

بررسی تاثیر ذرات نانو بنتونیت بر روی خواص کندسوز کنندگی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)

چکیده

در این تحقیق خواص مقاومت به آتش تخته فیبر با دانسیته متوسط تیمار شده با نانوذرات بنتونیت مورد بررسی قرار گرفت. چسب استفاده شده در این تحقیق رزین اوره فرمالدهید به میزان ۱۰٪، و نانو بنتونیت در ۵ سطح (۰٪، ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪) بر مبنای وزن خشک الیاف و به صورت مخلوط با رزین اوره فرمالدهید مورد استفاده قرار گرفت. فشار پرس ۱۵۰ بار، دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و در مدت زمان‌های ۴، ۵ و ۶ دقیقه اعمال گردید. دانسیته تمامی تخته‌ها ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. خواص اندازه‌گیری شده شامل درصد کاهش وزن، زمان اشتعال، دوام شعله، زمان گدازش، و سطح کربونیزه شده بود. نتایج نشان داد که نانوبنتونیت تاثیر معناداری در بهبود خواص کندسوزی تخته فیبر با دانسیته متوسط دارد؛ بهترین خواص در سطح ۱۰٪ به دست آمد و از این رو همین سطح برای استفاده در بخش صنعت توصیه می‌شود. استفاده از نانوبنتونیت بیش از ۱۰٪ باعث کاهش چسبندگی و پوز دار شدن سطح تخته‌ها می‌شود.

واژگان کلیدی: تخته فیبر با دانسیته متفاوت (MDF)، نانو بنتونیت، کند سوز کنندگی، اشتعال

غنچه رسام^۱

حمیدرضا تقی‌یاری^۱

براتعلی کشته‌گر^{۲*}

فرهاد کول^۳

^۱ استادیار، ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، ^۳ مربی گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

مسئول مکاتبات:

Kshtegarali@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۱۵

مقدمه

استاندارد و مسائل حفاظتی آنها در برابر عوامل مخرب نیز باید مدنظر قرار بگیرد. در این راستا اهمیت پرداختن به بهبود ویژگی‌های مزبور برای تولید فرآورده‌هایی که پاسخ گوی نیازهای تکنولوژیک باشند کاملاً احساس می‌شود. در میان عوامل مخرب فیزیکی آتش در صدر اهمیت قرار دارد [۱۲]. چوب و فرآورده‌های آن در مقایسه با سایر مواد و مصالح از قابلیت اشتعال بالاتری برخوردارند و این عوامل در بسیاری از موارد مصرف چوب را محدود کرده و گاهی فاجعه می‌آفرینند [۶ و ۷].

تخته فیبر با دانسیته متوسط جزو فرآورده‌های چوبی

امروزه بازار مصالح ساختمانی گستره 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 در بر می‌گیرد. از آنجایی که تولید و استفاده از مواد مرکب چوبی و محصولات صفحه‌ای به عنوان ماده مهندسی در سازه‌های مختلف در حال گسترش است. لذا در ساخت این فرآورده‌ها نیل به

^۱ Medium Density Fiberboard

^۲ Oriented Strand Board (OSB)

