Archive of SID

فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۹، شماره ۳، صفحه ۳۷۵-۳۶۸، (۱۳۹۳)

بررسی اثر استفاده از نانو ذرات مس بر مقاومت‌های مکانیکی و پروفیل دانسیته تخته فیبر دانسیته متوسط

علی‌اکبر عنایتی[1*]، حلیمه پنق[2]، محمد لایقی[3] و کاظم دوست حسینی[4]

۱*- نویسنده مسئول، استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، پست‌الکترونیک: aenayati@ut.ac.ir
۲- کارشناس ارشد صنایع چوب، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴- استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۳

چکیده

در این تحقیق اثر نانو ذرات مس بر ویژگی‌های مکانیکی و پروفیل دانسیته تخته فیبر دانسیته متوسط مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور تخته‌های آزمونی با ساختار همسان، دانسیته ۰/۵۸ گرم بر سانتیمتر مکعب و ضخامت اسمی ۱۷ میلی‌متر ساخته شدند. مقدار نانو سیال مس در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵٪ (نسبت به وزن خشک چسب) و مقدار چسب اوره فرم‌آلدهید در دو سطح ۸ و ۱۰٪ (نسبت به وزن خشک الیاف) به‌عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شدند. ضمن اینکه تخته‌های شاهد نیز با مقدار ۱۰٪ چسب و بدون نانو ذرات و با دانسیته، ضخامت و در شرایط مشابه با سایر تخته‌ها ساخته شدند. خواص مکانیکی شامل چسبندگی داخلی، مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و نیز پروفیل دانسیته تخته‌ها اندازه‌گیری گردید. نتایج به‌دست آمده نشان داد که اثر مقدار نانو مس بر مقاومت چسبندگی داخلی، مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها معنی‌دار نشد. افزایش مقدار چسب اوره فرم‌آلدهید از ۸ به ۱۰ درصد باعث افزایش ۴۳/۷ درصدی مدول‌الاستیسیته و ۱۸/۹ درصدی مقاومت خمشی و ۲۳ درصدی چسبندگی داخلی شد. بعلاوه اینکه استفاده از ذرات نانو مس به میزان ۵ درصد باعث شده است تا چسبندگی داخلی تخته‌های حاوی ۸ در صد چسب به‌طور نسبی بیشتر از مقدار این ویژگی در تخته‌های شاهد (حاوی ۱۰ درصد چسب) گردد. ضمن اینکه پروفیل دانسیته آنها نیز از یکنواختی بیشتری برخوردار بود و تفاوت مقدار حداکثر و حداقل دانسیته در این تخته‌ها نیز با افزایش دانسیته در لایه میانی آنها به کمترین مقدار خود رسید.

واژه‌های کلیدی: تخته فیبر دانسیته متوسط، نانو ذرات مس، پروفیل دانسیته، خواص مکانیکی

مقدمه

تخته فیبر با دانسیته متوسط[1] یا MDF یکی از فرآورده‌های مرکب چوبی است که بیشترین رشد را از نظر تولید و مصرف نسبت به سایر فرآورده‌های مرکب موجود و قابل دسترس در بازار دارا می‌باشد. عوامل زیادی بر خصوصیات تخته فیبر تأثیر می‌گذارند که در دو گروه ساختاری و فرایندی قرار دارند. در ارتباط با عوامل ساختاری می‌توان گونه چوبی، دانسیته چوب، درصد رطوبت مواد اولیه، مواد افزودنی، نوع رزین و مقدار آن در لایه‌های رویی و لایه میانی تخته را نام برد. مقدار مصرف رزین ارتباط نزدیکی با ویژگی های فرآورده های مرکب چوبی دارد و در بیشتر واحدهای تولیدکننده این فرآورده‌ها

1- Medium Density Fiberboard
2- Ready to assemble furniture

www.SID.ir

Archive of SID

حدود ۶ تا ۱۰ درصد رزین اوره فرم‌آلدهید و ۵ تا ۷ درصد رزین فنول فرم‌آلدهید مصرف می‌شود. علاوه بر نوع و مقدار رزین مصرفی، توزیع یکنواخت آن در بخش‌های مختلف کیک الیاف (که ویژگی‌های تخته را تحت تاثیر قرار می‌دهد) نیز از اهمیت زیادی برخوردار است.

