نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و سوم، شماره سوم، ۱۳۹۵
http://jwfst.gau.ac.ir

تأثیر نانوسلولز و چسب روی خواص MDF ساخته شده از پانل‌های بازیافتی به روش الکترولیز

[*]ژینو شیخی سنندجی[۱]، تقی طبرسا[۲] و مهدی مشکور[۳]

[۱]دانشجو کارشناسی‌ارشد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان،
[۲]استاد گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]استادیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۸/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۱/۰٦

چکیده

سابقه و هدف: افزایش جمعیت و تقاضای روز افزون برای محصولات چوبی باعث کاهش سطح جنگل‌ها شده، به طوری‌که در همه کشورهای جهان قوانین سخت گیرانه‌ایی برای قطع درختان تدوین شده است. فشار بیش از حد سازمان محیطزیست ایران باعث شده است که بحث توقف بهره‌برداری از جنگل‌ها به‌صورت جدی مطرح شود و میزان برداشت چوب از جنگل‌ها به کمتر از یک میلیون متر مکعب در سال کاهش یابد. بنابراین صنایع چوب با کمبود چوب مواجه می‌باشد (۱۲).

هدف از انجام این کار تهیه الیاف از پانل‌های مستعمل و استفاده بهینه از آن‌ها به روش الکترولیز بدون مواد شیمیایی برای جلوگیری از آلودگی محیطزیست و استفاده مجدد از این الیاف بازیافتی در ساخت تخته‌های MDF بود.

مواد و روش: در این پژوهش ابتدا ضایعات پانل‌های چوبی MDF از چند کارگاه جمع‌آوری شد، ضایعات به قطعات کوچکتر تبدیل و داخل آب به‌مدت ۲٤ ساعت غوطه‌ور گردید غوطه‌وری در آب داغ به‌منظور نفوذ آب به چیپس‌ها قبل از حرارت در گرم‌کن الکتروشیمیایی بود. قطعات MDF خرد

[*]مسئول مکاتبه: zhinoo.sheykhi@yahoo.com

شده و خیس شده در یک سیلندر مجهز به الکترودهای الکتریکی از جنس استیل قرار گرفت، این الکترودها به شکل مستطیلی بوده و در طول محفظه در جداره‌های آن به موازات یکدیگر قرار گرفتند، فاصله بین الکترودها بسته به اندازه سیستم فرق می‌کند اما با تغییر فاصله بین الکترودها، مقاومت میدان الکتریکی که با ولت در سانتی متر بیان می‌شود می‌تواند تغییر کند. ظرف مدت ٤٥ دقیقه در اثر الکترولیز اتصال بین الیاف هیدرولیز شد، و الیاف از هم جدا شدند به‌منظور افزایش هدایت الکتریکی، مقداری نمک طعام به‌این مخلوط افزوده شد. الیاف به‌دست آمده خارج و خشک گردید و برای ساخت مجدد تخته مورد استفاده قرار گرفت، از نانو سلولز به‌عنوان تقویت کننده رزین اوره فرمالدئید در سه سطح استفاده شد. میزان چسب مصرفی در دو سطح و الیاف مورد استفاده به میزان ۷۰ درصد الیاف تهیه شده از کارخانه و ۳۰ درصد الیاف بازیافت شده به‌عنوان متغیر مستقل این مطالعه انتخاب گردید.

یافته‌ها: متغیرهای ساخت همچون دمای ١٦٠ درجه سانتی‌گراد و زمان پرس ۸ دقیقه برای همه تیمارها ثابت در نظر گرفته شد. خواص فیزیکی واکشیدگی ضخامتی (TS) و جذب آب (WA) پس از ۲ و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب و خواص مکانیکی چسبندگی داخلی (IB)، مدول گسیختگی (MOR) و مدول الاستیسیته (MOE) تخته‌ها مورد آزمون قرار گرفت.

نتایج نشان داد که بالاترین مقاومت خمشی (١٤/٤٧ مگاپاسکال) و مدول الاستیسیته (١٣٥٩/٠٩٦ مگاپاسکال) مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۱۲ درصد چسب و ۳ درصد نانوسلولز بود، همچنین بالاترین چسبندگی داخلی در تخته‌های ساخته شده با ۱۲ درصد چسب و ۳ درصد نانو سلولز به‌میزان (۰/۵ مگاپاسکال) بود. کم‌ترین واکشیدگی ضخامت (٤/٧٢٠ درصد و ٩/٨٦٣ درصد بعد از ۲ ساعت و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب) در تخته‌های ساخته شده با ۱۲ درصد چسب و ۳ درصد نانوسلولز بود، همچنین کمترین میزان جذب آب (٣٣/١١٣ درصد و ٨٠/٦٥٣ درصد بعد از ۲ ساعت و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب) در تخته‌های ساخته شده با ۱۲ درصد چسب و ۳ درصد نانو مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: تجزیه و تحلیل آماری نتایج به کمک نرم‌افزار SPSS ١٦ انجام شد. نتایج نشان داد که الیاف بازیافتی از کیفیت مناسبی برخوردار است و امکان استفاده از آن به‌صورت مخلوط با الیاف بکر

وجود دارد، با افزودن نانو سلولز به چسب مصرفی خواص مکانیکی بهبود یافت و جذب آب و واکشیدگی کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: بازیافت، تخته فیبر دانسیته متوسط، روش الکترولیز، مقاومت خمشی، واکشیدگی ضخامتی