پلیمر خاک رس به عنوان موادی با خواص مناسب مثل تأخیر در شعله وری توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده و جایگزین مناسبی برای مواد پلیمری معمولی شناخته شده‌اند. پرکاربردترین نوع رس در سنتز نانو کامپوزیت‌های پلیمری "مونت موریلونایت" می‌باشد که با علامت اختصاری MMT بوده و بخش اعظم آن را «بنتونیت»^۱ تشکیل می‌دهد. خاصیت هدایت حرارتی نانوذرات فلزی تأثیر مثبتی در بهبود خواص کندسوزی چوب داشته است [۹ و ۱۱]. همچنین، نانولاستونیت نیز به عنوان یک نانوذره معدنی باعث بهبود خواص کندسوزی در چوب [۳]، بهبود خواص کند سوزی در تخته فیبر [۸] و نیز افزایش ضریب هدایت حرارتی در تخته فیبر با دانسیته‌ی متوسط شده است [۱۰]. از این رو، پژوهش کنونی به منظور بررسی قابلیت نانوذرات بنتونیت به عنوان یک ماده‌ی معدنی دیگر در بهبود خواص کندسوز کنندگی تخته‌فیبر با دانسیته‌ی متوسط انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای بررسی تاثیر نانو ذرات بنتونیت بر خواص کندسوز کنندگی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) از ماده‌ی معدنی نانو ذرات بنتونیت Al_2O_3 , $2H_2O$, $4SiO_2$ (نمک سیلیکات آلومینیوم هیدراته) که دارای نقطه ی ذوب بالاتر از ۱۲۰۰ درجه ی سانتی گراد و غیر قابل احتراق می‌باشد، در ۵ سطح (۰٪، ۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪) به صورت مخلوط با چسب استفاده شد. 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) تهیه شد. چسب مورد استفاده در این تحقیق اوره فرمالدهید (UF) بود که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است.

برای ساخت تخته‌ها از فشار پرس ۱۵۰ بار، حرارت پرس ۱۷۰ درجه سانتی گراد، 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. چسب اوره فرمالدهید به میزان ۱۰٪ وزن خشک الیاف به

با دانسیته ۶۵۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد که طی فرآیند خشک تولید می‌گردد. و یکی از عمده ترین 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. این محصول ضمن دارا بودن خواص شبیه سایر اوراق فشرده چوبی دارای برخی خواص برتر نیز می‌باشد که باعث ارتقاء بازار آن در بین سایر اوراق فشرده چوبی مانند تخته خرده چوب (نئوپان)، تخته لایه، تخته فیبر سخت و... شده است. از جمله خصوصیات آن که باعث ایجاد کاربردهای متنوع ام دی اف شده است عبارتند از: خصوصیات فیزیکی و مکانیکی بالا، قابلیت تولید در ضخامت، ابعاد و دانسیته مختلف، عدم وجود معایب چوب ماسیو، پروفیل دانسیته یکنواخت و همگن، پایداری ابعاد، زیبایی ظاهری، قیمت مناسب و... .

با وجود محاسن ذکر شده این فرآورده‌های چوبی همانند دیگر پانل‌های چوبی عیوبی مانند مقاومت ضعیف در برابر آتش، تخریب شیمیایی و تخریب بوسیله عوامل بیولوژیک دارد. از این رو، کنترل چنین معایبی برای توسعه کاربرد مؤثر پانل‌های MDF لازم است [۴، ۵]. بسیاری از تیمارهای حفاظتی آتش که هم اکنون مورد استفاده قرار می‌گیرند در کاهش پارامترهای مختلف عکس العمل چوب در برابر آتش از جمله قابلیت اشتعال، گسترش حرارت و شعله مؤثرند. عملکرد چوب در برابر آتش می‌تواند سایر ویژگی‌های چوب را نیز تحت تاثیر قرار دهد مثلاً می‌تواند موجب کاهش دوام چوب به ویژه در کاربردهای بیرونی، کاهش مقاومت مکانیکی و مقاوم شدن در برابر چسب و رنگ و افزایش نفوذ پذیری در رطوبت شود. با این وجود عمده ترین کاربرد چوبهای اصلاح شده با خاصیت بازدارندگی آتش، در مصارف بیرونی است. بنابراین ضروری است روش‌های اصلاحی جایگزین مورد توجه قرار گیرد. بر همین اساس در کشورهای صنعتی تلاش گسترده‌ای برای ساخت مواد حفاظتی با کارآمدی و پایداری بیشتر آغاز شده و در این زمینه نتایج مطلوبی هم به دست آمده است. یکی از این روش‌ها استفاده از فناوری نانو است [۲].