در ارتباط با عوامل فرایندی می‌توان کیفیت تشک الیاف، شرایط پرس و تیمار حرارتی را نام برد که از بین آنها شرایط پرس یعنی دما، فشار و زمان پرس به‌عنوان فاکتورهای تأثیرگذار بر کیفیت تخته‌های تولیدشده می‌باشند. در این میان دمای پرس و نحوه انتقال آن به لایه میانی کیک الیاف باید دقیقا کنترل شود تا دمای لایه میانی کیک به اندازه مورد نیاز برای پلیمریزه شدن رزین برسد بدون آنکه اتصالات رزین در لایه‌های سطحی تخته و در مدت بسته شدن پرس دچار تخریب و کاهش مقاومت گردند. زمان پرس از لحاظ اقتصادی دارای اهمیت زیادی می‌باشد. بالا بردن میزان تولید یک واحد تولیدی تحت تأثیر زمان پرس می‌باشد. از طرفی کاهش زیاد در زمان پرس باعث کاهش کیفیت و ویژگی‌های تخته‌ها خواهد شد.

یکی از ویژگی‌های کلیدی و بسیار مهم MDF، پروفیل دانسیته[2] آن در ضخامت تخته می‌باشد. پروفیل دانسیته تغییرات دانسیته تخته را در ضخامت آن شرح می‌دهد. در فرایند تولید تخته فیبر، کیک الیاف در پرس گرم تا ضخامت مورد نظر فشرده و متراکم می‌گردد. در طی دوره پرس، دما در اثر تماس صفحات گرم پرس با کیک الیاف از طریق سطوح کیک به مغز آن انتقال می‌یابد (Siqun Wang, *et al.*, 2004). به‌منظور انتقال سریعتر گرما به قسمت میانی تشک الیاف، در شرایط متعارف از رطوبت استفاده می‌شود. گرادیان رطوبت در ضخامت کیک موجب تراکم بیشتر لایه‌های سطحی تخته و انتقال سریعتر دما به لایه میانی و در نهایت گرادیان عمودی دانسیته را افزایش می‌دهد. در این شرایط بعضی از خواص تخته مانند مقاومت خمشی و مقاومت کششی افزایش یافته ولی مقاومت چسبندگی داخلی و نگهداری پیچ بعلت دانسیته کم لایه میانی کاهش می‌یابد (Ee Ding Wong, *et al.*, 2000). از عوامل مهم تأثیرگذار می‌توان به شکل و قابلیت تراکم‌پذیری الیاف، رطوبت و توزیع آن در کیک الیاف، شرایط پرس در هنگام ساخت تخته شامل یکنواختی فشار پرس، زمان و دمای پرس اشاره کرد (Torrey, *et al.*, 2003).

در سال‌های اخیر استفاده از ذرات نانو برای ساخت مواد با خواص و کاربردهای جدید در تمام زمینه‌های علمی گسترش یافته است. در مقایسه با مواد متعارف نانو مواد دارای سطوح بسیار وسیع‌تری هستند. به علاوه این مواد قادر به برهم‌کنش با گروه‌های شیمیایی مختلف به‌منظور افزایش میل ترکیبی آنها با ترکیبات ویژه می‌باشند. هدف نهایی از کاربرد مواد نانو، یافتن طبقه جدیدی از مصالح ساختمانی با خواص جدید و متفاوت نسبت به خواص مواد معمولی می‌باشد، به گونه‌ای که بتوانند کاربردهای گوناگونی را ارائه نمایند. ازجمله نانو مواد می‌توان از نانو فلزات با خواص هدایت گرمایی بالا نام برد. با توجه به این مسئله، شناخت و استفاده از فناوری نانو در صنعت چوب، تولید محصولات جدید با ارزش افزوده بسیار بالا را ممکن می‌سازد.

در ارتباط با استفاده از منابع لیگنوسلولزی در ساخت تخته فیبر دانسیته متوسط و نانو ذرات تحقیقات قابل توجهی انجام شده است؛ ازجمله Kargarfard و همکاران (۲۰۰۳) اثر دما و زمان پرس بر انتقال حرارت و چسبندگی داخلی تخته خرده چوب را بررسی و مشاهده کردند که هر دو عامل دما و زمان پرس به طور معنی‌داری بر روی چسبندگی داخلی اثر دارند. بعلاوه اینکه نمودارهای انتقال حرارت نیز نشان دادند که در اثر افزایش دمای پرس از ۱۶۵ به ۱۸۵ درجه سانتیگراد، لایه میانی تخته‌هادر زمان کوتاه‌تری به دمای مناسب (۱۰۰ درجه سانتیگراد) جهت سخت شدن چسب می‌رسد. Nourbakhsh و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی امکان ساخت تخته خرده چوب از ضایعات نخل، کهور پاکستانی، گز و اکالیپتوس با استفاده از ۲ متغیر زمان پرس (۵، ۶ و ۷ دقیقه) و مقدار چسب (۹، ۱۰ و ۱۱ درصد) نشان دادند که با افزایش میزان درصد چسب از ۹ به ۱۱ درصد مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی افزایش یافته و واکشیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب کاهش یافته است. همچنین در زمان پرس ۶ دقیقه ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی در شرایط مطلوب قرار داشته است. Wangو همکاران (۲۰۰۰) در بررسی خود روی شکل‌گیری پروفیل دانسیته و اثر آن بر روی خواص دو نوع تخته فیبر با گرادیان دانسیته همگن و U شکل،

