بررسی امکان ساخت تخته فیبر از الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF و کاغذ باطله و تأثیر مصرف چسب پلی‌وینیل‌استات بر ویژگی‌های کاربردی آن

محمد احمدی[۱*]
بیتا معزی پور[۲]
آیدا معزی پور[۳]
اکبر رستم پور هفتخوانی[۲]
معراج شرری[۲]

[۱] دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[۲] استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[۳] دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:
m.ahmadi@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۹

چکیده

در این تحقیق امکان استفاده از الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF و کاغذ باطله در ساخت تخته فیبر بررسی شد. نسبت ترکیب کاغذ باطله به الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF به ترتیب در دو سطح ۷۰ به۳۰ و ۵۰ به۵۰ در نظر گرفته شد. هم-چنین تأثیر مصرف چسب پلی‌وینیل‌استات بر خصوصیات تخته‌ها موردبررسی قرار گرفت. تخته‌ها با دانسیته ۰/۳ gr/cm^3 و ابعاد ۳۰×۳۰×۱/۲ cm ساخته شدند. ویژگی‌های کاربردی تخته‌ها شامل واکشیدگی ضخامت، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان دادند که در صورت مصرف چسب، کلیه ویژگی‌های تخته‌ها بهبود می‌یابد. تغییر نسبت الیاف بازیافتی به کاغذ باطله، اثرات متفاوتی روی ویژگی‌های تخته‌ها داشت. در شرایطی که از نسبت ۷۰ به ۳۰ کاغذ باطله به الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF استفاده شد. مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها بهبود یافت؛ اما در مورد واکشیدگی ضخامت و چسبندگی داخلی، تخته‌های ساخته‌شده از نسبت ۵۰ به ۵۰ کاغذ باطله به الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF وضعیت بهتری داشتند. در کل می‌توان نتیجه گرفت که الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF در ترکیب با کاغذ باطله می‌توانند برای ساخت تخته فیبر مورداستفاده قرار گیرند.

واژگان کلیدی: بازیافت ضایعات MDF، کاغذ باطله، ویژگی‌های مکانیکی، ویژگی‌های فیزیکی، پلی‌وینیل‌استات.

مقدمه

تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF)[۱] یکی از فراورده‌های مهم صنایع چوب است که مصرف آن در کل دنیا گسترش زیادی داشته و حتی انتظار می‌رود در آینده نیز این روند روبه رشد ادامه داشته باشد. هر محصولی پس از گذشت زمان مستعمل و غیرقابل استفاده می‌شود. علاوه بر این در حین تولید هر محصول، ضایعاتی نیز به وجود خواهد آمد.MDF نیز با توجه به مصرف زیاد و البته رو به گسترشی که دارد از این غائله مستثنی نیست و بایستی برای مدیریت ضایعات حاصله و بازیافت آن چاره‌ای اندیشید. درصورتی‌که مواد چوبی بازیافت شده به چرخه تولید بازگردند، نیاز به منابع چوبی بکر کاهش‌یافته، موجب برگشت سرمایه و صرفه اقتصادی می‌شود و از آلودگی محیط‌زیست و پراکنده شدن ضایعات در محیط جلوگیری می‌شود. روش‌های مختلفی برای بازیافت ضایعات MDF مورداستفاده قرارگرفته‌اند که اساس اکثر آن‌ها بخارزنی، دفیبراسیون و خمیرسازی بوده است. در

[1] Medium Density Fiberboard

جدیدترین روش‌ها نیز از امواج ماکروویو و هم‌چنین حرارت دهی اهمیک برای بازیافت ضایعات MDF استفاده‌شده است؛ اما آنچه نقطه مشترک نتایج حاصل از روش‌های مختلف بازیافت بوده، این است که الیاف بازیافتی بخشی از کیفیت خود را از دست می‌دهند [۶-۱]. بررسی‌ها نشان داده که تخته‌های حاصل از الیاف بازیافت شده در مقایسه با تخته‌های ساخته‌شده با الیاف بکر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی ضعیف‌تری دارند. [۷]. درواقع آنچه منجر به افت کیفیت تخته‌های ساخته‌شده از الیاف بازیافتی می‌شود تنها فرایند بازیافت نیست، بلکه علت اصلی آن تغییر ساختار شیمیایی و ماهیت این الیاف در حین ساخت تخته‌های اولیه هست و باید توجه داشت که الیاف بازیافتی پیش‌ازاین یک‌بار در ساخت تخته مورداستفاده قرارگرفته‌اند و شرایط اسیدی و حرارت بالای پرس را متحمل شده‌اند. چسب زنی و اعمال کاتالیزور روی آن‌ها انجام‌شده و حتی بقایای رزین روی این الیاف پس از بازیافت مشاهده می‌شود [۷]. ساختار شیمیایی و مرفولوژی الیاف بازیافتی متفاوت با الیاف بکر است و پایداری حرارتی الیاف بازیافتی کمتر از الیاف بکر هست. ترشوندگی الیاف دستخوش تغییر شده و کاهش می‌یابد که همین مسئله توزیع چسب روی سطح الیاف را با مشکل مواجه می‌سازد. این الیاف دارای ماهیت قلیایی شده‌اند که خود عامل بسیار مهمی در زمان ساخت تخته از این الیاف است چراکه در پلیمر شدن رزین اوره فرمالدهید که نیاز به شرایط اسیدی دارد، اختلال ایجاد می‌کند و همین مورد منجر به افت کیفیت تخته‌های حاصل می‌شود [۸]. تمامی این نتایج مؤید این است که الیاف بازیافتی ویژگی‌های متفاوتی با الیاف بکر دارند و نمی‌توان از تغییرات ایجادشده در ماهیت این الیاف ممانعت کرد و درنتیجه افت کیفیت تخته‌های MDF حاصل از الیاف بازیافتی، امری اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به ویژگی‌های الیاف بازیافتی به‌جای جایگزینی این الیاف در ساخت MDF که نیازمند الیاف باکیفیت نسبتاً خوب است می‌توان از آن‌ها در ساخت سایر فراورده‌های چوبی که نیاز به الیاف باکیفیت پایین‌تر دارند استفاده کرد.