مقدمه

به سبب خصوصیات فیزیکی خوب و قابلیت مطلوب در ماشین کاری، MDF کاربردهای بی‌شماری دارد. با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد این محصول، تولید آن در جهان طی سال‌های گذشته به سرعت افزایش یافته است، به‌طوری که تولید جهانی این محصول از ۵۵ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۰۹ به ۹۰ میلیون مترمکعب در سال ۲۰۱۳ افزایش یافته است (۵). مصرف MDF در کشور در سال ۱۳۹۳ بیش از یک میلیون و چهارصد مترمکعب بوده است که ششصد هزار مترمکعب تولید داخل می‌باشد (۱). پیش‌بینی می‌گردد در آینده نزدیک حجم بسیار زیادی MDF به‌صورت مستعمل از دسترس خارج گردد. برای بازیافت این ضایعات تلاش‌های زیادی آغاز شده است. تاکنون روش‌های مختلف جداسازی الیاف از تخته فیبر بازیافتی مورد آزمایش قرار گرفته است. روش‌های بخارزنی و لیف‌زدایی از جمله روش‌هایی است که در گزارشات مشاهده شده است (٤، ۹، ۷، ٦، ١٤، ١٠). تحقیقات نشان داده استفاده از الیاف بازیافتی در ساخت تخته، برخلاف انتظار منجر به کاهش انتشار فرمالدهید از تخته‌های ساخته شده می‌شود و در واقع رزین باقی مانده روی الیاف بازیافتی به نوعی به‌صورت جاذب فرمالدهید عمل کرده و این می‌تواند نشان‌دهنده وجود اوره آزاد باشد (١٤، ٢). شرکت C tech یک روش جدید برای شکستن رزین‌های MDF و آزاد سازی الیاف آن با ساخت یک گرم‌کن الکتروشیمیایی که مختص بازیافت MDF است ابداع کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که فرایند بازیافت اثر کمی روی قطر و طول الیاف داشته است (۳).

هدف از انجام این تحقیق استفاده از روش انرژی الکتریکی برای بازیافت الیاف از MDF های ضایعاتی و ساخت تخته‌های جدید از مخلوط الیاف بازیافتی و الیاف نو و ارزیابی عملکرد الیاف بازیافتی در نظر گرفته شده بود.

مواد و روش‌ها

MDFهای ضایعاتی روکش‌دار از چند کارگاه در شهرستان گرگان جمع‌آوری و به قطعات کوچک تبدیل گردید و به‌مدت ٢٤ ساعت در آب غوطه‌ور شد. در این غوطه‌وری روکش‌ها از تخته‌ها جدا و تخته فیبرها متورم گردید. برای جداسازی الیاف MDFهای بازیافتی یک دستگاه الکترولیز در آزمایشگاه طراحی و ساخته شد. این دستگاه شامل یک محفظه از جنس پلی اتیلن بود که در داخل آن دو ردیف الکترود از جنس استیل و به ضخامت ۲×۲۰ سانتی‌متر به‌فاصله ۳۵ سانتی‌متر از هم تعبیه گردید (شکل ۱). با برقرای جریان الکتریکی حرارت با سرعت زیاد و به‌صورت یکنواخت در تمام نقاط محلول آب حاوی قطعات MDF به ۹۰ درجه سانتی‌گراد رسید. ظرف مدت ٤٥ دقیقه اتصال بین الیاف‌ها شکسته و الیاف به‌صورت سالم از هم جدا شدند. با افزایش نمک طعام سرعت فرایند افزایش یافت.

شکل ۱- محفظه پلاستیکی با الکترودهایی از جنس استیل.

Figure 1. Plastic case with stainless steel electrodes.

الیاف به‌دست آمده در این مرحله به وسیله پالایشگر آزمایشگاهی پالایش گردید. الیاف حاصله به مدت ۷ ساعت در آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و رطوبت آن به حدود ۲ درصد کاهش یافت، و در کیسه‌های نایلونی غیرقابل نفوذ بسته‌بندی شد. الیاف بکر از کارخانه ممتاز گلستان تهیه و با روش فوق خشک گردید، همچنین در این تحقیق چسب اوره فرمالدهید از کارخانه ممتاز گلستان تهیه گردید. مشخصات چسب تهیه شده در جدول ذیل آمده است.

جدول ۱- ویژگی‌های چسب مصرفی.

Table 1. The adhesive properties.

دانسیته (g/cm^3) Density(g/cm^3)	زمان ژل شدن (ثانیه) Gel Time (s)	ویسکوزیته (CP) Viscosity(CP)	درصد جامدات Solid percent (%)	pH	نوع چسب Adhesive Type
1.265	60	350	60	7.5	اوره فرمالدهید Urea-formaldehyde

نانو الیاف سلولز تولید شده از سوزنی برگان از شرکت دانش بنیان نانو نوین پلیمر تهیه گردید. قطر متوسط نانو الیاف ۱۰±۳۲ نانومتر و طول آن‌ها بزرگتر از ۵ میکرومتر توسط شرکت خریداری شده گزارش شد. در این تحقیق چسب اوره فرمالدهید به میزان ۸ و ۱۲ درصد و نانو سلولز به‌میزان ۰، ۱ و ۳ درصد بر مبنای وزن خشک الیاف استفاده شد. مقدار یک درصد سخت کننده کلرید آمونیوم بر مبنای وزن خشک چسب مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا چسب اوره فرمالدهید با نانو سلولز مخلوط شد و ۱ درصد کلرید آمونیوم به مخلوط اضافه گردید. الیاف بازیافتی به میزان ۳۰ درصد به الیاف کارخانه اضافه گردید عمل چسب‌زنی مخلوط الیاف بازیافتی و کارخانه با استفاده از پیستوله هوا انجام شد. الیاف چسب خورده در داخل قالب چوبی با ابعاد ۱۶×۲۰×۳۰ سانتی‌متر به‌صورت یکنواخت ریخته شد. پس از تشکیل کیک در داخل قالب چوبی پیش پرس در داخل قالب چوبی انجام شد و کیک فشرده شده رو صفحات آلومینیومی در پرس گرم قرار گرفت (شکل ۲).

