فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۹، شماره ۳، صفحه ۴۶۳-۴۵۲، (۱۳۹۳)

تأثیر کاربرد آرد کارتن ضایعاتی و ضایعات حاصل از اندازه‌بری تخته فیبر بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط

مرتضی ناظریان [۱*]، امین دلیرزاده [۲] و سعید رضا فرخ پیام [۳]

۱*- نویسنده مسئول، استادیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل، پست الکترونیک: morteza17172000@yahoo.com
۲- کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل
۳-استادیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۳

چکیده

در این پژوهش تأثیر پودر کارتن (میکرو سلولز) به‌عنوان اکستندر بروی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) ساخته‌شده از الیاف باگاس و ضایعات حاصل از پاک بری MDF موردمطالعه قرار گرفت. نسبت وزنی پودر کارتن به رزین اوره فرم‌آلدئید در پنج سطح (۱۰۰:۰، ۹۸/۵:۱/۵، ۹۷:۳، ۹۵/۵:۴/۵ و ۹۴:۶) و نسبت وزنی ضایعات MDF به الیاف باگاس در پنج سطح (۱۰۰:۰، ۹۸:۲، ۹۶:۴، ۹۴:۶ و ۹۲:۸) به‌عنوان متغیرهای مستقل این مطالعه انتخاب گردید. متغیرهای ساخت همچون دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و زمان پرس ۶ دقیقه برای همه تیمارها ثابت در نظر گرفته شد. خواص فیزیکی (واکشیدگی ضخامتی (TS) و جذب آب (WA) پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب) و خواص مکانیکی (چسبندگی داخلی (IB)، مدول‌گسیختگی (MOR) و مدول‌الاستیسیته (MOE)) تخته‌ها مورد آزمون قرار گرفت. تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج به کمک نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد. نتایج نشان داد که پودر کارتن باطله و ضایعات MDF اثر معنی‌داری بر مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته دارد به‌نحوی‌که بالاترین مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته مربوط به تخته‌های ساخته‌شده با بیشترین مقادیر از پودر کارتن و ضایعات MDF بود. چسبندگی داخلی نیز با افزایش پودر کارتن به‌طور معنی‌داری بهبود یافت، اما ضایعات MDF باعث کاهش آن شد. ضایعات MDF کاهش معنی‌داری بر جذب آب داشت، به‌طوری‌که کمترین میزان آن به تخته‌های با ۸ درصد ضایعات MDF بود. همچنین کمترین میزان واکشیدگی ضخامت متعلق به تخته‌هایی بود که حاوی بیشترین درصد ضایعات MDF بود. پودر کارتن تأثیر معنی‌داری بر خواص فیزیکی تخته‌ها نداشت.

کلمات کلیدی: تخته فیبر با دانسیته متوسط، باگاس، پودر کارتن، ضایعات MDF، خواص فیزیکی و مکانیکی

مقدمه

از امتیازات صفحات فشرده چوبی می‌توان به قابلیت تولید در ابعاد بزرگ، سطوح صاف، متراکم و فاقد معایب متمرکز اشاره کرد. در این میان تخته فیبر با دانسیته متوسط[۱] (MDF) نمونه‌ای از این فرآورده‌های مرکب چوبی است. امروزه به خاطر محدودیت در منابع چوبی در کشور، استفاده بهینه از ضایعات کشاورزی همانند باگاس یک امر بسیار ضروری است که باید بیشتر موردتوجه قرار گیرد. باگاس یکی از منابع فیبری گیاهی است که پس از خرد کردن ساقه‌های نیشکر و گرفتن عصاره آن به‌دست می‌آید و یکی از منابع مهم لیگنوسلولزی در کشورهای در حال توسعه ازجمله ایران است (Hemmasi, *et al.*, 2011). علاوه بر آن، ضایعات دیگری همچون کارتن ضایعاتی و کاغذ باطله