اساس تولید تخته فیبر روش تر بر پایه تکنولوژی ساخت کاغذ است. دانسیته این نوع تخته‌ها در محدوده ۰/۱۶ تا ۰/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب است که کمتر از دانسیته چوب و سایر موادی است که تخته از آن‌ها تولید می‌شود. از این فراورده برای پوشش داخلی دیواره‌ها و عایق کردن سقف ساختمان‌ها استفاده می‌شود. [۹]. فرایند شکل‌گیری در این نوع تخته، بر اساس استفاده از اتصالات شیمیایی، فیزیکی- شیمیایی و نیروهای مکانیکی حاصل از درهم‌رفتگی الیاف بدون استفاده از چسب است. نیروهای واندروالسی و پیوندهای هیدروژنی در شکل‌گیری و افزایش مقاومت اتصالات بین الیاف به کار می‌روند [۱۰]. یکی دیگر از منابع ارزشمند الیاف که قابلیت بازیابی و استفاده مجدد دارد کاغذ باطله هست. این الیاف حاوی مقادیر زیادی الیاف بلند هستند که قابلیت ایجاد اتصال خوبی دارند. لذا در شرایطی که تخته‌ها بدون استفاده از پرس گرم و به روش تر ساخته می‌شوند، استفاده از این الیاف برای ایجاد اتصالات طبیعی می‌تواند مناسب باشد.

پیش‌ازاین نیز محققین از ضایعات کاغذ برای ساخت فراورده‌های مرکب چوبی استفاده کرده‌اند و آن را روش مناسبی برای کاهش مصرف الیاف چوبی و حفظ منابع ارزشمند چوبی برشمرده‌اند. استفاده از کاغذ تحریر در ساخت تخته نشان داده است که ترکیب الیاف چوب با کاغذ باطله منجر به تولید تخته فیبرهای با دانسیته متوسط ضعیف ولی تخته فیبرهای دانسیته سنگین با خواص قابل‌قبول می‌شود. هم‌چنین تولید تخته‌های سه لایه به‌گونه‌ای که الیاف کاغذ تحریر با دانسیته سنگین در سطوح و الیاف چوبی در بخش میانی تخته باشند، امکان‌پذیر است و نتایج خوبی به دست می‌دهد [۱۳-۱۱]. از روزنامه‌های بازیافتی نیز می‌توان در ساخت تخته فیبر سخت روش تر استفاده کرد که افزایش نسبت روزنامه منجر به افت ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها می‌شود [۱۴].

محققین اثر استفاده از کاغذ باطله را در ساخت تخته خرده چوب نیز بررسی کردند. افزایش نسبت کاغذ باطله به خرده‌های چوب، سبب افزایش جذب آب، واکشیدگی ضخامت، کاهش چسبندگی داخلی و تا حدودی افزایش مقاومت خمشی می‌گردد [۱۵]. از مخلوط الیاف چوب و کارتن کهنه نیز می‌توان در ساخت تخته فیبر استفاده کرد. تخته‌های ساخته‌شده با کارتن کهنه قابل‌مقایسه با

تخته‌های ساخته‌شده از الیاف چوب هستند و با افزایش ضخامت و دانسیته تخته‌ها مقاومت‌های آن‌ها بهبود می‌یابد [۱۶]. چسب پلی‌وینیل‌استات از دسته چسب‌های گرمانرم محسوب می‌شود که در دمای ۱۶ تا ۳۶ درجه سانتی‌گراد به‌راحتی اتصالات قوی و انعطاف‌پذیری را ایجاد می‌کند. این چسب به‌صورت گسترده در فراوری چوب، کاربردهای ساختمانی و دکوراتیو و سایر بخش‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد که علت آن قیمت پایین، غیر سمی بودن، بی‌ضرر بودن و پلیمر شدن در فشار معمولی است و در ضمن یک چسب سبز محسوب می‌شود [۱۷].

هدف از این تحقیق، ایجاد کاربرد مناسب برای ضایعات MDF هست که مقدار قابل‌توجهی الیاف در خود دارند که می‌تواند ماده‌ی اولیه مناسبی برای تولید تخته فیبر باشد. روش مورداستفاده برای بازیافت ضایعات MDF روشی متفاوت نسبت به روش‌های پیشین بوده و در آن از حرارت دهی و ایجاد تلاطم برای جداسازی الیاف استفاده‌شده است. هم‌چنین از روش تر برای ساخت تخته فیبر استفاده شد درواقع تغییر نوع فرایند و نوع محصول، با توجه به ویژگی‌های متفاوت الیاف بازیافت شده نسبت به الیاف بکر می‌تواند راه‌حل مناسبی برای ایجاد کاربرد برای ضایعات MDF محسوب شود. با توجه به کاهش تر شوندگی الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF و کاهش پتانسیل این الیاف برای ایجاد اتصالات طبیعی استفاده از کاغذ باطله به‌منظور بهبود شکل‌پذیری و اتصالات طبیعی در این الیاف موردمطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

عوامل متغیر این تحقیق، شامل نسبت ترکیب کاغذ باطله به الیاف بازیافت شده از ضایعاتMDF در دو سطح ۷۰/۳۰، ۵۰/۵۰ و هم‌چنین استفاده از چسب پلی‌وینیل‌استات در ساخت تخته‌ها وعدم استفاده از چسب بود؛ که از ترکیب این عوامل متغیر چهار تیمار حاصل شد. کد مربوط به تیمارها در جدول ۱ تعریف‌شده است.