شکل ۲- تشکیل کیک الیاف.

Figure 2. Forming fiber cake.

کیک الیاف در حرارت ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۳ مگا پاسکال به‌مدت ۸ دقیقه پرس شدند. نمونه‌های آزمونی از تخته‌های ساخته شده تهیه گردید. مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته با استفاده از استاندارد EN-310 و چسبندگی داخلی EN-319، جذب اب و واکشیدگی ضخامتی تخته‌ها با استفاده از استاندارد EN- 317 اندازه‌گیری شد. نتایج به‌دست آمده با استفاده آزمون فاکتوریل به روش تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

در جدول ۲، نتایج اندازه‌گیرهای طول و قطر الیاف بازیافتی و الیاف کارخانه نشان داده شده است. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌گردد طول الیاف کارخانه کمی بیشتر از طول الیاف بازیافتی می‌باشد که این امر طبیعی می‌باشد زیرا در طول فرآیند تولید MDF ممکن است طول الیاف به‌علت شکستگی کاهش یابد و قطر الیاف بازیافتی نیز کمی از قطر الیاف کارخانه کمتر است که علت آن فشردگی در طول پروسه تولید MDF و پسماند هم کشیدگی در طی غوطه‌وری می‌باشد.

جدول ۲- طول و قطر الیاف بازیافتی و الیاف کارخانه.

Table 2. Length and diameter factory fiber and recycled fiber.

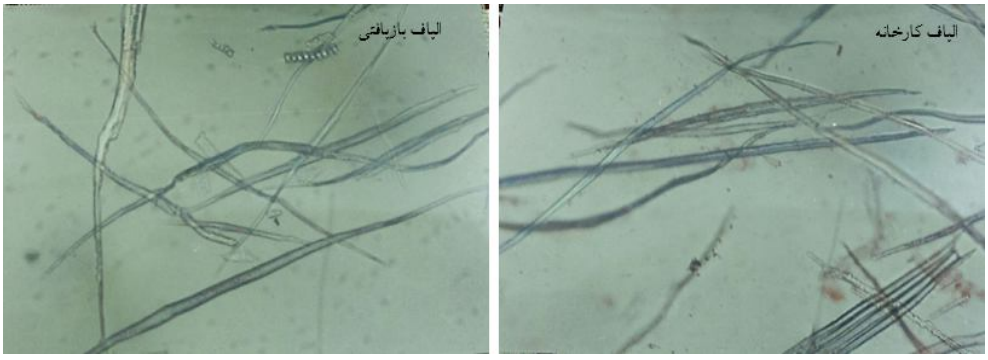
الیاف Fiber	طول (میکرون) Length (μ)	قطر (میکرون) Diameter (μ)	ضریب لاغری Aspect ratio
الیاف کارخانه Factory fiber	889.60	8.12	109.48
الیاف بازیافتی Recycled fiber	816.40	7.87	103.73

شکل ۳- تصاویر تهیه شده برای مقایسه بین توده الیاف بازیافتی و الیاف کارخانه خریداری شده از کارخانه را نشان می‌دهد که اختلافی بین دو توده مشاهده نشد و دو نوع توده با هم شباهت داشتند.

شکل ۳- الیاف کارخانه و الیاف بازیافت شده.

Figure 3. Factory fiber and recycled fiber.

در شکل ٤- تصاویر میکروسکوپی الیاف کارخانه و الیاف بازیافتی مشاهده می‌گردد همان‌طور که دیده می‌شود الیاف‌های بازیافتی بدون شکستگی و برش از هم جدا شده‌اند، با توجه به اندازه‌گیری‌های انجام شده اختلاف کمی بین طول و قطر الیاف بازیافتی و الیاف کارخانه وجود دارد.



شکل ٤- تصاویر میکروسکوپی الیاف بازیافتی و الیاف کارخانه.

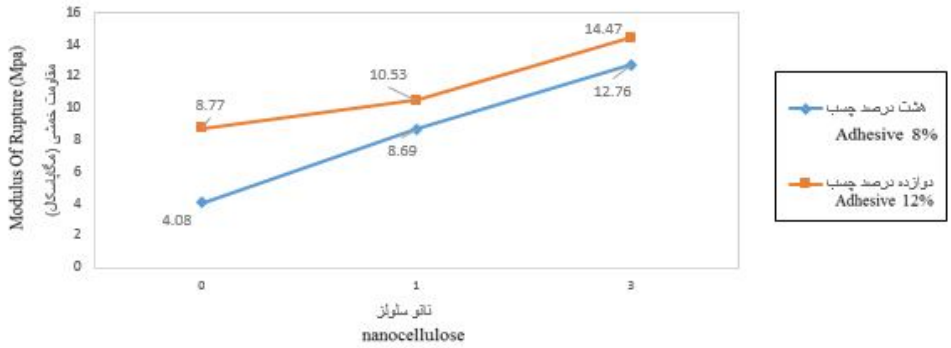
Figure 4. Microscopic images factory fiber and recycled fiber.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر خواص فیزیکی و مکانیکی.

