

اثر رطوبت کیک خرده‌چوب و نانوذرات مس بر انتقال حرارت و خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب صنوبر

محمد فرج الله پور^{۱*} و کاظم دوست حسینی^۲

*۱- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناس ارشد صنایع چوب دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

پست الکترونیک: farajallahpour@ut.ac.ir

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

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۰

چکیده

در این تحقیق اثر رطوبت کیک خرده‌چوب و حضور نانوذرات مس بر انتقال حرارت و خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب صنوبر مورد بررسی قرار گرفت. عوامل متغیر شامل رطوبت کیک خرده‌چوب در سه سطح ۹، ۱۲ و ۱۵ درصد بر مبنای وزن خشک خرده‌چوب‌ها و نانوذرات مس در دو سطح ۰ و ۱۵ درصد براساس وزن خشک چسب در نظر گرفته شدند. نتایج نشان‌دادند که با افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب خواص مکانیکی تخته خرده‌چوب بهبود می‌یابد. نانوذرات مس موجب افزایش انتقال حرارت از صفحه‌های پرس به لایه مغزی کیک خرده‌چوب و متعاقباً افزایش چسبندگی داخلی گردیده‌است و این اثر مثبت با افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب مشهودتر می‌شود. اما جذب آب و واکنشیدگی ضخامت با بالارفتن رطوبت کیک خرده‌چوب و حضور نانو ذرات افزایش می‌یابد. نتایج این بررسی نشان‌دادند که تأثیر نانو ذرات مس در رطوبت‌های بالاتر کیک خرده‌چوب بر انتقال حرارت بیشتر می‌باشد. به طوری که حضور، پراکنش و اندازه نانوذرات در خط چسب توسط پرتوسنجی اشعه ایکس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از تصویربرداری میکروسکوپ الکترونی (SEM) و پرتوسنجی اشعه ایکس (EDX) حضور و پراکنش مناسب نانوذرات مس در خط چسب را به خوبی اثبات می‌کند.

واژه‌های کلیدی: تخته‌خرده‌چوب صنوبر، رطوبت کیک خرده‌چوب، نانوذرات مس، انتقال حرارت، خواص فیزیکی و مکانیکی

مقدمه

تخته خرده‌چوب یک فرآورده مهندسی شده پرکاربرد در بین صفحات چوبی می‌باشد. براساس گزارش سازمان خواروبار جهانی (FAO) مصرف این فرآورده از ۵۶×۱۰^۶ در سال ۱۹۹۸ به ۱۰۴×۱۰^۶ مترمکعب در سال ۲۰۰۶ افزایش یافته است و تقاضا برای مصرف این فرآورده در بخش‌های ساختمان‌سازی، مبلمان و دکوراسیون داخلی

روزیه‌روز نیز در حال افزایش می‌باشد (zheng et al., 2006). ایجاد تغییرات کارا در هریک از بخش‌های فرایندی یا ساختاری تولید این فرآورده که سبب افزایش بازدهی و بهبود خواص کاربردی گردد از نظر اقتصادی بسیار با اهمیت بوده و مورد توجه قرار می‌گیرد. یکی از عوامل عمده در ارتقاء کیفی و کمی تخته‌خرده‌چوب انتقال سریع و کافی حرارت به لایه مغزی کیک

خرده‌چوب جهت پلیمرشدن و تشکیل اتصالات مؤثر بین ذرات خرده‌چوب است. بررسی تأثیر انتقال حرارت پرس و رابطه آن با ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی محصول ما را در دستیابی به بهترین کیفیت کمک می‌کند. عوامل مؤثر در این زمینه، حرارت و زمان پرس و نیز مقدار رطوبت یک خرده‌چوب است (وزیری، ۱۳۷۹). در دهه اخیر پیشرفت علوم با ظهور تکنولوژی نانو سرعت قابل توجهی یافته است، در حقیقت اینجا صحبت از ریزشدن است که این کار تماس بیشتر، فعالیت بیشتر و افزایش مساحت را ممکن می‌سازد. افزودن نانوذرات به حلال و تشکیل یک نانوسیال به‌عنوان ایده‌ای نو در جهت افزایش مقدار انتقال حرارت مطرح شده است که در نهایت منجر به افزایش بازده تبدیل انرژی و کاهش هزینه‌ها می‌گردد. در این بخش نانوذرات فلزی به دلیل توانایی بالا در هدایت حرارت مورد توجه قرار گرفته‌اند (ویترز و همکاران، ۲۰۰۴).

طبرسا (۱۳۶۷) و کاشانی‌زاده (۱۳۶۷) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش رطوبت کیک تا محدوده ۱۴-۱۶ درصد، مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته تخته افزایش می‌یابد که علت آن را نرم شدن و تراکم بیشتر خرده‌چوب‌ها در اثر رطوبت و حرارت بیان کردند و علت کاهش چسبندگی داخلی در رطوبت‌های بالا را تجمع بخار در لایه میانی و عدم توانایی آن برای خروج از تخته دانستند. Nemli و همکاران (۲۰۰۵) بیان می‌کنند که در رطوبت‌های بالا برای مقابله با کاهش مقاومت‌ها باید زمان پرس را افزایش داد. کارگرفرد و همکاران (۱۳۸۲) بیان کردند هرچه مغز تخته در زمان کوتاهتری به حرارت مناسب برای پلیمر شدن رزین برسد مقاومت چسبندگی داخلی افزایش می‌یابد.