1- Medium Density Fiberboard

Archive of SID
www.SID.ir

با منشأ متفاوت و ضایعات حاصل از کناره بری که هرکدام از آن‌ها می‌تواند پاسخگوی حجم زیادی از نیازهای صنایع تولید تخته فیبر باشد. تقریباً ۲۵ تا ۴۵ درصد ضایعات مربوط به شهرداری در همه جای دنیا، کاغذ و فرآورده‌های مربوط به آن است (Ince, 1994). در فرآیند بازیافت ضایعات کاغذ، موادی همچون: جوهر، مواد افزودنی، مواد شیمیایی و ... از کاغذ حذف می‌شوند و از طرف دیگر استفاده از ضایعات کاغذ بازیافت شده به‌عنوان یک ماده خام اولیه کیفیت کاغذ تولید شده را کاهش می‌دهد (Groom, *et al.*, 1994). با توجه به فنّاوری امروز بخشی از ضایعات کاغذ به دلایل فنی و اقتصادی نمی‌توانند بازیافت شود به همین منظور می‌توان از آن‌ها در ساخت کامپوزیت‌های چوبی استفاده مطلوبی کرد. در فرآیند ساخت تخته فیبر با دانسیته متوسط و تخته خرده چوب بیش از ۲۰ تا ۳۰٪ هزینه تولید به چسب UF اختصاص دارد (Cyr, *et al.*, 2008). برای کاهش مصرف چسب در فرآیند ساخت MDF می‌توان از پرکننده‌ها[1]ی استفاده کرد. پرکننده‌ها مواد غیر چسبنده‌ای هستند که برای کنترل ویسکوزیته[2] چسب، بهبود خواص کاربردی، ماندگاری، مقاومت و سایر ویژگی‌ها به ترکیب چسب اضافه می‌شوند. بررسی‌های متفاوتی در مورد تأثیر کاربرد انواع فیلر با منشأ آلی و معدنی بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی اوراق مرکب چوبی صورت گرفته است که در این میان سهم کاربرد آرد حاصل از کارتن ضایعاتی در ساخت تخته فیبر اندک است. Seller و همکاران (۲۰۰۵) استفاده از پنج نوع پرکننده را در ساخت تخته لایه مورد بررسی قراردادند و درنهایت دریافتند که استفاده از ۶۵٪ آرد پوست گردو و ۳۵٪ باقیمانده فورفورال پوسته جوی دو سر می‌تواند مقدار بهینه مصرف باشد. در بررسی‌های انجام‌شده توسط Doosthoseini و Moezzipour (۲۰۱۱) مشاهده گردید که کاربرد کاغذ باطله به‌عنوان پرکننده در رزین اوره فرمالدهید باعث کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت تخته لایه می‌شود. بهترین تأثیر در کاهش جذب آب مربوط به کاغذ تحریر بود و بهترین تأثیر در کاهش واکشیدگی ضخامت در استفاده از کاغذ روزنامه مشاهده شد. نتایج نشان داد که کاربرد کاغذ باطله می‌تواند به‌راحتی در ترکیب چسب پراکنده شود و باعث می‌شود تا مقاومت به شکست بیشتر و مقاومت برشی‌تر و خشک بهبود یابد (Geng, *et al.*, 2007).

باوجودی که مصرف تخته فیبر با دانسیته متوسط در کشور رو به گسترش است ولی تاکنون هیچ برنامه‌ریزی اصولی و مناسبی جهت کاهش میزان ضایعات حاصل از پاک بری پانل‌های تخته فیبر با دانسیته متوسط در کشور انجام‌نشده است. اقداماتی که در زمینه استفاده از این مواد انجام‌شده موفقیت‌آمیز نبوده است. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده توسط Mantanis و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده است که تحت شرایط معمول چسب زنی و پرس می‌توان از ۲۵٪ از پسماندهای تخته فیبر در مرحله تولید استفاده کرد که تخته‌های تولیدی به این روش از خواص مشابهی با استانداردهای اروپایی برخوردار بودند. نتایج حاصل از بررسی‌های Roffael و همکاران (۲۰۰۳) نشان داده‌اند که وجود الیاف بازیافتی حاصل از ضایعات پاک بری تخته خرده چوب جهت‌دار (OSB) تا حد زیادی باعث کاهش واکشیدگی ضخامتی و بهبود مقاومت چسبندگی داخلی پانل‌های MDF تولید می‌گردند. Moradi kiya (۲۰۰۶) اثر کاربرد سه نوع از ضایعات تخته فیبر ایجادشده در واحدهای تولید مبلمان اداری و منزل شامل تخته فیبر با دانسیته متوسط با روکش ملامینه، تخته فیبر با دانسیته متوسط با روکش HPL و تخته فیبر با دانسیته متوسط روکش نشده را بررسی کرده‌اند و به این نتیجه رسیدند که افزایش میزان افزودن ۳ نوع پسماند باعث بهبود خواص فیزیکی (بخصوص واکشیدگی ضخامت) تخته‌ها می‌شود، ولی از لحاظ خواص مکانیکی، تخته‌های حاوی الیاف پسماند تفاوت معنی‌داری با تخته‌های بدون الیاف ضایعاتی نشان ندادند.