Table 3. Analysis of variance independent and interactive effect of variable factors on physical and mechanical properties.

متغیر Variable	مقاومت خمشی (مگاپاسکال) Modulus Of Rupture (MPa)	مدول‌الاستیسیته (مگاپاسکال) Modulus Of Elasticity (MPa)	چسبندگی داخلی (مگاپاسکال) Internal Bond (MPa)	واکشیدگی ضخامت (درصد) Thickness Swelling (%)		جذب آب (درصد) Water Absorption (%)	
				۲ ساعت 2 hour	۲۴ ساعت 24 hour	۲ساعت 2 hour	۲۴ساعت 24 hour
	میزان F						
چسب Adhesive	5.957*	3.057(ns)	12.055*	29.194*	27.999*	7.854*	5.140*
نانو Nano	13.694*	20. 528*	97.195*	8.940*	8.774*	7.355*	8.338*
نانو× چسب Nano × Adhesive	0.750(ns)	2.084(ns)	0.737(ns)	2.595(ns)	4.900*	2.683(ns)	1.950(ns)

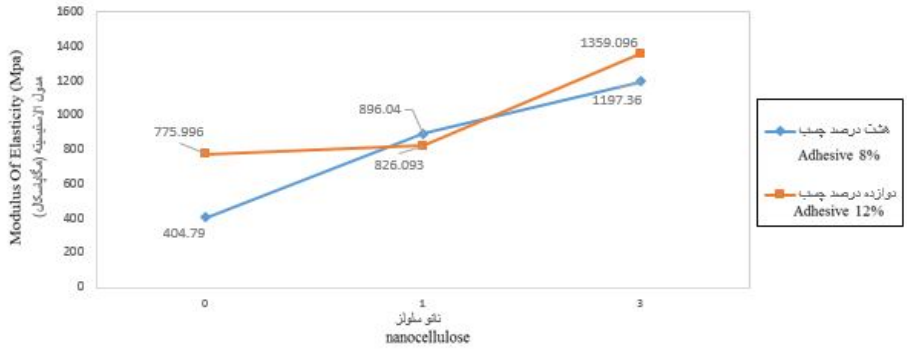
با توجه به (جدول ۳) اثر افزایش میزان مصرف چسب بر مقاومت خمشی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد، به‌طوری که با افزایش مصرف چسب از ۸ درصد به ۱۲ درصد مقاومت خمشی ۳۳ درصد افزایش داشت. اثر مستقل افزودن نانو سلولز به چسب اوره فرمالدهید بر مقاومت خمشی با اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد، به طوری‌که در مقایسه با نمونه شاهد (۰ درصد) افزودن میزان ۱ و ۳ درصد نانو سلولز به‌ترتیب مقاومت خمشی ۵۰ و ۱۱۲ درصد افزایش داشت. تأثیر متقابل نانو سلولز و چسب بر مقاومت خمشی در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشد. به‌طوری که بیشترین مقاومت خمشی با مصرف چسب ۱۲ درصد و اقزودن ۳ درصد نانو سلولز به چسب اوره به میزان ۱٤/٤۷ مگاپاسکال حاصل شد. (شکل ۵). به‌نظر می‌رسد که نانو الیاف سلولزی به‌علت سطح ویژه بسیار بالا می‌توانند بین چسب و الیاف مثل یک پل عمل کرده باعث استحکام مکانیکی بالا می‌شود. مهردت و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقاتشان نشان دادند افزودن نانوسلولز به چسب اوره فرمالدهید خواص مکانیکی اتصال در تخته خرده چوب را افزایش داده‌است، که علت آن افزایش ویسکوزیته، افزایش مقاومت برشی، بزرگ شدن اندازه ذرات چسب و دسترسی بیشتر خرده‌چوب‌ها به چسب برای اتصال است (۸).



شکل ۵- اثر متقابل چسب و نانو بر روی مقاومت خمشی.

Figure 5. The interaction between the adhesive and the nanotechnology on the modulus of rupture.

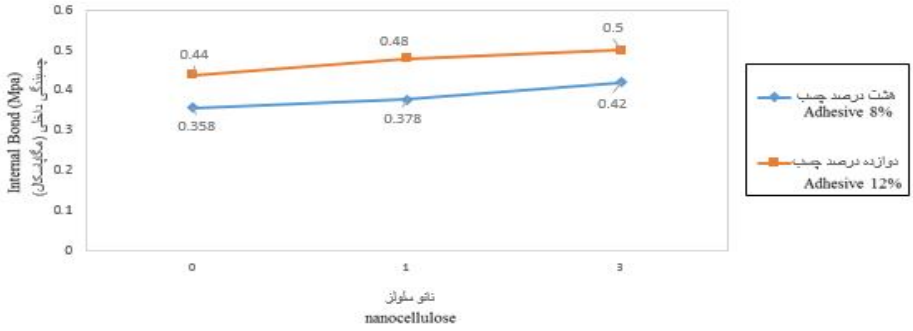
با توجه به جدول تجزیه واریانس ۳- اثر افزایش میزان مصرف چسب بر مدول‌الاستیسیته در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد، به‌طوری که با افزایش مصرف چسب از ۸ درصد به ۱۲ درصد مدول‌الاستیسیته ۱۸/۵۵ درصد افزایش داشت. اثر مستقل افزودن نانو سلولز به چسب اوره بر مدول‌الاستیسیته با اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است به طوری‌که در مقایسه با نمونه شاهد (۰ درصد) افزودن میزان ۱ و ۳ درصد نانو سلولز به‌ترتیب ٤٥ و ١١٦/٥٦ درصد افزایش داشت. تأثیر متقابل نانو سلولز و چسب بر مدول‌الاستیسیته در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشد، به طوری‌که بیشترین مدول‌الاستیسیته با مصرف چسب ۱۲ درصد و اقزودن ۳ درصد نانو سلولز به چسب اوره به میزان ۱۳۵۹/۰۹٦ مگاپاسکال حاصل شد. (شکل ٦). اثر متقابل نانو سلولز و چسب باعث می‌شود که مدول‌الاستیسیته به مقدار بیشتر افزایش یابد. میکانیکل و بوهم (۲۰۰۳) روشی را ارائه دادند که در آن خرده چوب‌ها و الیاف از ضایعات چوبی بازیافت شدند. نتایج کاهش ویژگی‌های مکانیکی را نشان داد که احتمالاً به‌دلیل تجزیه چوب است. به‌علاوه پارامترهای دیگر مثل کاهش ابعاد ذرات و باقی مانده‌های چسب سخت شده روی سطح ذرات بازیافتی اثر منفی روی ویژگی‌های تخته‌های بازیافتی داشت (۱۰).