در زمینه بررسی تأثیر نانوذرات بر انتقال حرارت، افزایش نسبت سطح به حجم که با کاهش اندازه نانوذرات همراه است خواص سطح نانوذرات، مقدار و شکل نانوذره را از عوامل کلیدی در خواص انتقال حرارتی نانوسیال بیان می‌کنند (Chun et al., 2008) و (Easter et al., 2001). Moghadassi و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثر نانوذرات CuO مشاهده کردند که با افزایش غلظت نانوذرات هدایت حرارتی بیشتر می‌شود که این پدیده به برهم‌کنش و اثر متقابل ذرات با هم نسبت داده شد، آنها در تحقیق خود اشاره می‌کنند که سیال‌ها با ویسکوزیته کمتر تأثیر بیشتری بر اثرگذاری نانوذرات بر پدیده انتقال حرارت دارند. Chopkar و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی اثر اندازه و نسبت حجمی نانوذرات Al_2Cu و Ag_2Al را در آب و اتیلن‌گلیکول بررسی و بیان کردند که با افزودن ۱/۵ درصد حجمی در میانگین اندازه ذرات ۳۰ تا ۴۰ نانومتر، هدایت گرما ۱۰۰٪ افزایش می‌یابد. با افزایش مقدار ذرات و کاهش قطر آنها هدایت حرارتی افزایش می‌یابد، که علت آن ترکیب و خواص، مقدار (درصد حجمی) و شکل نانوذرات بیان شد. لایقی و همکاران (۱۳۸۹) به بررسی تأثیر نانوذرات نقره در خواص مکانیکی و ضریب هدایت حرارتی تخته خرده‌چوب پرداختند. در این تحقیق از نانو ذرات نقره با غلظت ۲۰ ppm استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از میزان ناچیزی از سوسپانسیون نانو نقره (۲۳ cc) میزان انتقال حرارت را تا حدود ۴۰٪ افزایش داد و تفاوت معنی‌داری بین مقاومت‌های تخته‌های ساخته‌شده در ۴ دقیقه زمان پرس با تخته‌های ساخته‌شده با زمان پرس ۶ دقیقه وجود نداشت. Tang و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیق خود به ساخت غشاءهای مافوق آبدوست CuO و Cu_2O

پرداختند که هر دو غشاء دارای خواص مافوق آبدوستی بودند.

Meng و Sun (۲۰۰۹) و Xia و همکاران (۲۰۰۵) علت پدیده افزایش جذب آب در کامپوزیت‌ها و فیلم‌ها در اثر افزودن نانوذرات را به تغییر در ساختار کامپوزیت، افزایش زبری و ایجاد حفره‌هایی روی سطح آنها و متناسب با اندازه ذرات و پراکنش آنها نسبت می‌دهند. در این تحقیق از نانوذرات مس در ساخت تخته خرده‌چوب استفاده شده است و هدف آن بررسی تأثیر استفاده از نانو ذرات مس در رطوبت‌های مختلف کیک خرده‌چوب بر روی انتقال حرارت به مغز تخته و خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب می‌باشد.

مواد و روشها

مواد اولیه: در این تحقیق از خرده‌چوب‌های صنوبر به‌عنوان ماده اولیه برای ساخت تخته‌ها استفاده شد.

مشخصات خرده‌چوب‌های مصرفی در جدول (۱) ارائه گردیده است. رطوبت این خرده‌چوبها پس از قراردادن در یک خشک‌کن دوار با سرعت ۳ دور در دقیقه و دمای ۱۲۰ درجه به سطح ۲٪ کاهش یافت. رزین اوره فرمالدهید مصرفی از شرکت تیران شیمی تهیه گردید و به اندازه ۱۰ درصد وزن خشک خرده‌چوب‌ها در ساخت تخته‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. مشخصات رزین اوره فرمالدهید مصرفی در جدول (۲) قابل مشاهده می‌باشد. نانوذرات مس با غلظت ۴۰۰۰ (ppm) و اندازه تقریبی ذرات ۲۰-۵۰ نانومتر از شرکت نانوصب پارس تهیه شد، مشخصات این نانوذرات در جدول (۳) ذکر شده‌است. به منظور بررسی سرعت انتقال حرارت در ضخامت کیک در طی سیکل پرس و ثبت زمان رسیدن دمای مغز تخته به ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد، ترموکوپل‌های حرارتی نوع k و سیم‌های کروم-نیکل در لایه مغزی کیک خرده‌چوب قرار داده شدند.

جدول ۱- مشخصات خرده‌چوب‌های مصرفی

ضریب کشیدگی $S=L/t$	ضخامت ذرات (t)	طول ذرات (L)
۲۱/۹۳	۰/۷	۱۵/۳۵

جدول ۲- ویژگی‌های چسب مورد استفاده

نوع رزین	دانسیته (gr/cm ³)	مواد جامد (%)	ویسکوزیته (CP)	زمان ژله‌ای شدن (S)	(PH)
اوره فرمالدهید	۱/۲۷۵	۶۳	۳۸۰	۶۰	۸

جدول ۳- خصوصیات نانوذرات مورد استفاده

نام	نماد	عدد اتمی	دانسیته (g/cm ³)	نقطه ذوب (°C)	هدایت حرارتی W/(m·K)	اندازه ذرات (nm)
مس	Cu	۲۹	۸/۹	۱۰۸۴/۶	۴۰۱	۲۰-۵۰

مدول گسیختگی (MOR) و مدول الاستیسیته (MOR) به ابعاد $14 \times 50 \times 250$ میلیمتر براساس استاندارد DIN52362 تهیه شدند. نمونه‌های مربوط به چسبندگی داخلی (IB) به ابعاد $14 \times 50 \times 50$ میلیمتر براساس استاندارد EN319 و نمونه‌های آزمون‌ی مربوط به تعیین خواص فیزیکی شامل جذب آب (WA) و واکنشیدگی ضخامت (TS) پس از ۲ و ۲۴ ساعت طبق استاندارد EN317، با ابعاد $14 \times 50 \times 50$ تهیه شدند. تصویربرداری میکروسکوپی (SEM) توسط دستگاه INCAPentaFETx3 که مجهز به آنالیزور ترکیب عناصر (EDX)^۱ بود در ولتاژ ۲۰ کیلوولت، در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران انجام شد. مقطع عرضی نمونه‌های تهیه شده به ابعاد $1 \times 0/5 \times 0/5$ سانتیمتر پس از روکش شدن با نانوذرات طلا برای تصویربرداری استفاده شد. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل با روش تجزیه واریانس و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن انجام شد.

نتایج

با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثرهای مستقل و متقابل رطوبت یک خرد چوب و حضور نانوذرات در سطوح مختلف بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرد چوب مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴).

عوامل متغیر این تحقیق شامل رطوبت یک خرد چوب در سه سطح ۹، ۱۲ و ۱۵ درصد بر مبنای وزن خشک خرد چوب و نانوذرات مس در دو سطح ۰ و ۱۵ درصد بر مبنای وزن خشک چسب در نظر گرفته شد.