جدول ۱- کد مربوط به تیمارهای حاصل از عوامل متغیر

کد تخته	مشخصات
N-70-30	بدون چسب،۷۰٪ کاغذ باطله، ۳۰٪ الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF
N-50-50	بدون چسب، ۵۰٪ کاغذ باطله، ۵۰٪ الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF
W-70-30	دارای چسب PVA، ٪۷۰ کاغذ باطله، ۳۰٪ الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF
W-50-50	دارای چسب PVA، ٪۵۰ کاغذ باطله، ۵۰٪ الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF

مواد

به‌منظور انجام این تحقیق، ضایعات حاصل از برش تخته‌های MDF در کارگاه‌های تولید مبلمان و کابینت واقع در شهرک صنعتی اردبیل جمع‌آوری شدند و به کارگاه صنایع چوب گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه محقق اردبیلی منتقل شدند. ضایعات به قطعات کوچک‌تر برش خرده و سپس به شکل چیپس خرد شدند.

بازیافت ضایعات MDF

به‌منظور بازیافت به روش حرارت دهی در آب گرم، قطعات خردشده‌ی ضایعات MDF، در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۰ دقیقه در مخزن حاوی آب در حال جوشیدن حرارت داده شدند و پس‌ازآن توسط پالپر[1] با شدت کم از طریق ایجاد تلاطم، الیاف جداسازی شدند. الیاف به‌دست‌آمده آبگیری شدند و سپس در هوای آزاد خشک شدند.

آماده‌سازی کاغذ باطله

به‌منظور استفاده از کاغذ باطله در ترکیب با الیاف در ساخت تخته فیبر، کاغذ باطله‌های جمع‌آوری‌شده از سطح دانشگاه محقق اردبیلی به آزمایشگاه خمیرکاغذ گروه علوم

[1] Pulper

و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه محقق اردبیلی منتقل‌شده و پس از خرد کردن کاغذ باطله و توزین آن‌ها به میزان مورداستفاده در ساخت هر تخته با استفاده از پالپر خمیر یکدستی از آن‌ها تهیه شد.

ساخت تخته‌ها

در این تحقیق برای ساخت تخته فیبر از روش تر استفاده شد. به این منظور دکل باکس[1] به ابعاد ۳۰×۳۰ سانتی‌متر تهیه شد. الیاف بازیافتی و خمیر حاصل از کاغذ باطله پس از توزین با توجه به ترکیب موردنظر، باهم مخلوط شده و با اضافه کردن آب به شکل محلول ۲٪ رقیق شدند. ترکیب آب و الیاف به‌دست‌آمده توسط دکل باکس مجهز به توری دومرتبه آبگیری شد و پس‌ازآن کیک حاصل مجدداً با استفاده از پرس سرد تا ضخامت موردنظر (۱۲mm) فشرده و آبگیری شد. تخته‌ی به‌دست‌آمده به داخل آون با دمای ۱۰۵°C منتقل شد و به مدت ۴۸ ساعت در این دما خشک شد. تخته‌های ساخته‌شده، اندازه بری شده و در شرایط کلیما نگهداری شدند. در مورد تخته‌های ساخته‌شده با استفاده از چسب پلی‌وینیل‌استات، چسب پس از مرحله‌ی اول آبگیری توسط دکل باکس به مخلوط الیاف و خمیرکاغذ اضافه شد. مقدار مصرف چسب ۲ درصد وزنی برای هر تخته در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های کاربردی تخته‌ها

واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها، طبق استاندارد ملی ایران معادل JISA 5905:2003 اندازه‌گیری شد. در این تحقیق از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد و مقایسه‌ی میانگین‌ها بر اساس آزمون دانکن صورت گرفت. اثر نسبت ترکیب الیاف و مصرف چسب پلی‌وینیل‌استات بر خواص موردمطالعه، در سطح یک و پنج درصد مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ویژگی‌های تخته‌ها در جدول شماره ۲ ارائه‌شده است.

جدول ۲ -ثر مستقل و متقابل نسبت الیاف و مصرف چسب بر ویژگی‌های کاربردی تخته‌های ساخته‌شده

ویژگی‌های تخته	عوامل متغیر	میانگین مربعات	df	sig
واکشیدگی ضخامت	نسبت الیاف	۲۶/۹۷	۱	۰/۰۰۰
	چسب	۴۸/۱۵	۱	۰/۰۰۰
	اثر متقابل نسبت الیاف و چسب	۸/۵۶	۱	۰/۰۰۸
مقاومت خمشی	نسبت الیاف	۴۱/۱۹	۱	۰/۰۰۰
	چسب	۳۷۳/۷۱	۱	۰/۰۰۰
	اثر متقابل نسبت الیاف و چسب	۲/۸۳۹	۱	۰/۰۰۱
مدول الاستیسیته	نسبت الیاف	۱۹۷۰۱۱۴/۰۱	۱	۰/۰۰۰
	چسب	۱۱۵۳۷۱۴/۰۸	۱	۰/۰۰۰
	اثر متقابل نسبت الیاف و چسب	۱۴۸۶۳۲/۷۳	۱	۰/۰۰۰
چسبندگی داخلی	نسبت الیاف	۰/۴۳۲	۱	۰/۰۰۰
	چسب	۰/۹۸	۱	۰/۰۰۰
	اثر متقابل نسبت الیاف و چسب	۰/۰۹	۱	۰/۰۰۰

[1] Deckle box

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که اثر مستقل و متقابل نسبت ترکیب الیاف و مصرف چسب پلی‌وینیل‌استات در مورد کلیه‌ی ویژگی‌های مورداستفاده معنی‌دار است. مقادیر تعریف‌شده در استاندارد ملی ایران برای تخته فیبر باضخامت ۱۲mm و در شرایط خشک مصرف برای هر یک از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در جدول ۳ ارائه‌شده است. میانگین هر یک از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به همراه انحراف معیار در جدول ۴ ارائه‌شده است.