شکل ٦- اثر متقابل چسب و نانو سلولز بر روی مدول‌الاستیسیته.

Figure 6. The interaction between the nano-cellulose and adhesive on the modulus of elasticity.

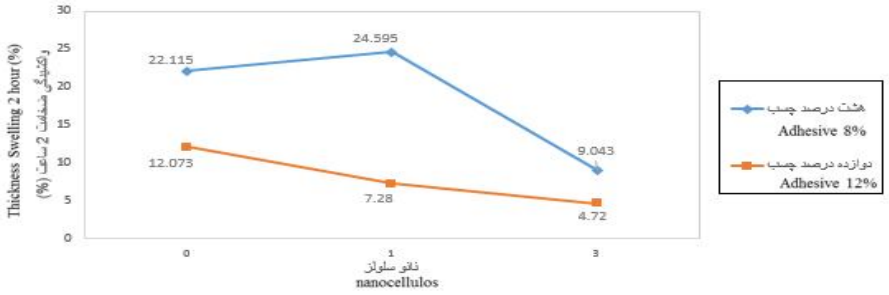
با توجه به جدول تجزیه واریانس ۳- اثر افزایش میزان مصرف چسب بر چسبندگی داخلی در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد به طوری‌که با افزایش مصرف چسب از ۸ درصد به ۱۲ درصد چسبندگی داخلی ٢٤ درصد افزایش داشت. اثر مستقل افزودن نانو سلولز به چسب اوره بر چسبندگی داخلی با اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است به طوری‌که در مقایسه با نمونه شاهد (۰ درصد) افزودن میزان ۱ و ۳ درصد نانو سلولز به‌ترتیب ۱۰ و ۱۵ درصد افزایش داشت. تأثیر متقابل نانو سلولز و چسب بر چسبندگی داخلی در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشد. به طوری که بیشترین چسبندگی داخلی با مصرف چسب ۱۲ درصد و افزودن ۳ درصد نانو سلولز به چسب اوره به میزان ۰/۵ مگاپاسکال حاصل شد. (شکل ۷). مانتانسی و همکاران، (۲۰۰٤) با بررسی فرایند جدید بازیافت پانل‌های چوبی به‌این نتیجه رسیدند که چسبندگی داخلی نمونه‌های شاهد بالاتر از N/mm^2 ۰/۹ بود. ولی با استفاده از ۲۵ درصد ضایعات تخته خرده چوب چسبندگی داخلی تا N/mm^2 ۰/٦ کاهش یافت (۹).



شکل ۷- اثر متقابل چسب و نانو سلولز بر روی چسبندگی داخلی.

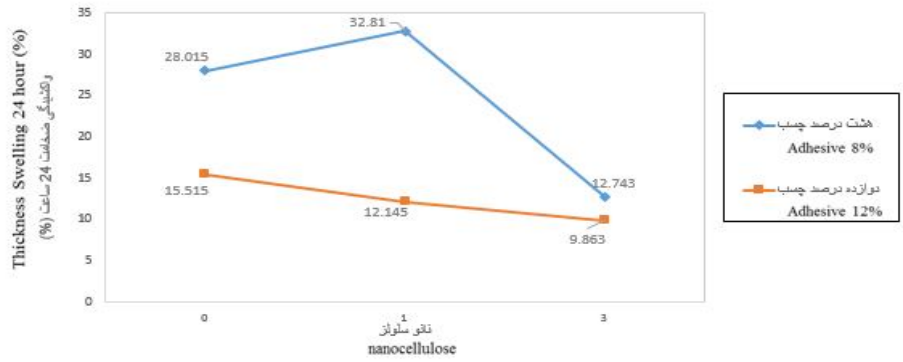
Figure 7. The interaction between the nano-cellulose and adhesive on the IB.