1- Density profile

www.SID.ir

Archive of SID

دریافتند که مدول خمشی تخته فیبر با گرادیان U شکل بیشتر و MOE آنها مشابه بودند اما مقاومت اتصال داخلی و مقاومت پیچشی به‌ترتیب تحت تأثیر دانسیته لایه میانی و میانگین دانسیته تخته می‌باشد. Geng و همکاران (۲۰۰۶)، اثر پارامترهای پرس گرم و مقدار پارافین را بر روی خواص تخته فیبر ساخته‌شده از پسماند کارخانه خمیرکاغذ را بررسی و دریافتند که مقاومت اتصال داخلی (IB) به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر پروفیل دانسیته و دمای پرس است، ولی زمان پرس و مقدار پارافین به طور مستقیم روی اتصال داخلی تأثیر نداشتند. مدول‌گسیختگی (MOR) نیز بشدت تحت تأثیر پروفیل دانسیته و دمای پرس بوده، در حالی‌که زمان پرس و مقدار پارافین تأثیری روی IB نداشتند. مدول‌الاستیسیته (MOE) نیز وابسته به زمان پرس بود. Farajollah pour (۲۰۰۹) در تحقیقی به بررسی اثر نانو ذرات نقره و مس بر انتقال حرارت در دوره پرس و خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب پرداخت. نتایج نشان داد که افزودن نانو ذرات یک افزایش ۱۳/۷۳ درصدی چسبندگی داخلی را موجب می‌شود. اما تأثیر استفاده از نانو ذرات بر مدول‌گسیختگی و مدول‌الاستیسیته معنی‌دار نبود.

هدف از این پژوهش بررسی عملکرد نانو مس بر روی مقاومت‌های مکانیکی، پروفیل دانسیته و کاهش میزان مصرف چسب در ساخت تخته فیبر دانسیته متوسط بوده است.

مواد و روش‌ها

الیاف لیگنوسلولزی مورد نیاز از کارخانه فیبر ایران (حسن رود) تهیه شد. به‌منظور کاهش رطوبت، ابتدا الیاف در محیط آزمایشگاه گسترده و پس از آن در کوره الکتریکی با دمای ۱۰۳ درجه سلسیوس تا رطوبت ۱ درصد خشک و در کیسه های پلاستیکی (برای جلوگیری از تبادل رطوبتی با محیط) نگهداری شدند. چسب مورد استفاده از نوع اوره فرم آلدهید با مشخصات ماده جامد ۶۶٪، گرانروی ۳۰۰-۵۰۰ سانتی پوآز، اسیدیته ۰/۵± ۸، دانسیته ۱/۲ گرم بر سانتی‌مترمکعب و زمان انعقاد ۴۵ ثانیه از شرکت چسب ساز (ساری) تهیه شد. نانو سیال مس با غلظت ۴۰۰۰ (ppm) مورد استفاده در این تحقیق از شرکت نانو پوشش فلز با ویژگی‌های: دانسیته ۸/۹۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب، نقطه‌جوش ۲۵۸۰ درجه سلسیوس، نقطه ذوب ۱۰۸۴/۶ درجه سلسیوس و هدایت حرارتی ۴۰۱ w/(m-k) تهیه گردید. مقدار نانو ذرات مس در سه سطح ۵، ۱۰ و ۱۵٪ (نسبت به وزن خشک چسب)، مقدار چسب در دو سطح ۸ و ۱۰٪ (نسبت به وزن خشک الیاف) و زمان پرس در سه سطح ۳، ۴ و ۵ دقیقه، به‌عنوان عوامل متغیر؛ کلرید آمونیوم با مقدار ۲ درصد (نسبت به وزن خشک چسب) به‌عنوان کاتالیزور، فشار پرس برابر ۳۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، دمای پرس ۱۷۰ درجه سانتیگراد، دانسیته تخته‌ها ۰/۵۸ گرم بر سانتیمتر مکعب و ضخامت اسمی تخته‌ها ۱۷ میلی‌متر به‌عنوان عوامل ثابت در نظر گرفته شدند. برای ساخت تخته های آزمونی، پس از افزودن نانو مس به چسب اوره فرم آلدهید، به وسیله همزن Black&Decker مدل BS500 با سرعت ۵۵۰۰ دور در دقیقه به‌خوبی در محیط چسب پراکنده و با آن مخلوط شد. چسب حاوی نانو مس بعد از افزودن کاتالیزور کلرید آمونیوم در چسب‌زن آزمایشگاهی بوسیله پیستوله با دقت و به‌طور یکنواخت بر روی الیاف مورد نیاز برای ساخت هر تخته در چسب‌زن آزمایشگاهی پاشیده شد. الیاف چسب‌زنی شده بوسیله دست بصورت کاملا یکنواخت در قالب چوبی به ابعاد ۳۵× ۳۵ سانتی‌متر پاشیده شد. کیک الیاف ابتدا به‌طور سرد و بعد با استفاده از پرس داغ آزمایشگاهی از نوع هیدرولیک Burkle-La-160 با استفاده از شابلون فلزی تا دستیابی به ضخامت اسمی فشرده شد. لازم به یادآوری است که تخته‌های شاهد با مقدار ۱۰٪ چسب، زمان پرس ۴ دقیقه، بدون نانو مس و در شرایط مشابه با سایر تیمارها ساخته شدند. برای یکنواخت سازی رطوبت و متعادل‌سازی تنش داخلی، تخته‌ها به مدت دو هفته در اتاق کلیمای با شرایط استاندارد (دمای ۱± ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵± ۶۵٪) مشروط گردیدند. ویژگی‌های مکانیکی تخته‌ها شامل مدول خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی به‌ترتیب با استفاده از استانداردهای EN310 و EN319 ASTM اندازه‌گیری شدند. پروفیل دانسیته نمونه‌ها با استفاده از روش مستقیم (برداشت متوالی لایه‌ها در جهت موازی سطح نمونه و با ضخامت یکسان) تعیین گردید. این بررسی در قالب طرح کاملا تصادفی و آزمون فاکتوریل انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج با بکارگیری تکنیک تجزیه واریانس و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن انجام گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثرات مستقل و متقابل استفاده از نانو ذرات و مقدار چسب بر ویژگی‌های مکانیکی تخته‌های آزمونی در جدول ۱ آورده شده است.