از کاربردهای مهم فناوری نانو بهبود مقاومت مواد پلیمری در برابر آتش است. امروزه نانو کامپوزیت‌های

^۱ Bentonite

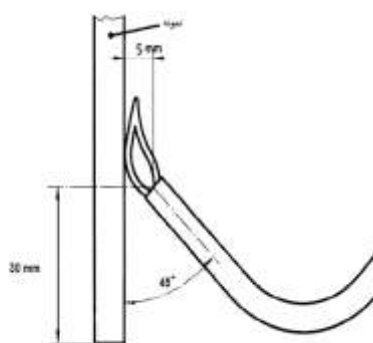
^۲ Fire retarding

با فاصله ۵ میلی متر به سطح نمونه آزمون که به کمک گیره‌ها ثابت نگه داشته می‌شد تابیده شد و از هر تخته سه نمونه مورد آزمایش قرار گرفت (شکل ۲). در طول آزمون و پس از آن پارامترهایی که مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند عبارتند از: درصد کاهش وزن، زمان اشتعال، دوام شعله، زمان گدازش و سطح کربونیزه شده. برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن نمونه‌ها وزن آنها قبل از آزمون و پس از آزمون آتش اندازه‌گیری شد و با محاسبه کاهش وزن هر نمونه نسبت به وزن اولیه آن، میزان مقاومت به آتش سنجیده شد. تجزیه و تحلیل نتایج و بررسی اثر مستقل و متقابل فاکتورها در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی به کمک نرم افزار SAS (ویرایش ۱۶، سال ۲۰۰۳) صورت پذیرفت و به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید.

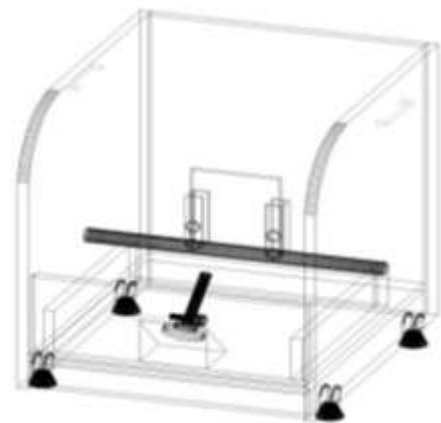
کار رفت. الیاف مورد استفاده از کارخانه MDF خزر آمل تهیه شد که پس از انتقال به آزمایشگاه به وسیله یک خشک کن آزمایشگاهی با دمای (۱۰۵-۱۰۳) درجه خشک شد. طی مدت زمانی که الیاف در کوره قرار داشتند هر نیم ساعت یکبار الیاف به هم زده می‌شدند تا عمل خشک شدن به طور یکنواخت صورت گیرد و رطوبت آنها تا حدود ۱ تا ۲ درصد برسند. نانو بنتونیت مورد استفاده در این تحقیق از شرکت شیمیایی قائم تهران تهیه شد. تخته‌ها در ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی متر مربع توسط پرس آزمایشگاهی تولید و برای مدت دو هفته در اتاق کليماتيزه قرار داده تا با دمای محیط به تعادل برسد. آزمون آتش بر طبق استاندارد ۳-۱۱۹۲۵-ISO انجام گرفت و در این آزمون نمونه‌ها به ابعاد (۱۷۰×۱۵۰×۸) میلی متر برش داده شدند. از دستگاهی که دارای شعله متحرک به صورت کشویی استفاده شد (شکل ۱) و نازل شعله تحت زاویه ۴۵

جدول ۱- مشخصات چسب اوره فرمالدهید

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



شکل ۲- نحوه تابش شعله روی نمونه با زاویه ۴۵ درجه‌ای



شکل ۱- دستگاه کشویی آزمون مقاومت به آتش (دارای تأییدیه‌ی شماره ۳۴۰۷ از سازمان پژوهشی‌ها علمی و صنعتی ایران)