با توجه به محدودیت منابع ماده اولیه چوبی و فراوانی انواع کاغذهای باطله و ضایعات حاصل از پاک بری در صنایع تولید تخته فیبر و نیز واحدهای کارگاهی و نیز ضرورت در صرفه‌جویی اقتصادی در طی کاربرد کارتن ضایعاتی به‌عنوان عاملی در کاهش مصرف رزین، در این بررسی تأثیر کاربرد ضایعات حاصل از کناره بری تخته فیبر و آرد کارتن ضایعاتی به‌عنوان پرکننده (اکستندر) بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط مورد بررسی قرارگرفته است.

1- Filler
2- Viscosity

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

الیاف باگاس از کارخانه MDF لوح سبز شوشتر واقع در استان خوزستان تهیه شد. پس از انتقال به آزمایشگاه دانشگاه زابل به دلیل رطوبت بالا ابتدا در محیط باز قرار گرفتند تا به حالت تعادل به رطوبت محیط برسد. سپس توسط خشک‌کن تا رطوبت ۳-۴ درصد خشک گردید و درنهایت به‌منظور ثابت ماندن رطوبت، الیاف درون کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند. ضایعات MDF از کارگاه‌های سطح شهر زابل جمع‌آوری شد. این ضایعات به قطعات کوچک‌تر (حدود ۵×۵ سانتی‌متر) برش داده شدند. به‌منظور تبدیل راحت‌تر دوباره آن‌ها به الیاف ۷۲ ساعت درون آب غوطه‌ور قرار گرفتند و سپس توسط آسیاب کوچک آزمایشگاهی به الیاف بازیافت شدند. در پایان توسط خشک‌کن به میزان رطوبت ۳ درصد خشک شدند و درون کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شدند.

کارتن باطله پس از تبدیل به قطعات کوچک‌تر توسط آسیاب آزمایشگاهی به‌صورت پودر آسیاب شدند. سپس از مش ۱۴۰ (۱۰۶ میکرومتر) عبور داده شد تا اندازه ذرات آن با اندازه ذرات جامد چسب اوره فرم‌آلدئید برابری کند.چسب استفاده‌شده در این تحقیق اوره فرم‌آلدئید بود که از شرکت چسب سامد مشهد تهیه شد که مشخصات آن در **Error! Reference source not found.** ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات رزین اوره فرم‌آلدئید

نوع رزین	دانسیته (gr/cm^3)	مواد جامد (٪)	ویسکوزیته (cp)	زمان ژله‌ای شدن (s)	pH
اوره فرم‌آلدئید	۱/۲۷۵	۵۰	۲۰۰ -۴۰۰	۵۵	۷/۶

متغیرهای تولید تخته

اثر متغیرهای مستقل بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها مورد بررسی قرار گرفت. این متغیرها شامل نسبت وزنی الیاف باگاس به ضایعات تخته فیبر با دانسیته متوسط در ۵ سطح (۱۰۰:۰، ۹۸:۲، ۹۶:۴، ۹۴:۶ و ۹۲:۸) و مقدار نسبت وزنی پودر کارتن باطله به وزن خشک چسب اوره فرم‌آلدئید در پنج سطح (۱۰۰:۰، ۹۸/۵:۱/۵، ۳: ۹۷، ۹۵/۵:۴/۵ و ۹۴:۶) بودند. در مجموع ۲۵ ترکیب شرایط با سه تکرار و در مجموع ۷۵ تخته به‌دست آمد. عوامل ثابت ساخت تخته در این مرحله شامل موارد زیر است: چسب مصرفی چسب اوره فرم‌آلدئید به میزان ۱۲٪ (وزن خشک رزین) نسبت به وزن خشک الیاف باگاس و با غلظت ۶۵٪ استفاده شد. فشار مورد استفاده در پرس ۱۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، زمان پرس برابر ۶ دقیقه و دمای پرس ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد بود. ضخامت اسمی تخته نیز ۱۰ میلی‌متر و دانسیته آن‌ها ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب ثابت شد. رطوبت کیک نیز برابر ۱۲٪ انتخاب گردید.