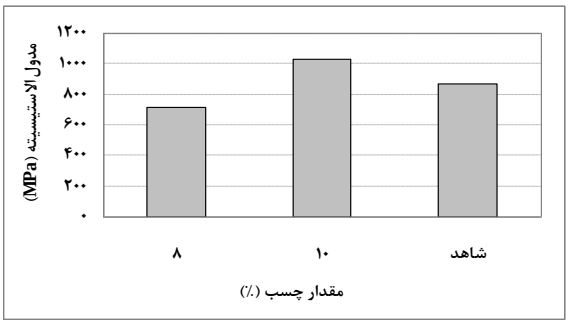
جدول ۱- اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ویژگی‌های تخته فیبر

منبع تغییرات	مدول گسیختگی (MOR)		مدول‌الاستیسیته (MOE)		چسبندگی داخلی (IB)	
	df	F	df	F	df	F
مقدار نانو ذرات	۲	ns	۲	Ns	۲	ns
مقدار چسب	۱	**	۱	**	۱	**
مقدار نانو ذرات و مقدار چسب	۴	ns	۴	Ns	۴	**

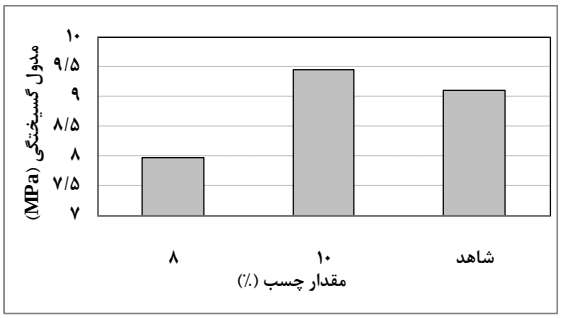
** معنی‌دار در سطح ۱ درصد، ns معنی‌دار نیست

مدول گسیختگی و مدول‌الاستیسیته

با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود از بین عوامل متغیر تنها اثر مقدار چسب در سطح ۱ درصد بر روی این دو ویژگی معنی‌دار شده است. شکل‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب اثر مستقل مقدار چسب بر مدول گسیختگی و مدول‌الاستیسیته تخته‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهند. با افزایش میزان چسب از ۸ به ۱۰٪ مقدار مدول گسیختگی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها بهبود یافته است، ضمن اینکه در گروه‌بندی میانگین این ویژگی‌ها، تخته‌های تیمارهای مختلف در دو گروه مستقل قرار دارند. بعلاوه اینکه شکل ۱ نشان می‌دهد که MOR و MOE تخته‌های شاهد که حاوی ۱۰٪ چسب می‌باشند به‌طور معنی‌داری از MOR و MOE تخته‌های حاوی ۱۰٪ چسب و نانو مس کمتر است.