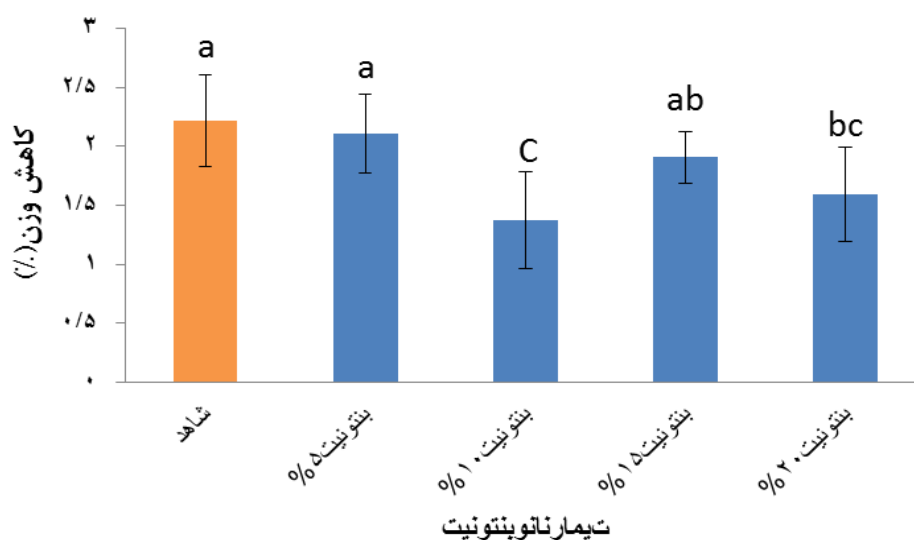
نتایج و بحث

درصد کاهش وزن

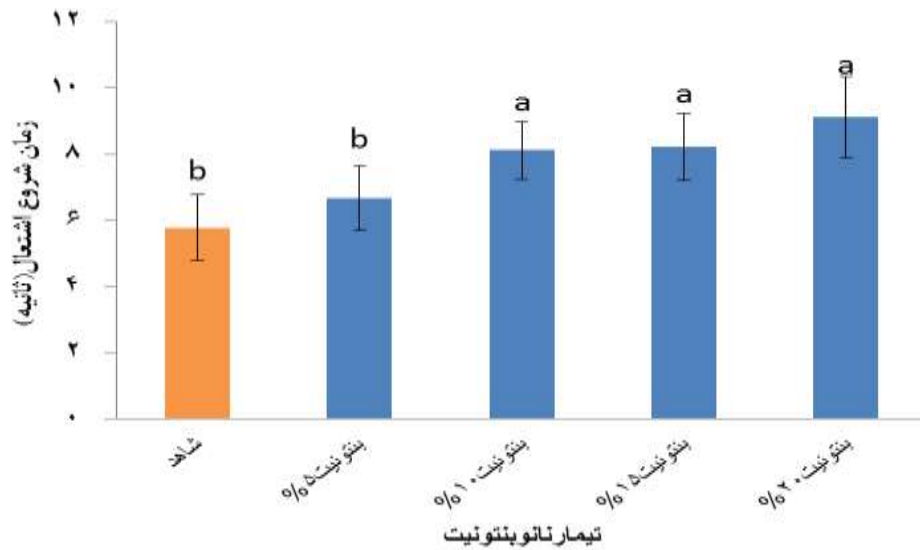
تاثیر نانو بنتونیت بر کاهش وزن نمونه‌ها در آزمون مقاومت به آتش، همچنین گروه بندی میانگین‌ها به روش دانکن، در شکل ۳ نشان داده شده است. بررسی نتایج نشان دادند که با افزایش میزان درصد نانو بنتونیت از کاهش وزن نمونه‌ها کاسته می‌شود و این کاهش با نمونه شاهد اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵٪ دارد. لذا می‌توان گفت تیمار ۱۰٪ نسبت به تیمار شاهد کاهش وزن کمتری را نشان می‌دهد و این مقدار در حدود ۳۴/۰۶٪ نسبت به تیمار شاهد کمتر است. تیمار ۱۵٪ کاهش وزن بیشتری نسبت به تیمار ۱۰٪ دارد. افزایش مصرف بنتونیت سبب اختلال در عملکرد چسب و کاهش اتصالات بین الیاف در تخته‌ها و پرزدار شدن سطح تخته‌ها می‌شود. در نتیجه، سوختگی سطح بیشتر و درصد کاهش وزن افزایش پیدا کرده است [۱۰]. بنابراین مقدار ماده حفاظتی باید طوری تعیین شود تا مقاومت‌ها کاهش نیابد.

