیز افزایش جذب آب و واکنش‌پذیری می‌شود، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در کاربردهایی که خواص کندسوزکنندگی در تخته فیبر با دانسیته‌ی متوسط بسیار مهم است، می‌توان محتوای ۵٪ نانوبنتونیت را برای استفاده در تخته فیبر توصیه نمود.

Effect of nano –bentonite addition on physical and mechanical properties medium density fiberboard (MDF)

Rassam, Gh.¹, Taghiyari, H.R.^{2*} and Keshtegar, B.³

1- Assistant Prof., Wood Science and Technology Department, Shahid Rajaei Teacher Training University, Lavizan, Tehran, Iran

2*- Corresponding Author, Assistant Prof., Wood Science and Technology Department, Shahid Rajaei Teacher Training University, Lavizan, Tehran, Iran. Email: htaghiyari@yahoo.com

3- Student of M.Sc., Wood Science and Technology Department, Shahid Rajaei Teacher Training University

Received: July, 2013

Accepted: April, 2014

Abstract

Wood composites are susceptible to fire. Therefore research projects were carried out to investigate the potential of bentonite nanoparticles in improving fire-retarding properties of medium-density fiberboards (MDF). The objective of the present study aimed to determine the effects of nanobentonite on physical and mechanical properties of MDF. Ten percent urea-formaldehyde resin was used to manufacture MDF. Nano bentonite at 5 levels (%0, %5, %10, %15 and %20 of the dry weight of the fibers) was sprayed on the fibers after being mixed with the resin solution. Mats were hot-pressed for 4, 5, and 6 minutes at temperature of 170°C. Density was kept constant (75 g.cm^{-3}) for all treatment. Results revealed that nano Bentonite did not improve the physical and mechanical properties. The lowest adverse effect of nano Bentonite consumption on the physical properties (water absorption, thickness swelling) was observed at %5 and the treatment with 5% and %10 nano bentonite showed less negative effect on the mechanical properties (Modulus of rupture, Internal Bonding). Treatment with 20% is not recommended because it deteriorated the properties of the MDF and the surface of fiberboards was not suitable. It is concluded that due to the fire-retarding improvement, %5 of nano Bentonite is recommended as the optimum level for industrial application.

Key words: Medium-density fiberboard (MDF), nano-bentonite, physical properties, mechanical properties.