شکل۲- اثر مقدار چسب بر مدول‌الاستیسیته



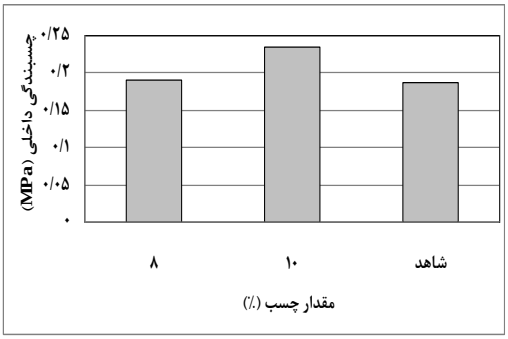
شکل۱- اثر مقدار چسب بر مدول گسیختگی

چسبندگی داخلی

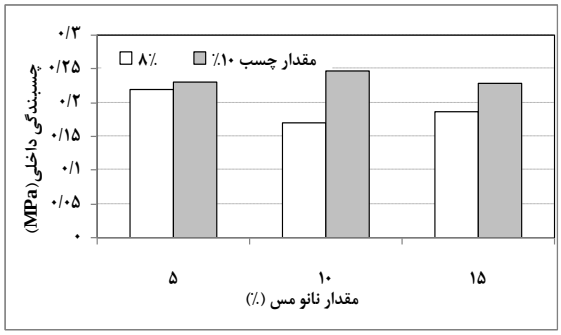
نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها نشان می‌دهد که مقدار چسب و اثر متقابل مقدار چسب و نانو مس بر این ویژگی در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. افزایش مقدار چسب باعث بهبود مقاومت چسبندگی داخلی می‌شود. به‌طوری‌که میانگین IB تخته‌های حاوی ۸ و ۱۰ درصد چسب در دو گروه مستقل قرار گرفته است. ضمن اینکه IB تخته‌های شاهد که حاوی ۱۰٪ چسب می‌باشند به‌طور معنی‌داری از IB تخته‌های حاوی ۱۰٪ چسب و نانو مس کمتر است. افزایش نانو مس تا ۱۵٪ در تخته‌های ساخته شده با ۸٪ و ۱۰٪ چسب، باعث می‌شود تا تغییر مقدار IB تخته‌ها روند متفاوتی داشته باشند (شکل ۴). بیشترین مقدار IB در تخته‌های ساخته شده با ۱۰٪ چسب و حاوی ۱۰٪ نانو مس مشاهده می‌شود که با مقدار IB تخته‌های حاوی ۸٪ چسب و ۵٪ نانو مس اختلاف ناچیزی دارند و هر دو مقدار به‌طور معنی‌داری بیشتر از IB تخته‌های شاهد می‌باشند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- اثر مقدار چسب بر مقاومت چسبندگی داخلی



شکل۴- اثر مقدار نانو مس و چسب بر مقاومت چسبندگی داخلی

پروفیل دانسیته

برای تخمین همگنی پروفیل دانسیته از دو روش نسبت دانسیته حداکثر به حداقل (Dmax / Dmin) و یا با دخیل کردن دانسیته متوسط، از رابطه $(D_{max} - D_{mean}) / (D_{mean} - D_{min})$ در بیان همگنی می‌توان استفاده کرد.

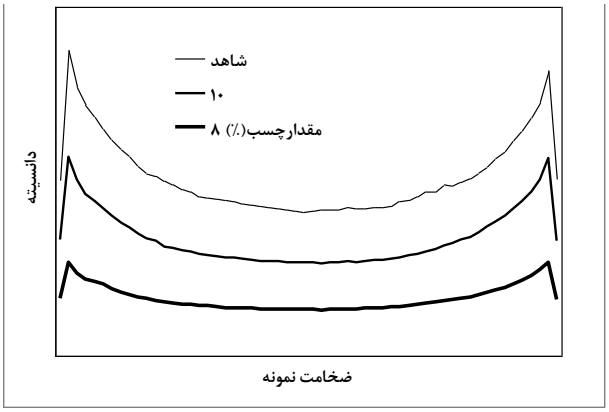
جدول ۲- میانگین پارامترهای پروفیل دانسیته تخته‌های تیمارهای مختلف

تیمار	سطوح	D_{max}	D_{min}	$\frac{D_{max}}{D_{min}}$	$\frac{(D_{max}-D_{mean})}{(D_{mean}-D_{min})}$	
اثر مقدار چسب	۸ درصد	۰/۹۳۵	۰/۴۶۳	۲/۰۲	۳/۱۶	۰/۴۷
	۱۰ درصد	۱/۰۷	۰/۴۶۷	۲/۲۸	۳/۵۸	۰/۶
اثر مقدار نانو مس	۵ درصد	۱/۰۲	۰/۴۵۸	۲/۲۲	۳/۳۳	۰/۵۶
	۱۰ درصد	۰/۹۶۷	۰/۴۶	۲/۱	۳/۱۹	۰/۵۱
	۱۵ درصد	۱/۰۲	۰/۴۷۳	۲/۱۶	۳/۵۴	۰/۵۵
شاهد		۱/۰۶	۰/۵۱۵	۲/۰۶	۳/۸	۰/۵۵