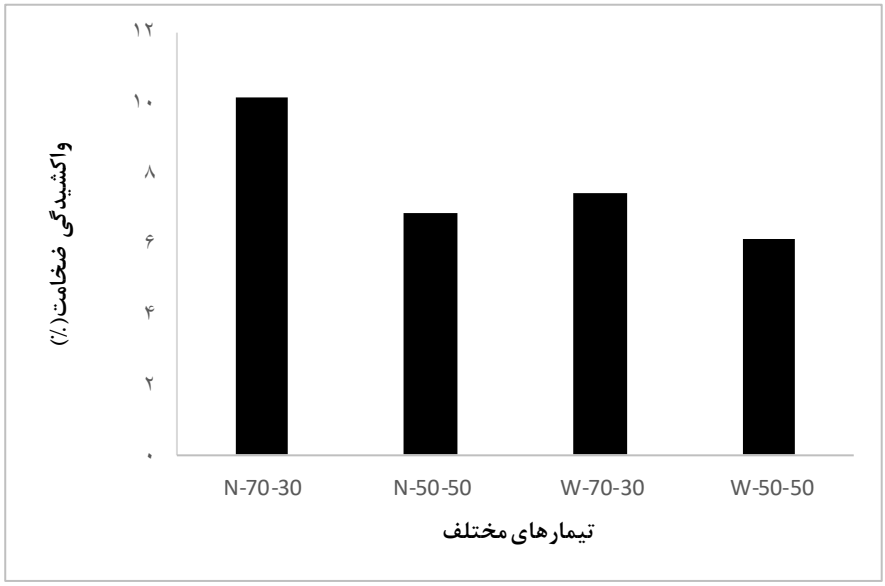
جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط تعریف‌شده در استاندارد ملی ایران

ویژگی	مقدار استاندارد (در ضخامت ۱۲mm-۱۹)
چسبندگی داخلی (MPa)	۰/۵۵
مقاومت خمشی (MPa)	۲۰
مدول الاستیسیته (MPa)	۲۲۰۰
واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعته (٪)	۱۲

جدول ۴- میانگین ویژگی‌های تخته‌های ساخته‌شده از تیمارهای مختلف

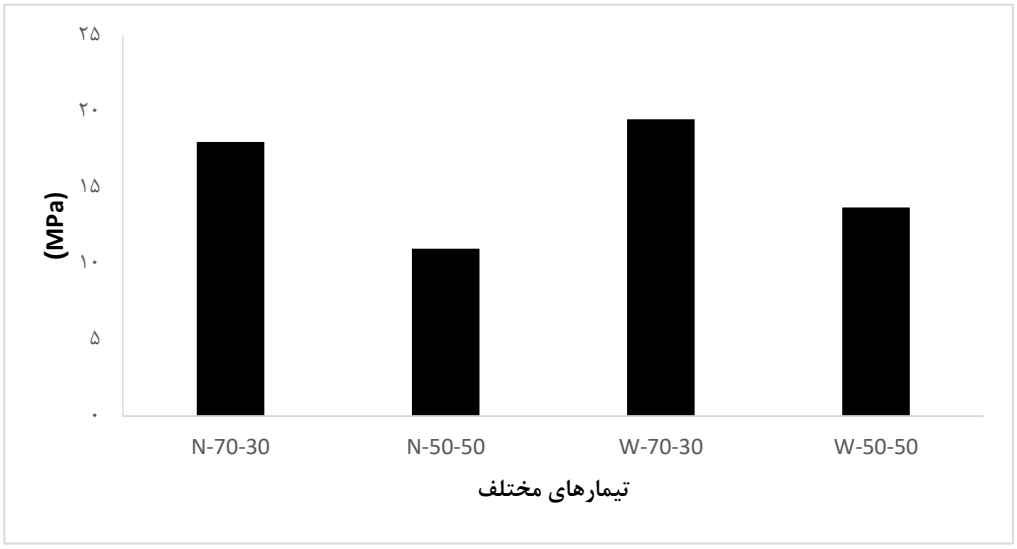
تیمارهای مختلف	واکشیدگی ضخامت (بعد از ۲۴ ساعت±SD)	مقاومت خمشی±SD	مدول الاستیسیته±SD	چسبندگی داخلی±SD
N-70-30	۱۰/۱۷ ± ۰/۱۶	۱۸ ± ۰/۳۸	۱۵۲۰/۶۶ ± ۲۱/۰۶	۰/۰۹ ± ۰/۰۰۲
N-50-50	۶/۸۸ ± ۰/۴	۱۱ ± ۰/۳۹	۱۰۳۴/۱۱ ± ۱۷/۲	۰/۰۹۹ ± ۰/۰۰۹
W-70-30	۷/۴۶ ± ۱/۸۶	۱۹/۵ ± ۰/۵۲	۱۸۶۰/۰۱ ± ۳۳/۸۷	۰/۲۰۹ ± ۰/۰۲۴
W-50-50	۶/۱۲ ± ۰/۳	۱۳/۷ ± ۰/۳۷	۱۶۳۰/۴۹ ± ۲۶/۷۱	۰/۴۱ ± ۰/۰۲۱