ساخت تخته‌ها: تخته‌ها در آزمایشگاه فرآورده‌های مرکب گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران ساخته شدند. در این تحقیق نانوذرات به چسب مصرفی افزوده شده و بعد روی خرد چوب‌ها اسپری گردیدند. برای این کار در مرحله آماده‌سازی چسب، مقدار مشخص شده از این نانوذرات را به چسب اضافه کرده و در همزن آزمایشگاهی Black&Decker مدل BS500 (طی دو مرحله زمانی ۱ دقیقه‌ای با ۳۰ ثانیه توقف) با سرعت ۵۵۰۰ دور در دقیقه با یکدیگر مخلوط شدند. مخلوط چسب و نانوذرات تهیه شده به خرد چوب‌ها در یک چسب‌زن استوانه‌ای اسپری شد. یک خرد چوب در یک پرس آزمایشگاهی از نوع Burkle.LA160 با دمای ۱۷۵ درجه سانتیگراد و فشار ۳۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب برای مدت زمان ۶ دقیقه پرس شد. ضخامت و دانسیته تخته‌ها به ترتیب برابر ۱۶ میلیمتر و ۰/۷۵ گرم بر سانتیمتر مکعب در نظر گرفته شدند.

تعیین خواص تخته خرد چوب: پس از مشروط کردن تخته‌ها به مدت ۲ هفته در دمای 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد طبق استاندارد EN326-1، نمونه‌های آزمون‌ی مربوط به تعیین

1- Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS or EDX)

جدول ۴- اثرهای مستقل و متقابل عوامل متغیر بر خواص تخته خرده چوب

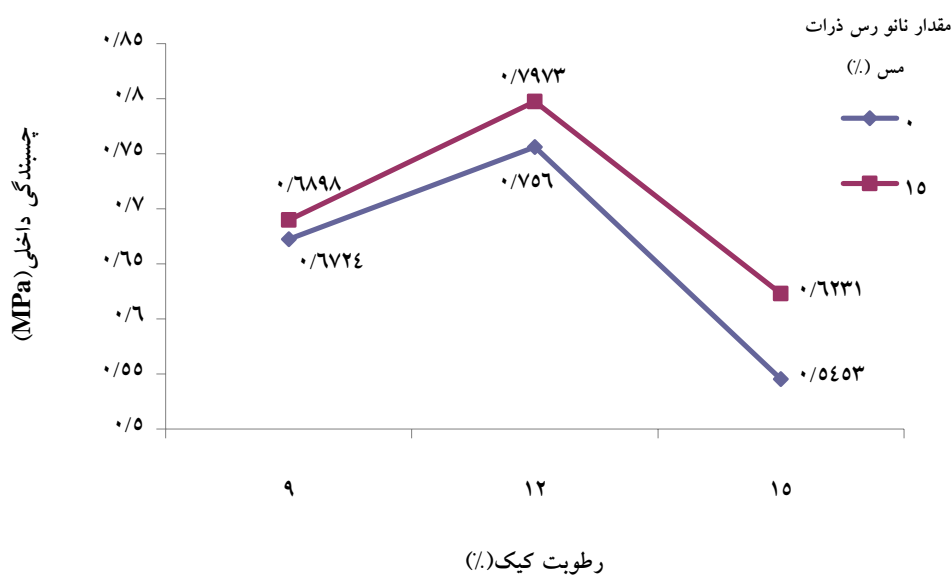
علائم	عامل متغیر	چسبندگی داخلی (IB)	مدول گسیختگی (MOR)	مدول الاستیسیته (MOE)	جذب آب پس از ۲ ساعت (WA2)	جذب آب پس از ۲۴ ساعت (WA24)	واکشیدگی پس از ۲ ساعت (TS2)	واکشیدگی پس از ۲۴ ساعت (TS24)
A	اثر مستقل مقدار نانو ذرات	**	ns	ns	**	**	ns	**
B	اثر مستقل رطوبت کیک	**	**	**	**	*	**	**
AB	اثر متقابل مقدار نانو ذرات × رطوبت کیک	**	ns	ns	ns	*	ns	*

** معنی دار در سطح ۱ درصد، * معنی دار در سطح ۵ درصد، ns بدون اثر معنی دار

چسبندگی داخلی: تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از

چسبندگی داخلی مبین تأثیر نانو ذرات، میزان رطوبت کیک خرده چوب و همچنین اثر متقابل این دو فاکتور بر این ویژگی در سطح ۱٪ می باشد. نتایج نشان می دهند که تأثیر مقدار رطوبت کیک خرده چوب از رطوبت ۹ تا ۱۲ درصد موجب افزایش چسبندگی داخلی می گردد ولی در ادامه تا رطوبت ۱۵ درصد سبب افت در این مقاومت شده است

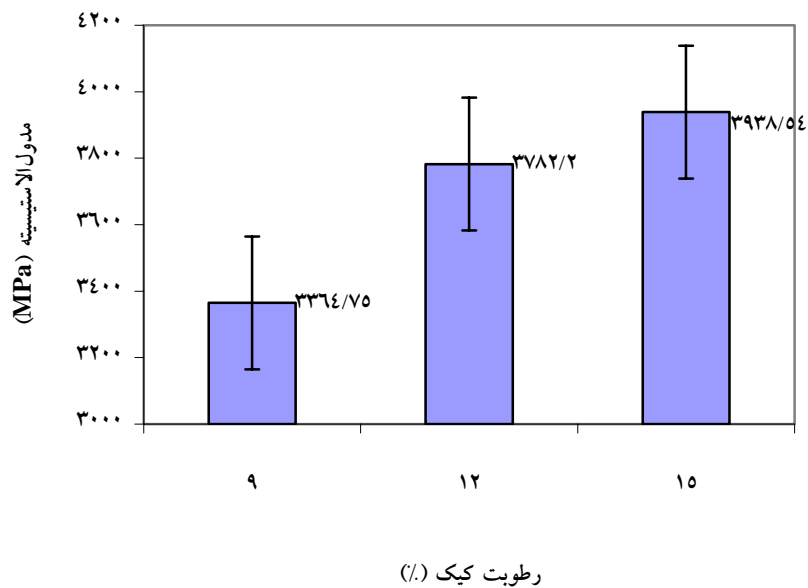
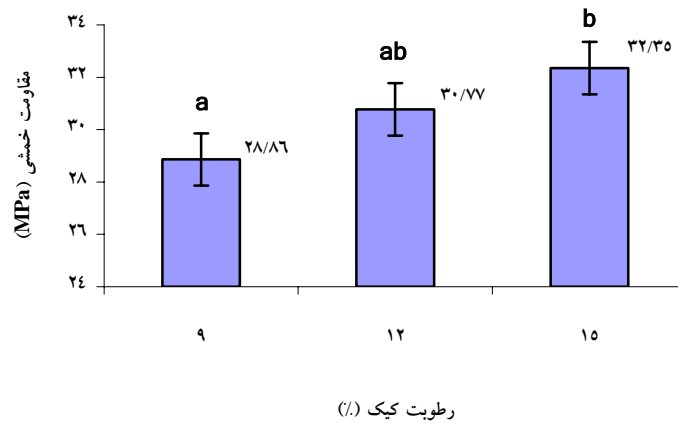
(شکل ۱). همانطوری که مشاهده می شود حضور نانو ذرات موجب افزایش مقاومت چسبندگی داخلی می گردد و این اثر مثبت با افزایش رطوبت کیک خرده چوب مشهودتر می شود. تفاوت چسبندگی داخلی نمونه های حاوی نانو ذرات مس با نمونه های شاهد در رطوبت ۱۵ درصد بیشتر از همین نسبت برای رطوبت کیک ۹ درصد می باشد.