شکل ۵ اثر مقدار چسب بر پروفیل دانسیته را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود در همه تخته‌ها تقریبا تقارن نسبی پروفیل دانسیته نسبت به خط فرضی در میانه ضخامت تخته دیده می‌شود، که از این لحاظ با شکل نرمال گرادیان دانسیته مطابقت دارند. جدول ۲ نشان می‌دهد که تفاوت دانسیته حداکثر و حداقل در تخته‌های ساخته شده با ۱۰٪ چسب بیشتر از مقدار این تفاوت در تخته‌های ساخته شده با ۸٪ چسب و تخته‌های شاهد است. ضمن اینکه تخته‌های ساخته شده با ۸٪ چسب پروفیل دانسیته یکنواخت‌تری نسبت به تخته‌های سایر تیمارها دارد. لازم به یادآوری است که بین پیک دانسیته تخته‌های ساخته شده با ۱۰٪ چسب و نمونه شاهد اختلاف چشمگیری مشاهده نمی‌شود و تنها تفاوت آنها در دانسیته لایه میانی می‌باشد. مقایسه تفاوت دانسیته لایه‌های سطحی و لایه میانی در تخته‌های مختلف نشان می‌دهد که مقدار این تفاوت در تخته‌های محتوی ۵ و ۱۵٪ نانو مس و تخته‌های شاهد معنی‌دار نیست و از مقدار آن در تخته‌های حاوی ۱۰٪ نانو مس بیشتر می‌باشد (جدول ۳).

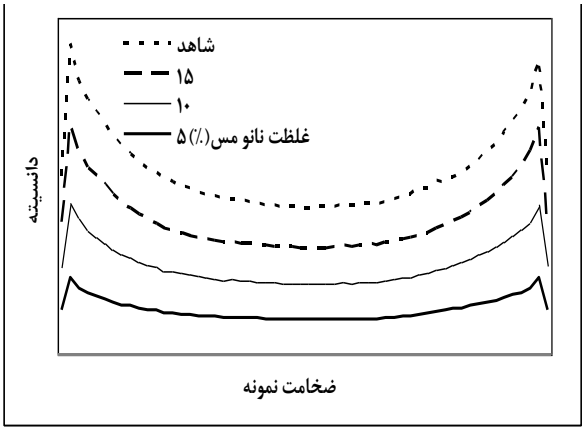
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- اثر مقدار چسب بر پروفیل دانسیته تخته‌ها

با توجه به شکل ۶ و جدول ۳ ملاحظه می‌شود که نسبت دانسیته حداکثر به حداقل تخته‌ها با دخالت دانسیته ی میانگین، ناهمگنی پروفیل دانسیته تخته‌های حاوی نانو مس کمتر از تخته‌های شاهد می‌باشد. از بین تخته‌های حاوی سطوح مختلف نانو مس، تخته‌های محتوی ۱۰٪ نانو مس از لحاظ همگنی، پروفیل دانسیته کیفیت بهتری نسبت به سایر تخته‌ها دارد.



شکل ۶- اثر مقدار نانو مس بر پروفیل دانسیته تخته‌ها

بحث

افزایش مقدار چسب اوره فرم آلدهید در حضور نانو مس، باعث افزایش مقاومت خمشی نمونه‌ها شده است. به‌طوری که مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده با ۱۰ درصد چسب ۱۸/۹ درصد بیشتر از مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده با ۸ درصد چسب و ۳/۸ درصد بیشتر از تخته‌های شاهد ساخته شده با ۱۰ درصد چسب و بدون نانو مس می‌باشد. البته با افزودن نانو مس به چسب مصرفی، دمای بخش میانی تشک الیاف سریعتر به حد مورد نیاز برای پلیمریزه شدن چسب می‌رسد و در نتیجه لایه سطحی خسارت ندیده و MOR تخته ها افزایش می یابد. Yosephi و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان چسب بدلیل پوشش کاملتر سطح الیاف با چسب، امکان به وجود آمدن اتصالات قوی و کارآمدتر بین الیاف فراهم شده و باعث بهبود مقاومت خمشی تخته‌ها می‌گردد.

نتایج به‌دست آمده از این بررسی نشان داد که میزان مصرف نانو مس تأثیر معنی‌داری بر مدول‌الاستیسیته نداشته است. Farajollah pour (۲۰۱۰) نیز در تحقیق خود به نتایج مشابهی دست یافت؛ اما با افزایش مقدار چسب از ۸ به ۱۰ درصد مدول‌الاستیسیته تخته‌ها ۴۳/۷ درصد افزایش یافته است. Nourbakhsh و همکاران (۲۰۰۵) نیز در تحقیقات خود در مورد اثر میزان مصرف چسب بر خواص فرآورده‌های چوبی به نتایج مشابهی رسیدند.