با توجه به نتایج جدول ۲ و ۴ می‌توان گفت استفاده از نسبت‌های مختلف کاغذ و الیاف بازیافتی و هم‌چنین مصرف چسب روی ویژگی‌های تخته‌های ساخته‌شده اثر معنادار داشته است و اثر متقابل این عوامل نیز معنادار بوده است. مصرف چسب اثر مثبت خود را در هر دو حالت، یعنی با نسبت‌های مختلف الیاف کاغذ و الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF نشان داده است. در مورد واکشیدگی ضخامت و چسبندگی داخلی در شرایطی که از مقدار کاغذ کمتری در ساخت تخته‌ها استفاده‌شده وضعیت بهتری مشاهده‌شده و در تخته‌هایی که مقدار کاغذ بیشتر از الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF بوده است، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بهبودیافته است. تأثیر مصرف چسب نیز همین روند را داشته است. در مورد واکشیدگی ضخامت و چسبندگی داخلی، در تخته‌هایی که با نسبت کمتری از کاغذ ساخته‌شده‌اند، با مصرف چسب بهبود فراوان ای مشاهده‌شده است و در مورد مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته که مصرف کاغذ بیشتر نتایج بهتری به دست داده است اثر مثبت مصرف چسب محسوس‌تر از شرایطی است که از نسبت مساوی کاغذ و الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF در ساخت تخته‌ها استفاده‌شده است. واکشیدگی ضخامت تخته فیبرهای ساخته‌شده از الیاف بازیافتی بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در شکل ۱ نشان داده‌شده است. همان طور که در شکل مشاهده می‌شود واکشیدگی ضخامت تخته‌های ساخته‌شده با چسب پلی‌وینیل‌استات کمتر از تخته‌های ساخته‌شده بدون چسب است و هم‌چنین در شرایطی که از ۵۰ درصد الیاف بازیافتی و ۵۰ درصد کاغذ باطله استفاده‌شده مقدار واکشیدگی ضخامت به شکل فراوانی کمتر از وضعیتی است که ۷۰ درصد کاغذ باطله استفاده‌شده است.



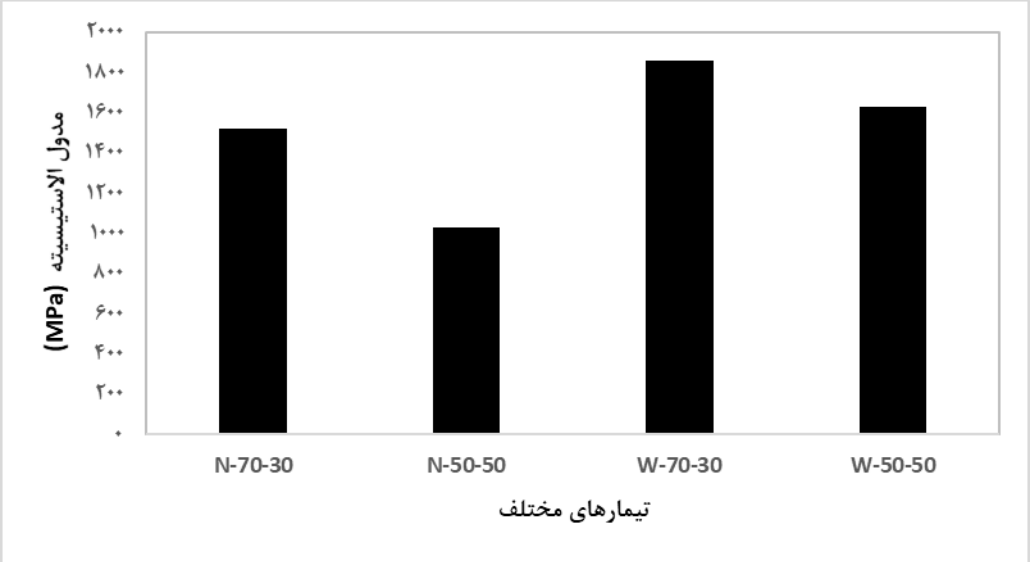
شکل ۱- واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت تخته‌های حاصل از تیمارهای مختلف

در توجیه نتایج مربوط به واکشیدگی ضخامت می‌توان گفت در شرایطی که از چسب در ساخت تخته‌ها استفاده‌شده، بافت تخته‌ها منسجم‌تر و اتصالات آن‌ها محکم‌تر خواهد بود، درنتیجه نفوذ آب به داخل تخته‌ها و واکشیدگی ضخامت ناشی از آن کاهش خواهد یافت؛ اما در مورد اثر منفی افزایش نسبت الیاف کاغذ در مقایسه با الیاف بازیافتیMDF، همان‌طور که نتایج نشان‌می‌دهد با افزایش مقدار کاغذ باطله در تخته فیبرها، جذب آب افزایش می‌یابد. خروج نسبی پلیمرهای آب‌گریز لیگنین منجر به آزاد شدن مکان‌های جذب آب و افزایش پیوندهای هیدروژنی غیر مقاوم در برابر آب و تمایل به جذب آب بیشتر می‌شود [۱۷]. واکشیدگی ضخامت تخته-های ساخته‌شده از نسبت‌های مختلف الیاف بازیافت شده و کاغذ باطله کمتر از حد تعیین‌شده در استاندارد است. الیاف بازیافت شده به دلیل شرایط حرارت دهی و تخریب همی سلولزها و گروه‌های هیدروکسیل در دسترس، قطبیت کمتری نسبت به الیاف بکر دارند که نتیجه‌ی آن کاهش ترشوندگی سطح است. در ضمن در الیاف بازیافتی به دلیل گرما و شرایط اسیدی در زمان ساخت تخته‌های اولیه واکنش استری شدن رخداده که تا حدودی بر کاهش رطوبت پذیری الیاف تأثیر گذاشته و درنتیجه ترشوندگی الیاف را نیز تا حدودی تحت‌الشعاع قرار داده است [۷].