شکل ۱- اثر متقابل رطوبت کیک خرده چوب و مقدار نانو ذرات مس بر چسبندگی داخلی

مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته: با توجه به جدول تجزیه واریانس مشاهده که اثر مستقل رطوبت کیک خرده چوب بر مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته در سطح ۱ درصد معنی دار شده است. شکل های ۲ و ۳ اثر مستقل

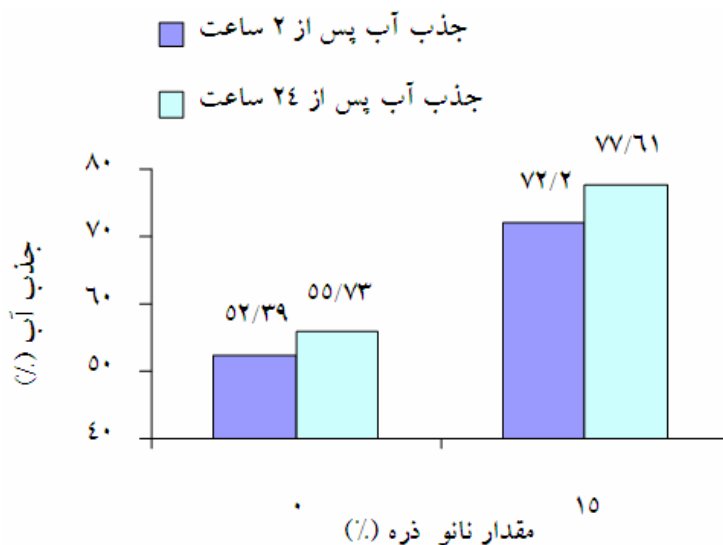
رطوبت کیک خرده چوب بر این ویژگی ها را نشان می دهند. براساس این نتایج با افزایش رطوبت کیک خرده چوب از ۹ تا ۱۵ درصد، مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته تخته ها به ترتیب ۱۲ و ۱۷ درصد افزایش می یابد.



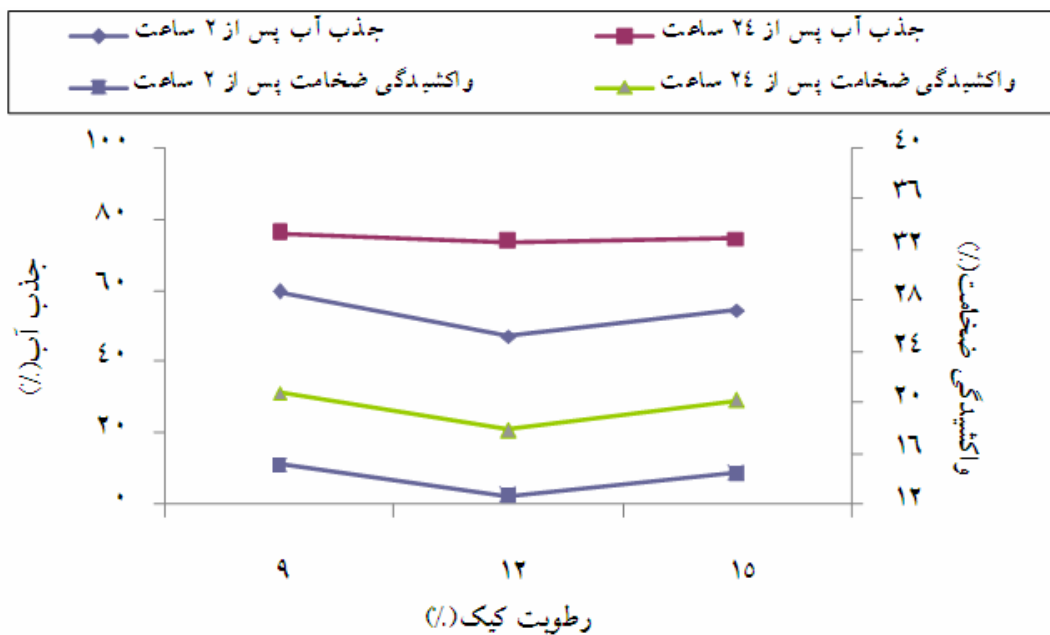
شکل ۳- اثر مستقل درصد رطوبت کیک بر مدول الاستیسیته

کمترین میزان جذب آب مربوط به نمونه‌ها با رطوبت ۱۲ درصد می‌باشد (شکل ۵). البته نتایج نشان می‌دهند با افزایش رطوبت از ۹ به ۱۲ درصد جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت کاهش می‌یابد، اما در سطح ۱۵ درصد، جذب آب دوباره افزایش می‌یابد.