با افزایش میزان مصرف چسب نیز مقاومت چسبندگی داخلی تخته ها بهبود پیدا می‌کند. به‌طوری‌که IB تخته های ساخته شده با ۱۰ درصد چسب و حاوی نانو مس ۲۳ درصد نسبت به تخته های حاوی ۸ درصد چسب و نانو مس و حدود ۲۵/۷ درصد نسبت به تخته‌های شاهد (ساخته شده با ۱۰ درصد چسب و بدون نانو مس) بیشتر می‌باشد. این افزایش را می توان به علت تأثیر مثبت نانو مس دانست. Habibi و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که افزایش میزان چسب تعداد نقاط اتصال و همچنین استحکام اتصالات را افزایش داده و بدین صورت مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها را بهبود می‌بخشد. ضمن اینکه وجود نانو مس به همراه چسب باعث شده است تا IB تخته‌های ساخته شده با ۸ درصد چسب به‌طور نسبی بیشتر از IB تخته‌های شاهد شود. ازآنجایی‌که نانو ذرات فلزی در سیالات تأثیر بیشتری در انتقال گرما دارند؛ بنابراین تأثیر آن بر روی IB تخته‌های حاوی ۱۰ درصد چسب بیشتر از تخته های ساخته شده با ۸ درصد می باشد. به‌طوری‌که IB تخته های حاوی ۱۰ درصد نانو مس ۳۲ درصد نسبت به تخته های شاهد افزایش داشته است؛ که این امر را به هدایت حرارتی بالای نانو مس و در نتیجه انتقال سریعتر دما به لایه میانی و گیرایی کامل رزین اوره فرم آلدهید می توان نسبت داد. ولی در ادامه و با افزایش نانو مس تا مقدار ۱۵ درصد،

www.SID.ir

Archive of SID

این ویژگی کاهش یافته است که علت آن را می‌توان دمای پایین لایه میانی این تخته‌ها نسبت به تخته‌های محتوی ۵ و ۱۰ درصد نانو مس دانست. زیرا با افزایش تراکم نانو مس در واحد حجم و تمایل این ذرات به تجمع، شرایط انتقال دما سخت‌تر و در نتیجه عمل پلیمریزاسیون چسب اوره فرم آلدهید در این تخته‌ها به طور کامل انجام نشده و باعث کاهش مقاومت چسبندگی داخلی آنها خواهد شد.

افزودن نانو مس باعث یکنواخت‌تر شدن پروفیل دانسیته تخته های حاوی این ماده نسبت به تخته های شاهد شده است. لازم به یادآوری است که حضور نانو مس در ساختار تخته‌ها باعث شده است تا تفاوت بین حداکثر و حداقل دانسیته کاهش و باعث همگن تر شدن پروفیل دانسیته گردد (جدول ۲)، به‌طوری‌که این وضعیت در تخته های حاوی ۱۰ درصد نانو مس از شرایط مناسب‌تری برخوردار است. دلیل آن را می‌توان به انتقال مطلوب و سریع‌تر گرما در این گروه از تخته‌ها نسبت داد که بخصوص در لایه‌های سطحی باعث انعقاد و استحکام به موقع چسب و در نتیجه مانع تراکم بیشتر الیاف در این لایه‌ها و افت نسبی دانسیته می‌شود. البته روند یکنواخت شدن پروفیل دانسیته در اثر تغییر مقدار چسب نیز قابل مشاهده می‌باشد (جدول ۲ و شکل ۵)، به‌طوری‌که تخته‌های ساخته شده با ۸ و ۱۰ درصد چسب حاوی نانو مس پروفیل دانسیته یکنواخت‌تری نسبت به تخته‌های شاهد بدون نانو مس دارند (جدول ۲ و شکل ۵). همانطور که مشاهده می‌شود نقطه حداکثر پروفیل دانسیته تخته‌های ساخته شده با ۸ درصد چسب حاوی نانو مس پایین تر از تخته های ساخته شده با ۱۰ درصد چسب با و بدون نانو مس می‌باشد (جدول ۲). علت این امر را می توان در انتقال سریع تر گرما به لایه میانی تخته دانست که باعث کاهش زمان پرس می‌شود (Farajollah pour, *et al.*, 2010)، ضمن اینکه لایه سطحی تخته‌ها کمتر فشرده می‌شود (به علت پایین بودن رطوبت الیاف لایه سطحی در شرایط استفاده از ۸ درصد چسب).