تشکیل کیک و ساخت تخته فیبر

فرآیند ساخت MDF در این تحقیق روش خشک بود. تعداد ترکیب شرایط ساخت و سطوح مورد استفاده شده در جدول ۲ نشان داده شده است. برای چسب زنی الیاف از یک چسب‌زن آزمایشگاهی استفاده شد. بر اساس طرح آزمونی (جدول ۲) مواد مورد نیاز به‌طور مجزا توزین شدند. رزین UF به‌صورت محلول با غلظت ۶۵٪ ساخته شد و سپس پودر کارتن به رزین مایع اضافه شده و به مدت ۵ دقیقه هم زده شد. محلول رزینی به‌وسیله پیستوله به الیاف باگاس و الیاف حاصل از ضایعات MDF در حال چرخش اسپری شد، پس از پایان چسب‌زنی مواد داخل استوانه چسب‌زن به مدت ۲ دقیقه به چرخش خود ادامه دادند تا عمل مخلوط شدن چسب با خرده چوب‌ها به‌طور تقریباً یکنواخت انجام شود. پس از خارج کردن الیاف باگاس از استوانه چسب‌زنی، برای تشکیل کیک الیاف، از یک قالب چوبی به ابعاد ۲۵×۳۵×۳۵ سانتی‌متر استفاده شد. کیک قبل از قرار گرفتن در پرس به‌منظور تثبیت و کاهش حجم به‌صورت دستی پیش پرس گردید.

Archive of SID

www.SID.ir

از پرس هیدرولیکی آزمایشگاهی دانشگاه زابل که دارای قطر پیستون ۲۱ سانتی‌متر و ابعاد مفید ۶۵×۷۰ سانتی‌متر است استفاده گردید. پس از پرس، تخته‌های حاصل سپس برای مدت یک هفته در دمای ۲۰ درجه و رطوبت ۶۵٪ در اتاق مشروط سازی نگهداری شدند پس از آن، از تخته‌ها نمونه‌هایی طبق استاندارد EN ۳۲۶-۱ بریده شد و برای انجام آزمایش‌ها خمش، چسبندگی داخلی، واکشیدگی ضخامت و میزان جذب آب مورد استفاده قرار گرفت.

تهیه نمونه‌های آزمونی و اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها

تخته‌ها بر اساس استاندارد EN 326-1 برای تهیه نمونه‌های آزمونی توسط اره گرد اندازه بری شدند. اندازه‌گیری میزان واکشیدگی ضخامت و جذب آب نمونه‌های آزمونی طی ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب بر اساس استاندارد EN 317 انجام شد. برای تعیین مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته تخته‌ها، مطابق استاندارد EN 310 نمونه‌هایی به ابعاد ۵۰×۳۷۰ میلی‌متر تهیه شده توسط دستگاه آزمودن مکانیکی HOUNS field H25ks آزمایشگاه دانشگاه زابل تحت بارگذاری قرار گرفت. برای تعیین مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها نمونه‌هایی به ابعاد ۵۰×۵۰ میلی‌متر مطابق با استاندارد EN 319 تهیه شدند.

طرح آماری

تجزیه تحلیل آماری نتایج طبق آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. در صورت معنی‌داری اختلاف بین میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج

برخی از ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی تخته‌ها با توجه به جدول کدگذاری در۲ بیان شده است.

مدول خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی

مقادیر مدول خمشی و مدول‌الاستیسیته به‌ترتیب از ۱۶/۲۹ تا ۲۵ مگاپاسکال و ۱۸۴۲ تا ۲۹۳۷ مگاپاسکال نوسان می‌کند (جدول ۲). شکل ۱ و ۲ نشان می‌دهد که با افزایش درصد استفاده از اکستندر، مقادیر MOR و MOE افزایش داشته است. علاوه بر این ضایعات MDF باعث بهبود این دو ویژگی شده است اما این روند افزایش در مورد اکستندر محسوس‌تر است. با توجه به داده‌های حاصل، بالاترین میزان MOR و MOE مربوط به تخته‌هایی است که دارای بیشترین درصد ضایعات MDF و بالاترین مقدار اکستندر می‌باشند (X و Y).

به‌منظور شناخت عملکرد چسب و به وجود آوردن اتصال بین چوب و چسب و مشخص کردن کیفیت و قدرت اتصال بین چسب و الیاف به‌ویژه در لایه میانی تخته، اندازه-گیری و تجزیه تحلیل چسبندگی داخلی اجتناب‌ناپذیر است. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون چسبندگی داخلی در جدول ۲ و شکل ۳ ارائه شده است. محدوده داده‌ها بین ۰/۴۷ و ۰/۶۴ مگاپاسکال متغیر است. اکستندر تأثیر معنی‌داری بر چسبندگی داخلی تخته‌ها داشته است به‌طوری‌که با افزایش اکستندر این ویژگی مکانیکی بالا رفته است. در نتیجه بیشترین مقدار IB مربوط به تخته E (۰/۶۴ مگاپاسکال) و کمترین آن تخته P (۰/۴۷ مگاپاسکال) است. ضایعات MDF به‌طورکلی باعث کاهش چسبندگی داخلی شد اما معنی‌دار نبود.