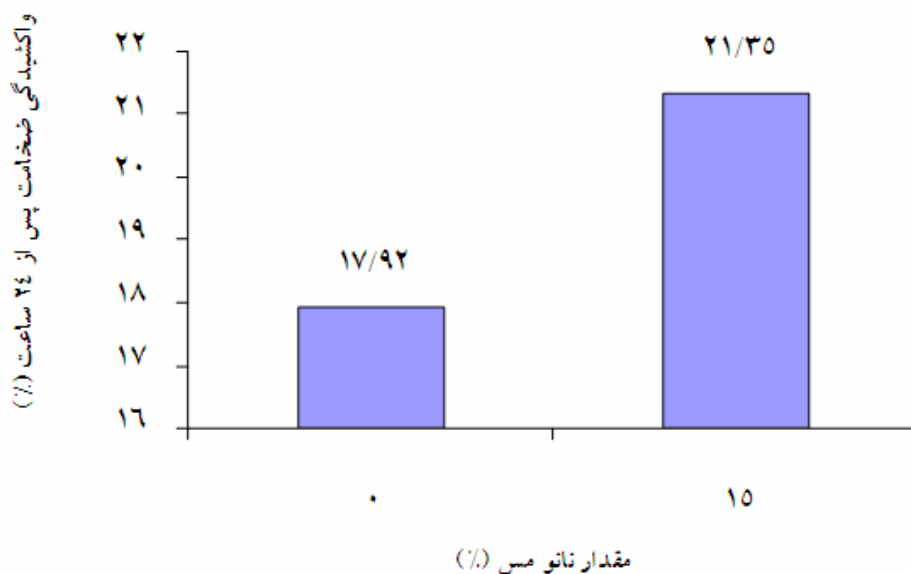
جذب آب: شکل ۴ اثر مستقل مقدار نانوذرات مس بر جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت را نشان می‌دهد. همان طوری که مشاهده می‌شود با افزودن نانوذرات جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت به اندازه ۶/۳۷ و ۷/۴۹ درصد نسبت به نمونه‌های شاهد افزایش می‌یابد. بررسی اثر مستقل رطوبت کیک خرده چوب بر جذب آب،



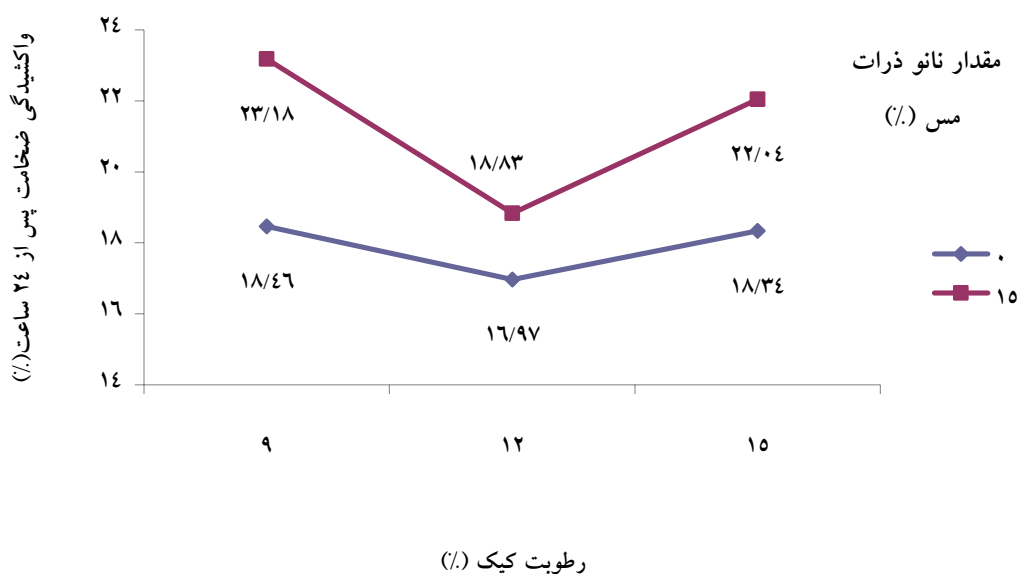
شکل ۴- اثر مستقل مقدار نانوذرات مس بر جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت



شکل ۵- اثر مستقل رطوبت کیک خرده چوب بر جذب آب و واکنش پذیری ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت



شکل ۶- اثر مستقل درصد نانو ذره مس بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت



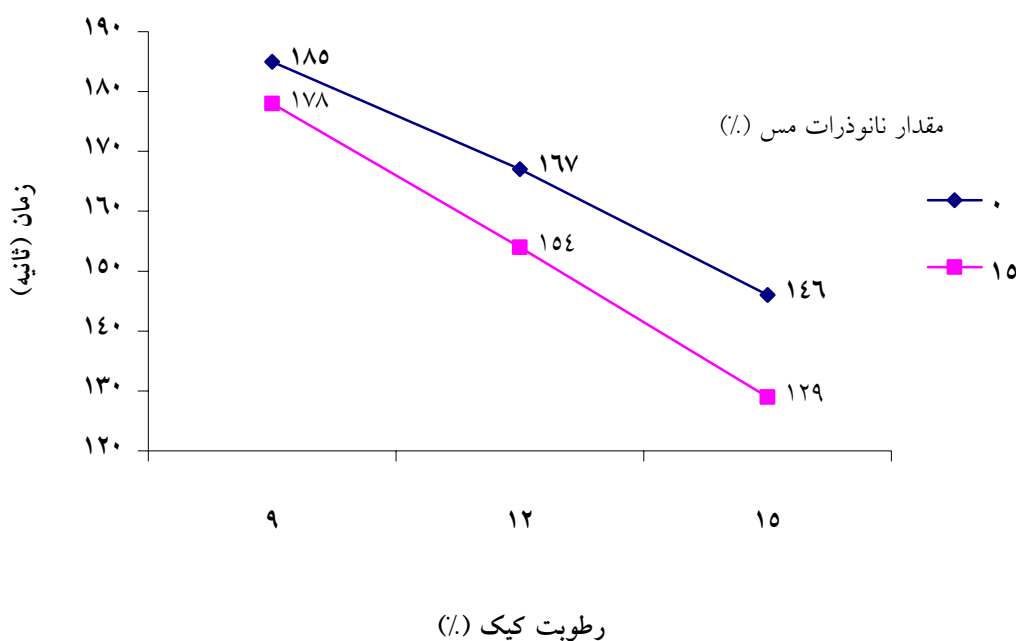
شکل ۷- اثر متقابل نانوذرات مس و رطوبت کیک خرده چوب بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت