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۳، اثر افزایش میزان مصرف چسب بر واکشیدگی ضخامت در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد به طوری‌که با افزایش مصرف چسب از ۸ درصد به ۱۲ درصد میزان واکشیدگی ضخامت در ۲ ساعت از ۱۶/۴۸ درصد به ۷/۳۵ درصد کاهش پیدا کرد، در ۲٤ ساعت از ۲۲/۰٦ درصد به ۱۱/۸۷ درصد کاهش یافت. اثر مستقل افزودن نانو سلولز به چسب اوره بر واکشیدگی ضخامت با اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است به طوری‌که در مقایسه با نمونه شاهد (۰ درصد) افزودن میزان ۱ و ۳ درصد نانو سلولز به‌ترتیب کمترین میزان واکشیدگی (۲ و ۲٤ ساعت) مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۳ درصد نانو سلولز می‌باشد. تأثیر متقابل نانو سلولز و چسب بر واکشیدگی ضخامت (۲ ساعت) در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشد اما تأثیر متقابل نانو سلولز و چسب بر واکشیدگی ضخامت (۲٤ ساعت) در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشد. کمترین واکشیدگی ضخامت در ۲ ساعت مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۳ درصد نانو سلولز و ۱۲ درصد چسب به میزان ٤/۷۲ درصد می‌باشد. کمترین واکشیدگی ضخامت در ۲٤ ساعت مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۳ درصد نانو سلولز و ۱۲ درصد چسب به‌میزان ۹/۸٦۳ درصد می‌باشد. (شکل ۸-۹). نانو الیاف سلولزی به‌علت سطح ویژه بسیار بالا می‌تواند به‌عنوان یک پل بین دو لیف و همچنین بین لیف و چسب عمل کند و فضاهای خالی بین ذرات را پر کند و باعث افزایش خواص می‌شود.



شکل ۸- اثر متقابل چسب و نانو سلولز بر روی واکشیدگی ضخامت (۲ ساعت)

Figure 8. The interaction between the nano-cellulose and adhesive on the thickness swelling (2 hours).

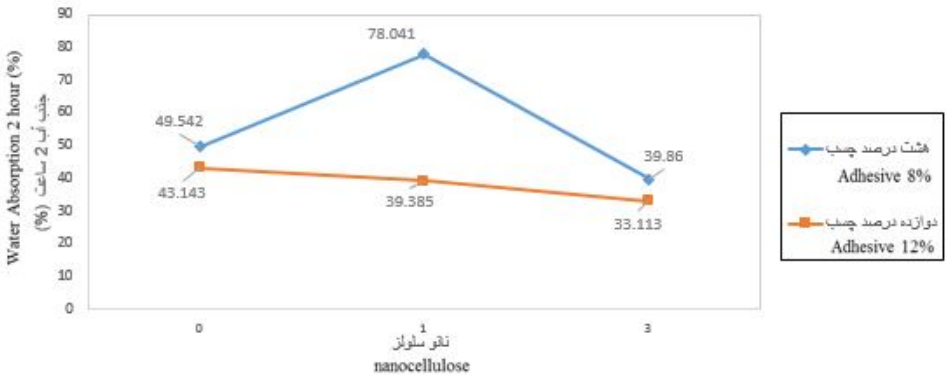


شکل ۹- اثر متقابل چسب و نانو سلولز بر روی واکشیدگی ضخامت (۲٤ ساعت).

Figure 9. The interaction between the nano-cellulose and adhesive on the thickness swelling (24 hours).

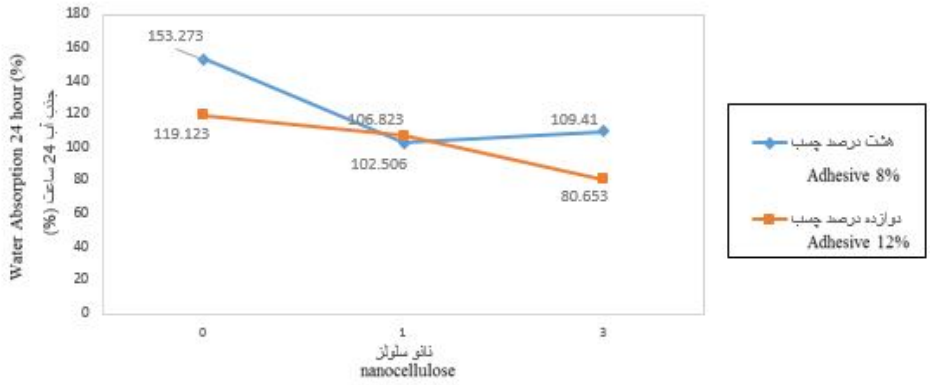
با توجه به جدول تجزیه واریانس ۳- اثر افزایش میزان مصرف چسب بر جذب آب در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار می‌باشد به طوری‌که با افزایش مصرف چسب از ۸ درصد به ۱۲ درصد میزان جذب آب در ۲ ساعت از ۹۸/۵۱ درصد به ۷۰/۸۵ درصد کاهش پیدا کرد، و در ۲٤ ساعت از ۱۲۱/۷۳ درصد به ۱۰۲/۲۲۰ درصد کاهش یافت. اثر مستقل افزودن نانو سلولز به چسب اوره بر جذب آب با اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است به طوری‌که در مقایسه با نمونه شاهد (۰ درصد) افزودن میزان ۱ و ۳ درصد نانو سلولز به‌ترتیب کمترین میزان جذب آب (۲ و ۲٤ ساعت) مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۳ درصد نانو سلولز بود. تأثیر متقابل نانو سلولز و چسب بر جذب آب (۲ و ۲٤