زمان رسیدن به نقطه اشتعال

مطابق تجزیه واریانس، اثر میزان مصرف نانو بنتونیت بر زمان اشتعال در سطح احتمال ۵٪ معنی دار می‌باشد. بیشترین زمان اشتعال مربوط به مصرف ۲۰٪ نانو بنتونیت و کمترین میزان آن متعلق به نمونه‌های شاهد است (شکل ۴). زمان اشتعال تیمارهای مختلف و گروه بندی دانکن مربوطه را نشان می‌دهد. به طور کلی نتایج بدست آمده بیانگر این است که با افزایش درصد نانو بنتونیت زمان رسیدن به نقطه اشتعال افزایش می‌یابد. این امر می‌تواند به دلیل وجود ماده معدنی نانوبنتونیت یا همان نمک سیلیکات آلومینیوم هیدراته در ترکیب تخته باشد. نتایج فوق با نتایج Noori (۲۰۱۲) در تحقیق تاثیر نانولاستونیت (CaSiO_3)، که مشابه بنتونیت یک نمک سیلیکات است، بر خاصیت کنند سوز کنندگی MDF، Haghghi Poshtiri و همکاران (۲۰۱۳) تیمار چوب صنوبر با نانولاستونیت و بررسی ویژگی‌های مقاومت به آتش آن، همسو می‌باشد [۳ و ۸]. از سوی دیگر به دلیل وجود آب در ساختمان این نمک، بخشی از حرارت صرف تبخیر آب می‌شود لذا می‌تواند منجر به افزایش زمان رسیدن به نقطه اشتعال تخته شود.



شکل ۳ - مقایسه درصد کاهش وزن تیمارهای نانوبنتونیت



شکل ۴- میانگین زمان شروع شعله و در شدن به تائیه نسبت به نمونه شاهد

دوام شعله

بررسی‌ها نشان می‌دهد که کمترین میزان دوام شعله مربوط به نمونه ۱۰٪ نانو بنتونیت در مقایسه با نمونه شاهد است. نتایج بدست آمده از تجربه واریناس حاکی از آن است که اختلاف معنی‌داری بین نمونه شاهد با نمونه‌های دیگر در سطح احتمال ۵٪ وجود دارد (شکل ۵) و بیشترین زمان ماندگاری شعله مربوط به نمونه ۲۰٪ می‌باشد که علت آن می‌تواند مربوط به درصد زیاد نانوبنتونیت و تأثیری منفی بر عملکرد چسب و کاهش اتصالات بین الیاف باشد که نتایج مشابه بدست آمده توسط Noori (۲۰۱۲) و Haghghi Poshtiri و همکاران (۲۰۱۳) موید این موضوع می‌باشد [۳ و ۸].

نقطه گدازش

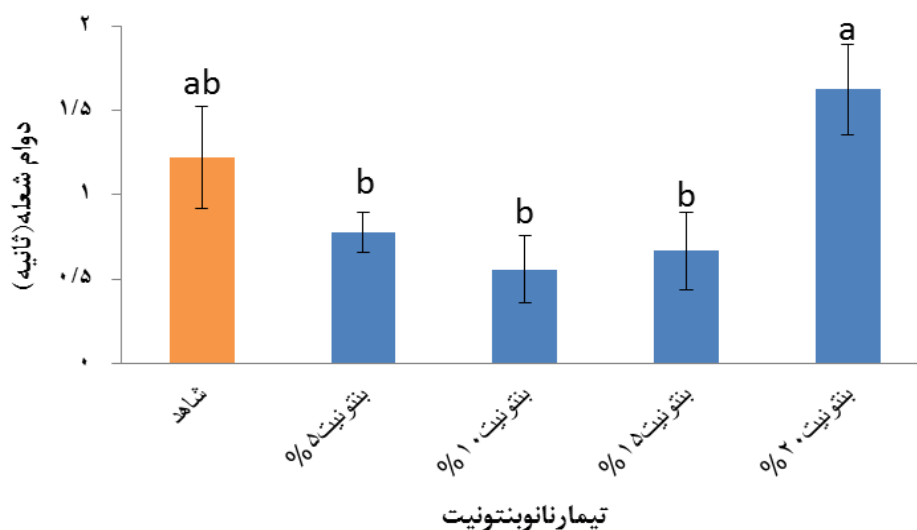
تحلیل‌های آماری نشان می‌دهد که اثر نانو بنتونیت بر زمان گدازش (نقطه گدازش) در سطح ۵٪ معنی‌دار نشده است. به همین دلیل از آوردن آن خوداری شده است.