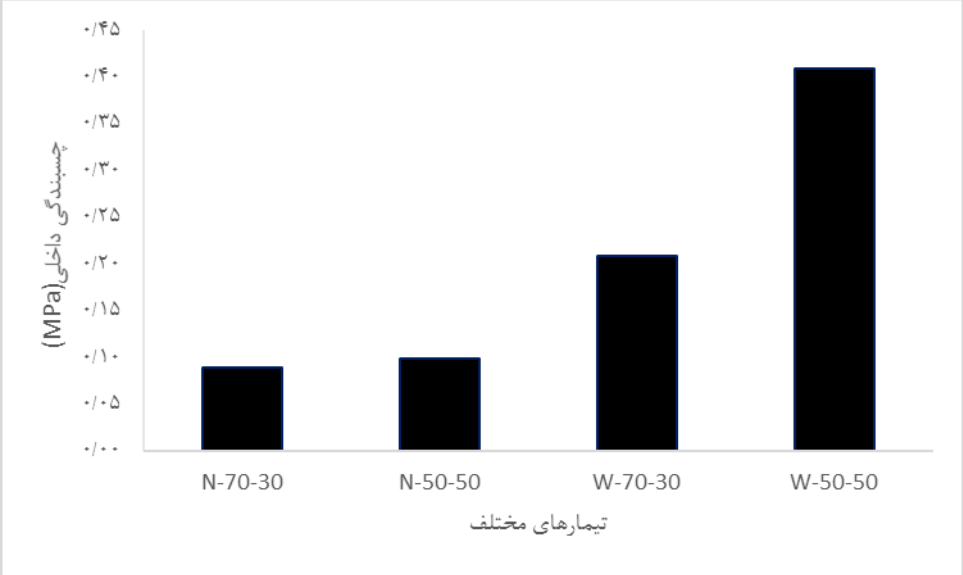
شکل ۲- مقاومت خمشی تخته‌های حاصل از تیمارهای مختلف

در شکل ۲ و ۳ به ترتیب مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته‌شده از الیاف بازیافتی و کاغذ باطله نشان داده‌شده است. همان‌طور که در نمودارها مشخص است بیشترین مقدار مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مربوط به تیمار W-70-30بوده است؛ یعنی در شرایطی که از مقدار بیشتری کاغذ باطله نسبت به الیاف بازیافتی استفاده‌شده و هم‌چنین از چسب پلی‌وینیل‌استات در ساخت تخته استفاده‌شده است.



شکل ۳- مدول الاستیسیته تخته‌های حاصل از تیمارهای مختلف

علت افزایش مدول الاستیسیته با افزایش نسبت کاغذ باطله این است که الیاف کاغذ که بیشتر از سلولز تشکیل‌شده‌اند و لیگنین و همی سلولز خود را ازدست‌داده‌اند در مقایسه با الیاف چوب ساختمان همگن‌تری دارند و هم‌چنین به دلیل انجام عملیات پالایش روی آن‌ها سطوح لیفچه‌ای شده‌اند. لذا قادر به ایجاد پیوند هیدروژنی بیشتری می‌باشند و این الیاف با توجه به این‌که به روش شیمیایی یا نیمه شیمیایی تولید می‌شوند، سالم‌تر از الیاف چوب (روش مکانیکی) هستند و شکستگی کمتری در طول الیاف دارند. به همین دلیل اتصالات بیشتری با یکدیگر برقرار می‌کنند [۱۷]. در کل مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته‌شده در مقایسه با استاندارد مربوطه ضعیف است چراکه در ساخت این تخته‌ها از الیاف بازیافتی استفاده‌شده است. کاهش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته‌شده از الیاف بازیافتی عمدتاً به تجزیه‌ی حرارتی چوب در حین تیمار هیدروترمال مربوط هست. به‌علاوه عوامل دیگر ازجمله کاهش چشم‌گیر ابعاد، شاخه‌دار شدن الیاف و بقایای رزین سخت شده روی سطح الیاف می‌توانند اثر منفی روی ویژگی‌های تخته‌های بازیافتی داشته باشد [۱-۵].



شکل ۴- مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌های حاصل از تیمارهای مختلف