افزایش درصد رطوبت کیک از ۹ به ۱۲ درصد سبب کاهش در واکشیدگی ضخامت می‌گردد اما پس از آن در رطوبت ۱۵ درصد میزان واکشیدگی ضخامت افزایش می‌یابد (شکل ۵). همچنین اثر حضور نانوذرات بر

واکشیدگی ضخامت: تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها حکایت از تأثیر رطوبت کیک خرده چوب بر واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت در سطح ۱ درصد دارد. نتایج نشان می‌دهند که

انتقال حرارت: در ساخت تخته خرده‌چوب عوامل متعددی بر فرایند انتقال حرارت در مرحله پرس گرم مؤثر هستند. افزودن نانوذرات فلزی به دلیل دارا بودن ضریب هدایت حرارتی بالا نیز در این امر تأثیر مثبت دارند. نتایج نشان می‌دهد با افزودن نانوذرات مس انتقال حرارت بالاتر رفته و دمای مغز تخته‌هایی که دارای این نانوذرات می‌باشند در مقایسه با تخته‌های شاهد در زمان کمتری به ۱۰۰ درجه می‌رسد (شکل ۸). همچنین تأثیر حضور نانوذرات بر کاهش زمان رسیدن دمای مغز تخته به ۱۰۰ درجه در رطوبت‌های بالاتر کیک خرده‌چوب مشهودتر است.

واکسیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. به طوری که افزودن نانوذرات مس سبب ۱۹/۱۴ درصد افزایش در واکسیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب می‌گردد (شکل ۶). اثر متقابل درصد رطوبت و مقدار نانوذره بر واکسیدگی ضخامت تخته‌های حاصل تنها در مورد واکسیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است. نتایج حاصل حکایت از آن دارد که در مورد تیمارهایی که با ضعف اتصالات داخلی مواجه هستیم تأثیر حضور نانوذرات بر افزایش واکسیدگی ضخامت بیشتر می‌باشد (شکل ۷).



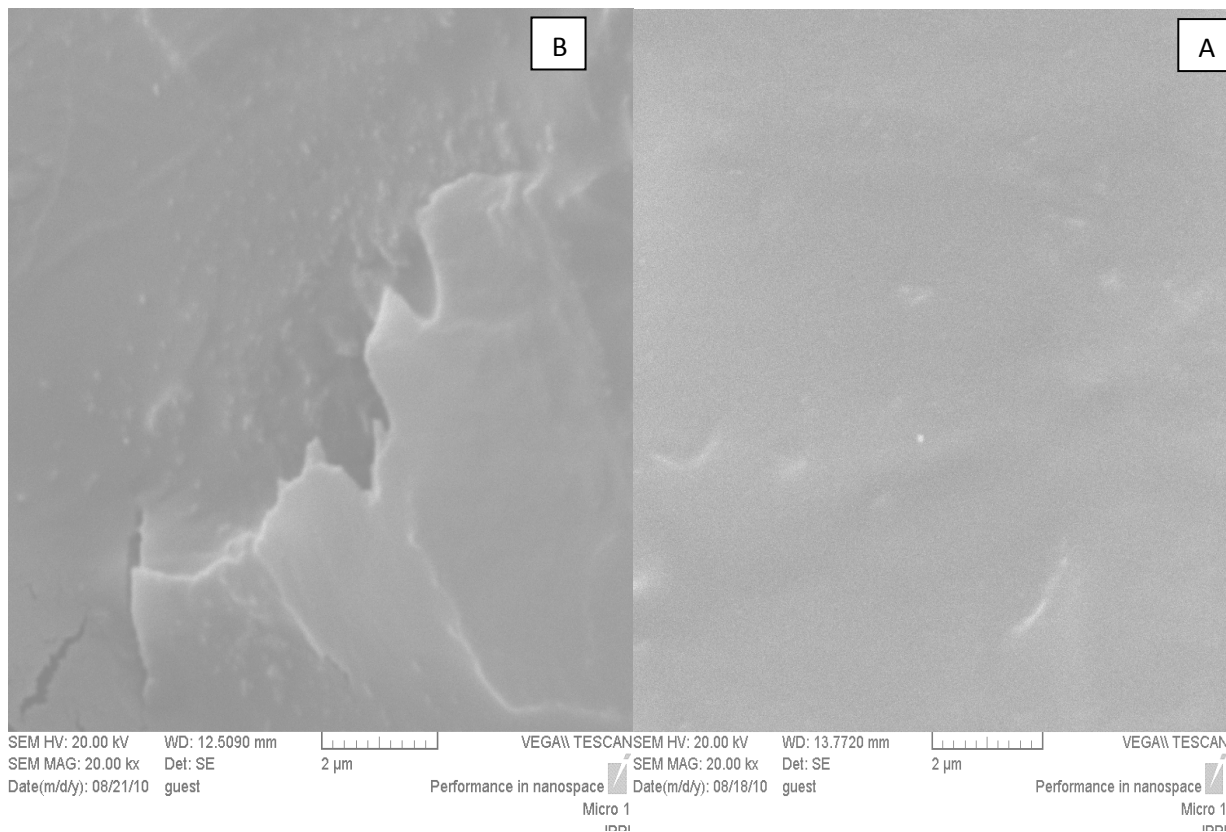
شکل ۸- زمان رسیدن دمای مغز تخته به ۱۰۰ درجه برای تیمارهای مختلف

چگونگی پراکنش آنها از تصویربرداری SEM استفاده گردید و در کنار آن به منظور مشخص کردن ترکیب عناصر و مقدار آنها در نمونه‌ها از EDX استفاده شد.