سطح کربونیزه شدن

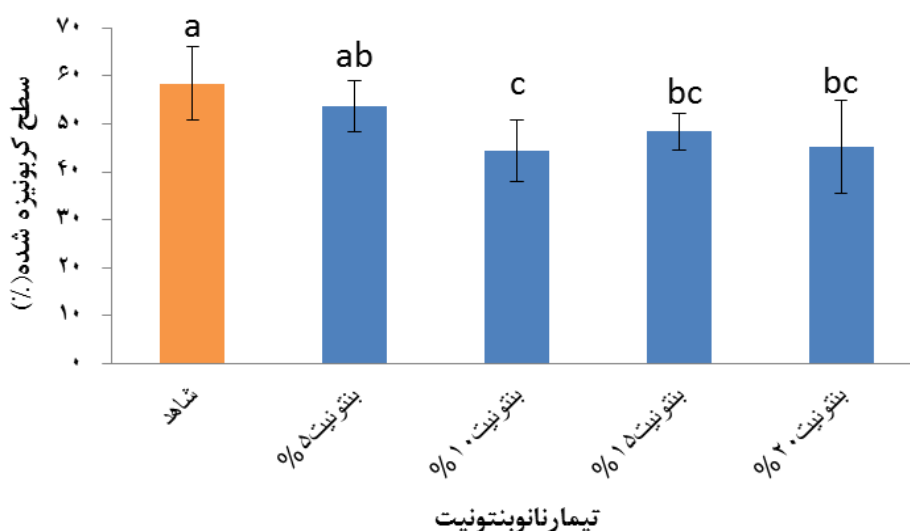
تحلیل نتایج آماری نشان می‌دهد که اثر نانو بنتونیت بر سطح کربونیزه در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. با افزایش درصد تیمار سطح کربونیزه نمونه آزمونی کاهش می‌یابد (شکل ۶). کمترین مقدار سطح کربونیزه مربوط به تیمار ۱۰٪ مشاهده شد که در مقایسه با نمونه شاهد ۱۷ درصد کاهش یافت. دلیل این امر دوام کمتر شعله در تیمار ۱۰٪ می‌باشد و درصد کاهش وزن کمتر در تیمار ۱۰٪ خود موید این موضوع است.

نتیجه‌گیری

بین نمونه شاهد و ۵٪ در بسیاری از خواص تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین تیمار ۵٪ نمی‌تواند برای مقاومت به آتش مناسب باشد. افزایش درصد نانو بنتونیت از ۱۰٪ به بالا به خصوص مقدار ۲۰٪ نانو بنتونیت به علت ایجاد اختلال در عملکرد رزین باعث کاهش اتصالات بین الیاف می‌شود و به دنبال آن باعث کاهش مقاومت به آتش تخته‌ها می‌گردد. در بسیاری از پارمترهای اندازه‌گیری شده مربوط به خواص آتش بین تیمار ۱۵٪ و ۲۰٪ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. به طور کلی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که از میان تیمارهای مختلف تیمار ۱۰٪ مناسبترین تیمار برای کند سوزکنندگی می‌باشد.