ساعت) در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشد. کمترین جذب آب در ۲ ساعت مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۳ درصد نانو سلولز و ۱۲ درصد چسب به میزان ۳۳/۱۱۳ درصد می‌باشد. کمترین جذب آب در ۲٤ ساعت مربوط به تخته‌های ساخته شده از ۳ درصد نانو سلولز و ۱۲ درصد چسب به میزان ۸۰/٦٥۳ درصد می‌باشد. (شکل ۱۰-۱۱). یکی از مسائلی که در تحقیقات مربوط به بازیافت ام دی اف روشن شده، این است که به‌دلیل آسیب به الیاف و کاهش طول یا خورد شدن آن‌ها ویژگی‌های مکانیکی تخته‌ها کاهش پیدا کرد، همچنین جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته‌ها نیز افزایش یافت که همان دلایل مربوط به کاهش ویژگی‌های مکانیکی در مورد ویژگی‌های فیزیکی قابل بسط است (۹). محمدکاظمی و همکاران (۱۳۹۳) طی پژوهش‌هایی که انجام دادند اثر نانوسلولز را به‌عنوان تقویت کننده در کامپوزیت‌های فیبر سیمان بررسی کردند، خواص مکانیکی و فیزیکی کامپوزیت‌ها شامل مدول گسیختگی (MOR)، مدول‌الاستیسیته (MOE)، مقاومت چسبندگی داخلی (IB) و جذب آب (WA) و واکشیدگی ضخامتی (TS) پس از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب اندازه‌گیری شد، نتایج نشان داد که کامپوزیت‌های تقویت شده با نانوسلولز مقاومت‌های خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی بالاتری داشتند و همچنین جذب آب را کاهش داد (۱۱).



شکل ۱۰- اثر متقابل نانو سلولز و چسب بر روی جذب آب (۲ ساعت).

Figure 10. The interaction between the nano-cellulose and glue on water absorption (2 hours).



شکل ۱۱- اثر متقابل نانو سلولز و چسب بر روی جذب آب (۲٤ ساعت).

Figure 11. The interaction between the nano-cellulose and glue on water absorption (2 hours).

نتیجه‌گیری

در این بررسی به کمک الکترولیز الیاف بازیافتی از MDFهای ضایعاتی حاصل شد. مشاهدات میکروسکوپی نشان داد که الیاف حاصله سالم و بدون شکستگی می‌باشد. برای ساخت تخته‌ها ۳۰ درصد الیاف بازیافتی به الیاف کارخانه اضافه گردید رزین اوره فرمالدهید با مصرف ۱ و ۳ درصد نانوسلولز اصلاح گردید تخته‌های آزمونی با استفاده از رزین اصلاح شده و مخلوط الیاف بازیافتی و کارخانه تولید گردید. آزمون‌های خواص مکانیکی نشان داد که استفاده از الیاف بازیافتی برای ساخت تخته‌های آزمونی باعث کاهش مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده با مصرف ۸ درصد چسب تا ٤/۰۸ مگاپاسکال گردید اما افزایش نانوسلولز به چسب و افزایش مصرف چسب باعث بهبود این خاصیت گردید به‌طوری که بیشترین مدول گسیختگی (۱٤/٤۷ مگاپاسکال) در این تحقیق مربوط به تخته‌هایی است که با مصرف ۱۲ درصد چسب و ۳ درصد نانو سلولز ساخته شده‌اند و همچنین مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده با مصرف ۸ درصد چسب تا ٤۰٤/۷۹ مگاپاسکال کاهش یافت که افزایش نانوسلولز به چسب و افزایش مصرف چسب باعث بهبود این خاصیت گردید به‌طوری که بیشترین مدول‌الاستیسیته (۱۳۵۹/۰۹٦ مگاپاسکال) مربوط به نمونه‌های ساخته شده با مصرف ۱۲ درصد چسب و ۳ درصد نانو سلولز بود. بیشترین مقدار چسبندگی داخلی مربوط به نمونه ساخته شده با ۳ درصد نانو و ۱۲ درصد چسب (۰/۵ مگاپاسکال) و کم‌ترین مقاومت مربوط به صفر درصد نانو و

۸ درصد چسب (۰/۳۵ مگاپاسکال) بود، همچنین بیشترین مقدار جذب آب بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب مربوط به نمونه صفر درصد نانو و ۸ درصد چسب بود (٤۹/٥٤۲ درصد و۱٥۳/۲۷۳ درصد) و کمترین جذب آب بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب (۳۳/۱۱۳ درصد و ۸۰/٦٥۳ درصد) در تخته‌های ساخته شده با ۱۲ درصد چسب و ۳ درصد نانوسلولز مشاهده شد. بیشترین مقدار واکشیدگی ضخامتی بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب مربوط به نمونه صفر درصد نانو و ۸ درصد چسب بود (۲۲/۱۱٥ درصد و ۲۸/۰۱٥ درصد) و کمترین جذب آب بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب به‌ترتیب (٤/۷۲ درصد و ۹/۸٦۳ درصد) در تخته‌های ساخته شده با ۱۲ درصد چسب و ۳ درصد نانوسلولز مشاهده شد.

منابع

1.Association of Employers Wood Industry Iran. 2014. The statistics of imports and export of wood, Pressed sheets of wood, furniture, pulp and paper in 2014, (In Persian)

2.Athanassiadou, E., Roffael, E., and Mantanis, G. 2005. Medium Density Fibreboards (MDF) from Recycled Fibres.www.Academia.edu, 9p.

3.Bartlett, C., and New, J. 2012. Recycling MDF: are we there yet? Panel perspectives. Www. Wbpionline.com, 5p.