شکل ۴ نشان‌دهنده مقاومت چسبندگی داخلی تخته-های حاصل از الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF و کاغذ باطله است. بهترین مقاومت چسبندگی داخلی در تخته‌ها در شرایطی به دست آمد که از ۵۰٪ الیاف بازیافتی و ۵۰٪ کاغذ باطله استفاده‌شده و هم‌چنین در ساخت تخته از چسب پلی‌وینیل‌استات استفاده‌شده باشد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد با افزایش مقدار کاغذ باطله مقدار چسبندگی داخلی تخته‌ها، کاهش می‌یابد. علت این امر این است که استفاده از مقدار بیشتر الیاف کاغذ حالت ناهمگن‌تری را به وجود می‌آورد که ایجاد اتصالات مناسب بین اجزا مختلف دو نوع الیاف متفاوت را کاهش می‌دهد [۱۷]. هم‌چنین الیاف کاغذ به دلیل کوچکی و ضریب لاغری بالایی که دارند دارای سطح ویژه‌ی بیشتری نسبت به الیاف چوبی هستند که منجر به جذب بیشتر چسب و جلوگیری از پخش یکنواخت آن بین الیاف می‌شود. درنتیجه این پدیده، چسبندگی داخلی تخته‌هایی که نسبت الیاف کاغذ باطله در آن‌ها بیشتر است کاهش می-یابد [۱۸]. علت پایین‌تر بودن چسبندگی داخلی تخته‌ها در مقایسه با استاندارد این است که الیاف بازیافتی در زمان پرس حرارت می‌بینند و ساختار شیمیایی آن‌ها دستخوش تغییراتی می‌شود که می‌تواند در نحوه‌ی برقراری اتصال بین الیاف و چسبندگی داخلی آن‌ها اثرگذار باشد [۷]. الیاف چوب و کاغذ باطله به دلیل روش-های تهیه‌ی متفاوتی که دارند هرکدام ویژگی‌های منحصربه‌فرد خود رادارند. همی سلولز الیاف چوبی و لیگنین ماده بین سلولی تا حدودی تجزیه‌شده است و هم‌چنین به دلیل استفاده از روش مکانیکی در جداسازی الیاف، شکستگی در الیاف رخداده است و لیگنین حل‌شده منجر به آمیختگی و اتصال مجدد الیاف با یکدیگر در پرس گرم می‌شود؛ اما در مورد الیاف کاغذ، خمیرسازی شیمیایی و نیمه شیمیایی تأثیرات زیادی بر الیاف سلولزی و دیواره‌های سلولی بر جا می‌گذارد. ازجمله خروج مقادیری همی سلولز و لیگنین از دیواره‌های مشبک سلولی و تبدیل آن‌ها به سیستم مشبک با منافذ بزرگ‌تر که منجر به ایجاد فضا و محلی برای جذب آب می‌گردد. خروج نسبی پلیمرهای لیگنین و همی سلولز که منجر به آزادی عمل تعداد زیادی گروه هیدروکسیل در دیواره سلولی الیاف می‌شود، منجر به ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر الیاف با یکدیگر و درنتیجه کاهش مقاومت در برابر جذب آب در تخته‌های ساخته‌شده با این الیاف می‌شود. الیاف چوب و کاغذ هم‌چنین ازلحاظ مورفولوژی باهم متفاوت‌اند. الیاف کاغذ مقدار زیادی لیگنین ازدست‌داده‌اند و الیاف چوب لیگنین بیشتری دارند و سفت‌تر هستند [۱۹]. شکل‌پذیری و قابلیت انطباق الیاف کاغذ بیشتر

است و پیوندهای بین فیبری در آن‌ها بهتر شکل می‌گیرد. در ضمن الیاف کاغذ به دلیل پالایش صورت گرفته روی آن‌ها حالت ریش‌ریش دارند و به همین دلیل امکان برقراری پیوندهای هیدروژنی بین آن‌ها بیشتر است [۱۷].

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که ساخت تخته فیبر به روش تر از ترکیب الیاف بازیافت شده از ضایعات MDF و کاغذ باطله امکان‌پذیر است. با مصرف چسب پلی‌وینیل‌استات، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها به شکل فراوانی بهبود یافت که با توجه به عدم استفاده از پرس داغ در پروسه‌ی ساخت تخته‌ها استفاده از چسب را در ساخت این پانل ها اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. در مورد واکشیدگی ضخامت و چسبندگی داخلی در شرایطی که از ۵۰ درصد کاغذ باطله استفاده شود، نتایج بهتری حاصل می‌شود اما در مورد مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته استفاده از ۷۰٪ کاغذ باطله پیشنهاد می‌شود که علت آن انعطاف‌پذیری بیشتر الیاف کاغذ در مقایسه با الیاف بازیافتیMDF است که مقدار کمتر لیگنین و سفتی کمتر الیاف کاغذ موجب آن شده است. مقایسه‌ی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده با استاندارد نشان می‌دهد که تنها واکشیدگی ضخامت تخته‌ها ملزومات استاندارد را رعایت می‌کند. علت افت ویژگی‌های تخته‌ها، استفاده از الیاف بازیافتی است که در تحقیقات پیشین ثابت‌شده که با توجه به تغییرات زیادی که در ساختار شیمیایی و مورفولوژی این الیاف در اثر بازیافت رخ می‌دهد نمی‌توان انتظار داشت که کیفیت تخته‌های ساخته‌شده از این الیاف قابل‌مقایسه با تخته‌های ساخته‌شده از الیاف بکر باشد. باید توجه داشت که در ساخت این تخته‌ها مطلقاً از الیاف بازیافتی استفاده‌شده است. بخشی از الیاف به‌کاررفته در ساخت این تخته‌ها، از الیاف بازیافت شده از ضایعاتMDF و بخش دیگر الیاف کاغذ باطله هستند. درواقع هدف از این تحقیق بازآوری و استفاده مجدد از ضایعات است و نتیجه آن ساخت تخته‌هایی فاقد فرمالدهید و مواد شیمیایی است که می‌توانند در گروه پانل‌های سبز قرار بگیرند. درواقع از تخته‌های مذکور مقاومت‌های بالای مکانیکی و یا مقاومت در برابر رطوبت انتظار نمی‌رود. بلکه هدف ساخت پانل هایی دوستدار محیط‌زیست است که حداقل‌هایی از مقاومت را لازم دارند تا بتوانند به‌عنوان پانل‌های ایستاده مخصوصاً در فضاهایی که عدم استفاده از مواد مضر شیمیایی اهمیت بیشتری دارد مورداستفاده قرار گیرند.