در نهایت نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مقدار چسبندگی داخلی مربوط به تخته‌های حاوی ۵ درصد نانو مس و ۸ درصد چسب به‌طور نسبی از مقدار آن در تخته‌های شاهد که با مقدار ۱۰ در صد چسب ساخته شده‌اند بیشتر است، ضمن اینکه بهترین مقاومت خمشی نیز مربوط به تخته های حاوی ۱۰ درصد نانو مس و ۸ درصد چسب می‌باشد.

منابع مورد استفاده

-Ee Ding Wong, Min Zhang, Qian Wang, Guangping Han, Shuichi Kawai. 2000. Formation of the density profile and its effects on the properties of fiberboard. J Wood Sci (2000) 46:202-209.

-Farajollah pour, M. and Dosthosseini, K., 2010. Effects of copper and silver nanoparticles on thermal conductivity and mechanical and physical properties of particleboard pressing cycle, the master's thesis. Tehran University.

-Geng, X. , Deng, J. , Zhang, S.Y., 2006. Effects of hot-pressing parameters and wax content on the properties of fiberboard made from paper mill sludge. Volume 38, Issue 4, October 2006, Pages 736-741.

-Habibi, M., Hosseinkhani, H. And Mahdavi, S. 2007. Investigate the effect of press time and resin content on the properties of medium density fiberboard (MDF) made from rice straw, Iranian Journal of Wood and Paper Science, 22 (1): 61-51, p.

-Kargarfard, A., Dosthosseini, K., Jahan-Ltybary, A. and Hossein-Zadeh, A., 2003. Effect of temperature and pressing time on heat transfer in particleboard manufacturing process. Research and development (16), pp. 56-62.

-Nourbakhsh, A. And Kargarfard, A., 2005. Effect of press time and amount of glue particleboard made from a mixture of lignocellulosic resources in southern Iran, Iranian Journal Wood and Paper Science, 20 (1): 64 - 47 p.

-Siqun Wang, Paul M. Winistorfer, Timothy M. Young, 2004**,** Fundamentals of vertical density profile formation in wood composites.partIII. MDF density formation during hot- pressing. Tennessee Forest Products Center, Wood and Fiber Science, 36(1), pages: 17–25.

-Torrey, K.S., Yrjana, W.A., King, J.A. 2003. Effect of thermally conductive fillers on the internal bond strength of strandboard. Volume 53, Issue 11-12, November 2003, Pages 74-80

-Wang, S. & Winistorfer, P. M. 2000. "Fundamentals of vertical density profile formation in wood composites.Part II. Methodology of vertical density formation under dynamic conditions." Wood and Fiber Science, 32, 220-238.

-Yosefi, H., Enayati, A.A., Faezipour, M.M. and Sadatnejad, S., 2008. Effect of steaming time and resin content on the properties of medium density fiberboard (MDF) made from stems colza, Iranian Journal of wood and Paper Science, 23 (1): 156-149,

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of Cu nano particles addition on the vertical density profile and mechanical properties of medium density fiberboard (MDF)

A.A. Enayati[1*], H. Pangh[2], M. Layeghi[3] and K. Doosthosseini[4]

1*-Corresponding Author, Professor, Dept. of Wood and Paper Science and technology, University of Tehran, Iran, Email: aenayati@ut.ac.ir
2-M.Sc, wood and Paper Science and technology, University of Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Dept. of Wood and Paper Science and technology, University of Tehran, Iran
4- Professor, Dept. of Wood and Paper Science and technology, University of Tehran, Iran

Received: Nov., 2013 Accepted: May, 2014

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of Cu nano particles addition on the density profile and mechanical properties of medium density fiberboard. One layer fiberboard (MDF) with the density of 0.58g/cm^{3}and thickness of 17 mm were produced using Cu nano particles in three levels (5, 10 and 15wt%based on solid content of resin) and urea formaldehyde resin content in two levels (8 and 10wt%based on oven dry weight of fibers) as variable factors. The control panels were produced using 10% resin (based on oven dry weight of fibers) without Cu nano particles using the identical manufacturing parameters as other panels. Mechanical strength including internal bonding (lB), bending strength, modulus of elasticity and density profile using slicing method were determined. The results indicated that increasing the content of Cu nano-particles had no significant effect on the internal bonding as well as bending strength and modulus of elasticity of panels. Increasing the resin content from 8 to 10 percent improved modulus of elasticity (43.7%), bending strength (18.9%) and internal bonding (23%) of panels. In addition, the increasing Cu nano particles up to 5% caused relatively higher IB for panels produced using 8%resin compared to the control panels(containing10% resin) as well as the density profile was more uniform with the lowest differences between maximum and minimum density in the density profile.

Key words: Medium Density Fiberboard, Cu nano particles. Density profile, Mechanical properties,

www.SID.ir