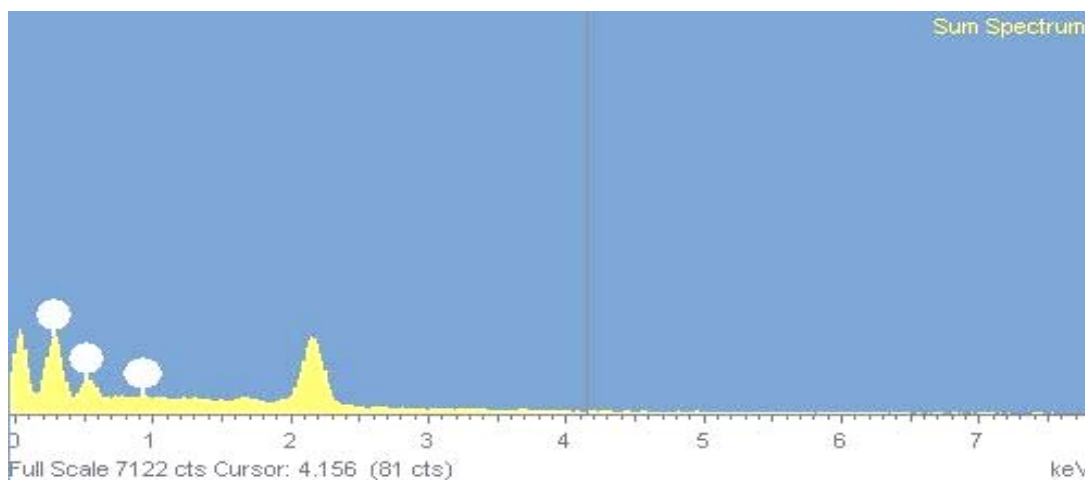
مشخصه‌یابی نانو ذرات با تصویربرداری SEM و پرتوافکنی اشعه ایکس: در این تحقیق به منظور مشخصه‌یابی نانوذرات و اطمینان از حضور آنها در تخته و

لایه‌ای از چسب پوشانده شده‌اند. در شکل ۱۰ نیز طیف سنجی اشعه ایکس EDX انجام شده است که نتایج مبین حضور نانوذرات در نمونه‌ها می‌باشد.

همان طوری که در شکل ۹ مشاهده می‌شود تصویر (A) نشان دهنده خط چسب بدون حضور نانوذرات می‌باشد، در تصویر (B) نانوذرات مس به صورت نقطه‌های روشن‌تر در تصویر قابل رویت می‌باشند که تقریباً با



شکل ۹- تصویر SEM با بزرگنمایی ۲۰۰۰۰ برابر. A: نمونه بدون نانو مس، B: نمونه حاوی ۱۵٪ نانو مس



شکل ۹- پروفیل EDX نانوذرات مس

بحث

نتایج نشان‌داد با افزایش رطوبت از ۹ به ۱۲ درصد میزان مقاومت چسبندگی داخلی افزایش می‌یابد، اما بعد از آن در رطوبت ۱۵ درصد با کاهش مواجه می‌شود که علت این امر را می‌توان به تجمع بخار در لایه میانی و عدم توانایی آن برای خروج از تخته نسبت داد (طبرسا، ۱۳۶۷). افزایش رطوبت کیک اگرچه در انتقال حرارت و نرم کردن خرده‌چوب‌ها و بهبود مقاومت‌ها تأثیر دارد ولی افزایش بیش از حد مورد نیاز آن سبب بروز اثرهای مضر بر روی چسبندگی داخلی می‌شود (Nemli et al., 2005). با افزودن نانو ذرات مس ۵/۴۷ درصد افزایش در چسبندگی داخلی مشاهده شد. نانوذرات مورد استفاده به دلیل اندازه‌ی بسیار ریز که منجر به ایجاد سطح ویژه بالا در آنها و قابلیت عملکردی بیشتر می‌گردد و همچنین ضریب هدایت حرارتی بالا که تحت تأثیر ترکیب و خواص، مقدار استفاده (درصد حجمی)، شکل و اندازه نانو ذرات می‌باشد، موجب می‌شوند حرارت صفحات پرس سریعتر از سطح به مغز تخته انتقال یابد و در نتیجه گیرایی چسب در لایه مغزی تخته بهبود یافته و افزایش چسبندگی داخلی مشاهده گردد (Chopkar et al., 2008). نتایج همچنین نشان می‌دهند که تأثیر استفاده از نانوذرات در رطوبت‌های بالاتر بیشتر بوده و افزایش بیشتری در مقاومت چسبندگی داخلی در رطوبت‌های بالاتر مشاهده می‌شود که می‌تواند به پدیده کاهش ویسکوزیته مخلوط چسب و نانوذرات و در نتیجه اثربخشی بیشتر نانوذرات مرتبط باشد (Moghadassi et al., 2010).

همان‌طور که مشاهده شد حضور نانوذرات تأثیر معنی‌داری بر مدول گسیختگی و الاستیسیته نداشته است. به طوری که اثر رطوبت کیک خرده‌چوب بر

مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته به صورت یک روند مشابه بوده و نتایج نشان می‌دهند با افزایش رطوبت، مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته افزایش می‌یابند، به طوری که بالاترین مقدار در رطوبت ۱۵ درصد و کمترین آن در رطوبت ۹ درصد کیک خرده‌چوب ثبت گردیده است. علت افزایش در مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته با افزایش رطوبت کیک در ارتباط با نرم شدن خرده‌چوب‌ها در مرحله پرس و فشردگی بالاتر آنها در اثر رطوبت و حرارت است (طبرسا، ۱۳۶۷). بنابراین با افزایش درصد رطوبت کیک میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در ۲ و ۲۴ ساعت پس از یک کاهش اولیه در ادامه در رطوبت ۱۵ درصد افزایش یافت که علت آن را می‌توان مرتبط با اتصال یابی بهتر ذرات در لایه میانی و تخریب آن در رطوبت‌های بالاتر دانست (کاشانی‌زاده، ۱۳۶۷). بهترین تیمار در مورد این خواص برای رطوبت کیک ۱۲ درصد مشاهده می‌شود. تأثیر نانوذرات مس بر جذب آب به صورت منفی بوده است و جذب آب افزایش پیدا کرد که به خواص آبدوستی نانو ذرات و اثر آن بر تخته نسبت داده شده است. با افزودن نانو ذرات، جذب آب در ۲ ساعت به اندازه ۶/۳۸ درصد و پس از ۲۴ ساعت ۷/۵ درصد افزایش یافت. آبدوست بودن نانوذرات می‌تواند به علت سطح ویژه بالا، موفولوژی سطح آن‌ها و یا حتی به خاطر ایجاد منافذ ریزی که در سطح ایجاد می‌کنند باشد (Sun & Meng, 2009) و (Xia et al., 2005). تأثیر حضور نانو ذرات هم بر واکنشیدگی ضخامت در ۲۴ ساعت معنی‌دار شده است که سبب افزایش در این خصوصیت گردیده‌اند که علت آن را می‌توان پاسخی در مقابل افزایش جذب آب تخته‌ها با حضور نانوذرات دانست. تأثیر حضور نانوذرات بر

- وزیر، م.، ۱۳۷۹. بررسی تأثیر شرایط ساخت تخته خرده چوب بر انتقال حرارت طی سیکل پرس. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. ۱۳۰ صفحه.