منابع

[1] Dix, B., Schafer, M., and Roffael, E., 2001. Using fibers from waste fiberboards pulped by a thermo-chemical process to produce medium density fiberboard (MDF). Holz als Roh und Werkstoff, 59(4):276-276.

[2] Michanickl, A., and Boehme, C., 2003. Method for recovering chips and fibers of bonded wood materials involves passing of steam through a vessel with such materials which have been soaked with a heated impregnation solution, Patent No. DE10144793, WO03026859.

[3] 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, March.21-22 Thessaloniki, Greece: 204-210.

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

[5] Roffael, E., 2003. MDF board from recovered OSB. Holz als Roh und Werkstoff, 61:390-391

[6] 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.

[7] Moezzipour, B., 2016. Investigation of the Recycled Fibers via ohmic Heating Method and the Manufactured MDF Boards, Ph.D. thesis. University of Tehran. 160pp.

[8] Roffael, E., and Huster, H.G., 2012. Complex chemical interactions on thermo hydrolytic degradation of urea formaldehyde resins (UF-resins) in recycling UF-bonded boards, European Journal of Wood and Wood Products, 70: 401-405.

[9] Doosthoseini, K., 2001. Wood composite materials; Manufacturing, Applications, Tehran University Press, ISBN 964-03-4332-3,648pp

[10] Lubke, H., Inhat, V., and Boruvka, V., 2014. Straw pulp as a secondary lignocellulosic raw material and its impact on properties of insulating fiberboards; Part1: characteristic of straw fiber from the perspective of the mass creation. Wood Research, 59 (5): 747-757.

[11] Standard for wood based panels – Insulation fiberboard specifications and test methods, 2014, ICS: 79.060.20, INSO-7416-6, 1st Edition: 17pp.

[12] Suchsland, O., Hiziroglu, S., Sean, T., and Iyengar, G. 1998, Laboratory experiments on the use of recycled newsprint in wood composites, Forest Products Journal, 48:55–64.

[13] Qinglin, W., 2001. Investigation on the use of recycled newsprint fiber in wood based fiberboards. School of forestry wild life and fisheries, Louisiana State University.

[14] Nourbakhsh, A., Ashori, A., and Jahan-Latibari, A., 2010. Evaluation of the Physical and Mechanical Properties of Medium Density Fiberboard Made from Old Newsprint Fibers. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 29 (1): 5-11.

[15] Krzysik, A., Youngquist, J.A., Rowell, R.M., Muehl, J.H., Chow, P., and Shook, S.R., 1993. Feasibility of Using Recycled Newspapers as a Fiber Source for Dry-Process Hardboards. Forest Product Journal, 43 (7):53–58.

[16] Grigoriou, A.H., 2003. Waste Paper–Wood Composites Bonded with Isocyanate. Wood Science and Technology, 37 (1): 79–89.

[17] Zhao, L.F., Liu. Y., Xu, Z. D., Zhang, Y.Z., Zhao, F., and Zhang, S.B., 2011. State of research trends in development of wood adhesives. Forestry Studies in China Journal, 13(4): 321-326.

[18] Hunt, J.F., Jane, O'Dell, J., and Turk, C., 2008. Fiberboard bending properties as a function of density, thickness, resin, and moisture content. Holzforschung, 62: 569-576.

[19] Rassam, G., 2008. Use of Soy/PF resin for old corrugated container (OCC)- wood composites, Materials Letters, 62: 3236-3239.

[20] Ghahri, S., 2017. Soy flour adhesive modification by tannic acid and its application in boards made from recycled old corrugated containers (OCC) and wood fibers, Ph. D thesis, Tarbiat Moddares University, 156 pp.

[21] Hwang, C.Y., Hse, C.R., and Shupe, T.F., 2005. Effects of recycled fiber on the properties of fiberboard panels. Forest Product Journal. 55(11):61-64.

Utilization of recycled fibers from MDF wastes and waste paper for manufacturing fiberboard and the effect of polyvinyl acetate on its practical properties

Abstract

In this study, the utilization of fibers recycled from MDF wastes and waste papers for manufacturing fiberboards was investigated. The proportions of waste paper to recycled fibers from MDF wastes were 70/30 and 50/50. Also, the effect of utilization of polyvinyl acetate adhesive on properties of boards was investigated. The density and dimension of boards were respectively given at 0.3 g/cm^3 and 30×30×1.2 cm^3. Practical properties of boards including thickness swelling, bending strength, modulus of elasticity, and internal bonding were measured. The results showed that the utilization of adhesive can improve the physical and mechanical properties of boards. Change in the proportion of recycled fibers to waste paper had different influences on various properties of manufactured fiberboards. The proportion of 70/30 of waste paper to recycled fibers from MDF wastes led to improving bending strength and modulus of elasticity of fiberboards, while the manufactured boards from a proportion of 50/50 had better results regarding thickness swelling and internal bonding. Overall, it can be concluded that recycled fibers from MDF wastes mixed with waste paper can successfully be utilized in producing fiberboards.

Keywords: Recycling of MDF wastes, Waste Paper, Mechanical Properties, Physical Properties, Polyvinyl Acetate.

M. Ahmadi[1*]
B. Moezzipour[2]
A. Moezzipour[3]
A. Rostampour HaftKhani[2]
M. Sharari[2]

[1] Associated Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[2] Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[3] Ph.D. graduated, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
m.ahmadi@uma.ac.ir

Received: 2019/08/31
Accepted: 2019/10/11