4.Dix, B., Schafer, M., and Roffael, E. 2001. Using fibers from waste particleboard and fiberboards pulped by a chemo-thermo-mechanical process to produce medium density fiberboard (MDF). Holz als Roh und Werkstoff, 59(4): 299–300.

5.Eleoterio, J.R., Tomazello-Filho, M., and Bortoletto-Junior, G. 2000. Mechanical and physical properties of MDF panels of different densities and resin content. Departamento de Engenharia Fundacao Universidade de Blumenau, CEP 89012-900, Blumenau (SC), Brazil. Ciencia-Florestal. 10: 2. 75-90.

6.Forest products statistics, 2013. Global forest products facts and figures. www.fao.org. (In Persian)

7.Lykidis, C.H., and Grigoriou, A. 2008. Hydrothermal recycling of waste and performance of recycled wooden particleboard, Waste management Journal, 28: 57-63.

8.Mahrdt, E., Pinkl, S., Schmidberger, C., van Herwijnen, H.W., Veigel, S., and Gindl-Altmutter, W. 2015. Effect of addition of microfibrillated cellulose to urea-formaldehyde on selected adhesive characteristics and distribution in particle board. Cellulose, 1-10.

9.Mantanis, G., Athanassiadou, E., Nakos, P., and Coutinho, A .2004. A new recycling process for waste panels. In: Proc. of European COST E31 Conference: "Management of recovered wood". Ed. C. Gallis, 22-24 April 2004, Thessaloniki, Greece: 204-210.

10.Michanickl, A., and Boehme, C. 2003. Method for recovering chips and fibersof bonded wood materials involves passing of steam through a vesselwith such materials which have been soaked with a heated impregnationsolution. Patent No. DE10144793, WO03026859.

11.Mohamadkazemi, F., Doosthoseini, K., Ganjiyan, A., Azin, M. 2015. Effect of bacterial nano-cellulose on the properties of fiber-cement composites and durability against fusion-freezing cycle. 7(2): 47-56. (In Persian)

12.Nicewics, D., and Leszek, D. 2010. Recycling of insulation boards by reuse Annals of Warsaw University of Life Sciences– SGGW Forestry and Wood Technology, 72: 57-61.

13.Roffael, E., Dix, B., Behn, C., and Bar, G. 2009. Chemical properties of TMP and CTMP prepared from pine wood and UF-bonded medium density fibreboards (MDF), European Journal of wood products, 67: 113-115.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 23 (3), 2016
http://jwfst.gau.ac.ir

Effects of nano-cellulose and resine on MDF properties produced from recycled MDF using electrolise method

***Zh. Sheykhi[1], T. Tabarsa[2] and M. Mashkour[3]**
[1]M.Sc., Student, Dept., of Wood Composites, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Professor, Wood Composites, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Wood Composites, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 11/02/2015 ; Accepted: 01/26/2016

Abstract
Background and objectives: Increasing of population and daily increasing of demand for wood products caused reduction in forest areas, so that concerning trees cut, serious regulations have been developed. Intensive pressure of Iranian environmental organization has seriously raised up the argument of harvesting stop and amount of wood harvested from forests has lowered to less than one million cubic meters. Therefore, wood industry is facing wood shortcoming. (12).
The aim of this study was to recycle fibers from waste panels applying ecofriendly electrolysis method and reusing them for MDF production.
Method and Materials: In this study, first waste wood panels of MDF were collected from several firms. Waste panels were cut into small pieces and immersed in hot water for 24 hours. Immersing was conducted in order to penetration of water into the waste MDF before Ohmic heating. Small pieces of wet MDF were placed in a cylinder equipped with electrical steel electrodes. Rectangular electrodes were fixed parallel to each other in the side walls of cylinder. After 45 minutes, MDF fibers were separated by hydrolysis. In order to increase electrical conduction, some salt was added to the mixture. Obtained fibers were separated and dried and mixed with fresh fibers provide by a local firm (up to 30% of oven dry weight of total fibers) for board producing. UF resin was modified by adding nano- cellulose at three levels of 0, 1 and 3 percent. Resin UF was applied at two levels of 8 and 12 percent.

*Corresponding author: zhinoo.sheykhi@yahoo.com

Findings: Manufacturing parameters such as press temperature of 160 degree centigrade and press time of 8 minutes were kept constant for all treatments. Physical properties of thickness swelling (TS) and water absorption (WA) after 2 and 24 hours water immersing in water and mechanical properties of internal bond (IB), modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE) of boards were evaluated. The results showed that the highest modulus of rupture (14.47Mpa) and modulus of elasticity (1359.096 MPa) of the boards made with 12% glue and 3% nano- cellulose was, as well as the highest internal bonding in the boards made with 12% glue and 3% nano- cellulose was (0.5 MPa). The least amount of thickness swelling (%4.720 and %9.863 after 2 and 24 hours floatation on water respectively) was observed in boards made with 12% glue and 3% nano- cellulose. As well the least amount of water absorption (%33.113 and %80.653 after 2 and 24 hours floatation on water respectively) was observed in boards made with 12% glue and 3% nano- cellulose.
Conclusion: Statistical analysis of results was conducted using SPSS 16. Results showed that recycled fibers have suitable quality. It is possibility to reuse it mixed with fresh fibers. Manufacture board properties, however, are not as high as standard. Adding nano-cellulose into UF glue caused an improvement in mechanical properties and water absorption and thickness swelling were decreased.

Keywords: Recycling, MDF, Electrolysis method, Modulus of rupture, Thickness swelling