- ویترز، ر. و جیمز، ل.، ۲۰۰۴. استفاده از نانو مواد کربنی برای افزایش انتقال حرارت در سیالات. ماهنامه فناوری نانو. سال ششم. شماره ۱۲۳. دی ماه ۱۳۸۶

- لایقی، م.، بینا، م.، هاشمی، ا.، ۱۳۸۹. بررسی تاثیر نانو نقره در خواص مکانیکی و ضریب هدایت حرارتی تخته خرده چوب. همایش ملی فن آوری های نوین در صنایع چوب و کاغذ. دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس. ۲۸ و ۲۹ اردیبهشت.

-Chopkar, M., Sudarshan, S., Das, P.K. and Mann, I.,

2008. Effect of Particle Size on Thermal Conductivity of Nanofluid. Metallurgical and materials transactions, (39A):1535-1542.

-Chun, B., Kan, H. and Kim, S., 2008. Effect of alumina nanoparticles in the fluid on heat transfer in double-pipe heat exchanger system. Korean J. Chem. Eng, 25 (5): 966-971.

-Easter, J., Chio, S., Li, S., 2001. Anomalous increased effective thermal conductivities of ethyleneglycol-based nano fluid containing Cu nano particles. Applied physics letter, 78 (6):7-20

-Meng, F. and Sun, Z., 2009. A mechanism for enhanced hydrophilicity of silver nanoparticles modified TiO₂ thin films deposited by RF magnetron sputtering. Applied Surface Science, 255: 6715-6720.

-Moghadassi, A., Masoud hosseini, S. and Henneke, D.E., 2010. Effect of CuO Nanoparticles in Enhancing the Thermal Conductivities of Monoethylene Glycol and Paraffin Fluids. Ind. Eng. Chem. Res. (49): 1900-1904.

-Nemli, G., Aydın, I. and Zekovic, E., 2007. Evaluation of some of the properties of particleboard as function of manufacturing parameters. Materials and Design, (28): 1169-1176.

-Tang, K., Wang, X., Yan, W., Yu, J. and Xu, R., 2006. Fabrication of superhydrophilic Cu₂O and CuO membranes. Journal of Membrane Science, (286): 279-284.

-Zheng, Y., Pan, Z., Zhang, R., Jenkins, B.M. and Blunk, S., 2006. Properties of medium-density particleboard from saline Athel wood. Ind. Crops Prod, 23 (3): 318-326.

واکشیده گی ضخامت تخته ها با مقاومت داخلی کم تر (۹ و ۱۵ درصد رطوبت کیک نسبت به ۱۲ درصد رطوبت)، بیشتر و چشمگیر تر بود.

در مورد نتایج حاصل از ترموکوپل ها مشاهده می شود با افزایش رطوبت سرعت انتقال حرارت بالا می رود و حضور نانو ذرات نیز در این امر تأثیر مثبت دارند. ضریب هدایت حرارتی بالای این نانو ذرات و همچنین اثر گذاری بالای آنها به علت سطح ویژه بالایشان از عوامل این پدیده است (Chun et al., 2008) و (Easter et al., 2001).

بیشترین سرعت انتقال حرارت مربوط به سطح رطوبت ۱۵ درصد و نانوی ۱۵ درصد می باشد و مغز کیک در مورد این تیمار در زمان کمتری (حدود ۴۰ ثانیه زودتر) به دمای ۱۰۰ درجه می رسد. نتایج حاصل از تصویربرداری SEM نمونه ها حکایت از اندازه نانومتری ذرات مس و توزیع مناسب آنها در خط چسب دارد و همچنین پرتوسنجی اشعه ایکس از نمونه ها، صحت ای بر حضور نانو ذرات مربوطه در خط چسب می باشد.

منابع مورد استفاده

- طبرسا، ت.، ۱۳۶۷. بررسی تأثیر رطوبت کیک خرده چوب، درجه حرارت و زمان پرس بر کیفیت تخته خرده چوب راش و پلیمر شدن رزین اوره فرمالدهید. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. ۶۴ صفحه.

- کارگرفرد، ا.، دوست حسینی، ک.، جهان لیبیاری، ا. و حسین زاده، ع.، ۱۳۸۲. تأثیر درجه حرارت و زمان پرس بر انتقال حرارت در فرآیند ساخت تخته خرده چوب. پژوهش و سازندگی، (۱۶): ۵۶-۶۵.

- کاشانی زاده، م.، ۱۳۶۷. بررسی چهار عامل مهم تولید، بر کیفیت تخته خرده چوب ساخته شده از ضایعات صنایع روکش و تخته لایه (گونه راش). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. ۱۶۳ صفحه.

Effect of mat moisture content and Cu nanoparticles on heat transfer and physical and mechanical properties of poplar particleboard

Farajallahpour, M.^{1*} and Doosthoseini, K.²

1*- Corresponding author, M. Sc. Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resource, University of Tehran, Email: farajallahpour@ut.ac.ir

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

Received: May, 2011

Accepted: March, 2012

Abstract

Effects of mat moisture content (MC) and Cu nanoparticles on heat transfer and physical and mechanical properties of poplar particleboard were investigated. Three levels of mat moisture content (9, 12 and 15% based on oven dried wood particles) and two levels of Cu nanoparticles (0 and 15% based on oven dried resin) were selected as variable factors. Results indicated that mechanical properties of particleboard improved as MC increases. Cu nanoparticles accelerated the heat transfer from the surface layer to the core layer of the mat and subsequently increased the internal bonding. This positive effect was evident as MC increased. Water absorption and thickness swelling increased as either MC or Cu nanoparticles content was raised. It was observed that the efficiency of Cu nanoparticles on heat transfer was superior at higher MC. Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS) and Scanning Electron Microscopy (SEM) determination revealed that the presence and very well dispersion of Cu nanoparticles in glue line.

Keywords: Poplar particleboard, mat moisture content, Cu nanoparticles, heat transfer, physical and mechanical properties