شکل ۵- میانگین دوام شعله به ثابته پس از ۱۲۰ ثابته نسبت به نمونه شاهد



شکل ۶- مقایسه سطح کربونیزه شده تیمارهای مختلف نانو بنتونیت

مراجع

- [1] Ayrilmis, N., Kartal, S.N., Laufenberg winady, J. E, and White, RH., 2005. Physical and mechanical properties and fire, decay, and termite resistance of treated oriented strandboard. Forest Products Journal 55(5): 74 – 81.
- [2] Gholamiyan. H., Taghiyari. H., and Taromiyan. A., 2009. Nano technology: a new technology toward improving consumption and production models in wood and furniture industry. Professional conference of Engineering Basij of Karaj Sepah. 10 p (In persian).

- [3] Haghghi Poshtiri A, Taghiyari H.R., and Karimi A.N., 2013. The optimum level of nano-wollastonite consumption as fire-retardant in poplar wood (*Populus nigra*). International Journal of Nano Dimension 4(2): 141 – 151.
- [4] Hasmin, R., Murphy, R.J., Dickinson, D.J., and Dinwoodie, J.M., 1994. The mechanical properties of boards treated with vapor boron, Forest Products Journal 44 (10): 14-19.
- [5] Levan, S. L., Kim, J.M., Nagel, R.J., Evans, J. M., 1996. Mechanical properties of fire- retardant- treated plywood after cycle temperature exposure. Forest Products Journal 46(5): 64- 71.
- [6] Mohebbi, B., 2003a. Biological attack of acetylate wood, PhD. Thesis, Gottingen university, Gottingen 147p.
- [7] Mohebbi, B., 2003b. Improving wood and ligno-cellulose materials. First national conference of Cellulose material. Pardis 3 of Tehran University, Rezvanshahr: 405-12/408. (In Persian).
- [8] Noori., P. 2012. Investigation of the effect of the treatment of nano-velastonit on Fire Retardant Properties of medium density fibers (MDF). MS thesis in Shahid Rajae University. 90p. (In Persian).
- [9] Taghiyari, H.R., 2012. Fire-retarding properties of nano-silver in solid woods. Wood Science and Technology; 46(5): 939 – 952.
- [10] 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 Molecular Nanotechnology doi:10.4172/2324-8777.1000106.
- [11] Rangavar, H., Taghiyari, H.R., and Abdollahi, A., 2012. Effects of nanosilver in improving fire-retarding properties of Borax in solid woods. International Journal of Bio-Inorganic Hybrid Nanomaterial 1(3): 159 – 167
- [12] Wilkinson, G., 1996. Industrial protection of wood. Translated by Parsa. P., Faezipoor. M., & Taghiyari. H.R., Tehran University Press 657p. (In Persian).

Effect of Nano bentonite on Fire Retardant Properties of Medium density fiberboard (MDF)

Abstract

In the present study, Fire – Retarding properties of nano-bentonite in medium density of fiberboard (MDF) was studied. 10% of urea-formaldehyde resin was used as the adhesive of the matrix. Nano Bentonite at 5 levels (0%, 5%, 10%, 15% and 20%) g/kg based of dry weight of fibers was used with the consumption of Urea-Formuldehyde (UF). Press pressure of 150 bar and temperature of 170°C⁰ during 4, 5, and 6 minutes were applied. Density was kept constant at 0.7 g/cm³ in all treatments. The measured properties consisted of mass reduction, inflammation time, fire-endurance, melting time and the burnt area. The results revealed that Nano-Bentonite had significant effect in approving fire retarding properties in medium density fiber board. The best properties at the level of 10% obtained and the same level recommended for industry use. The use of Nano-Bentonite more than 10% decreased the stickiness and the partly surface of fiberboards.

Keywords: Medium-Density Fiberboard (MDF), Nano-Bentonit, Fire-Retarding Properties, Inflammation

Gh. Rassam¹
H.R. Taghiyari¹
B.A. Keshtegar^{2*}
F. Kool³

¹Assistant professor, ² M.s student of Wood Technology, Faculty of Civil Engineering Shahid Rajae Teacher Training University, ³ Lecturer of department of wood and paper science and technology, university of zabol

Corresponding author:
kshtegarali@yahoo.com

Received: 2013.08.25
Accepted: 2014.03.04