Archive of SID

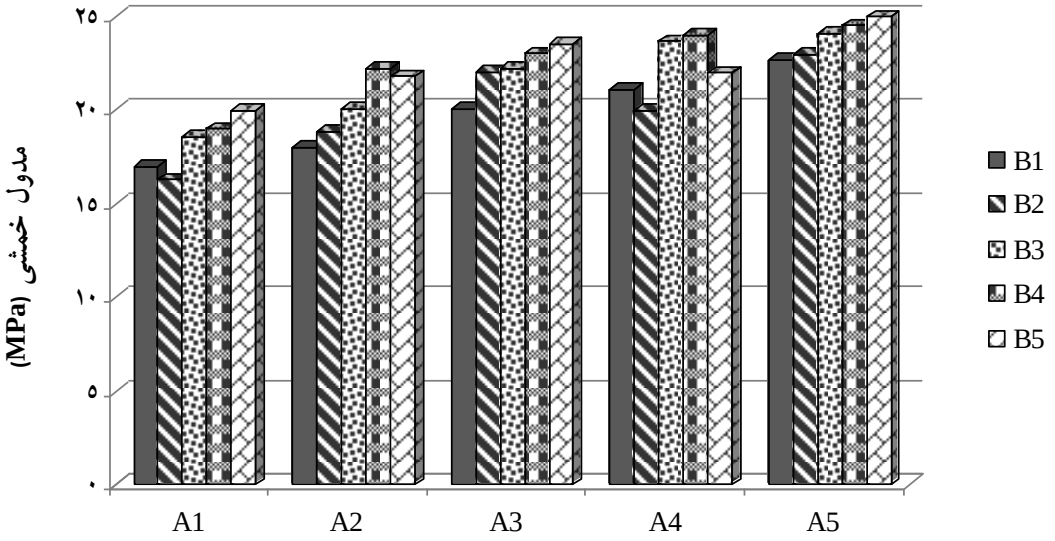
www.SID.ir

جدول ۲- طرح آزمونی ساخت تخته و خواص فیزیکی و مکانیکی **MDF** به همراه گروه‌بندی دانکن

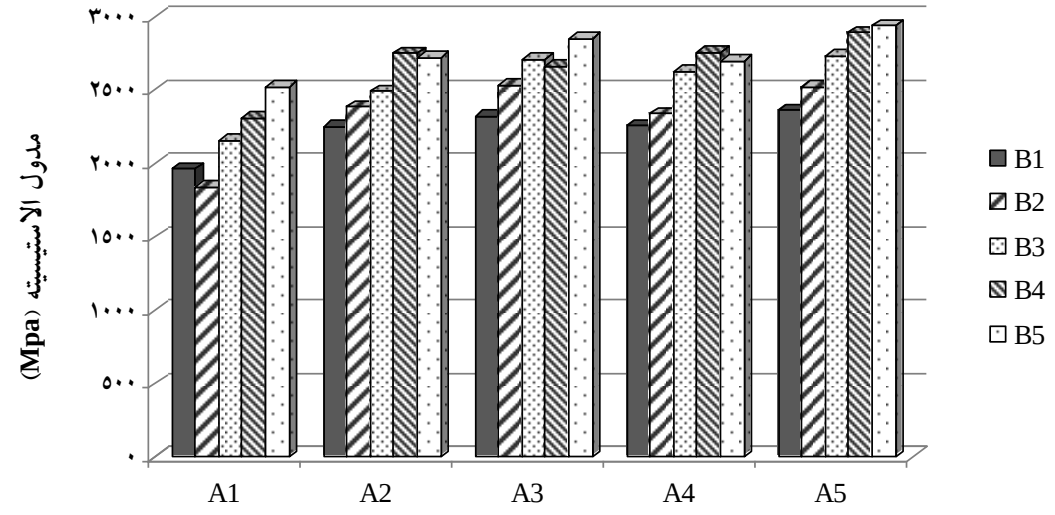
کد تیمار	نسبت پودر کارتن نسبت ضایعات به الیاف				واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (٪)	جذب آب ۲۴ ساعت (٪)	چسبندگی داخلی (MPa)	مدول‌الاستیسیته (MPa)	مدیول خمشی (MPa)
	به رزین		باگاس						
	کارتن (٪)	UF (٪)	ضایعات MDF (٪)	الیاف باگاس (٪)					
A	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰	ef۱۲/۲	abc۷۴/۱۳	cde۰/۵۱	cd۱۹۶۶	fg۱۷
B	۰	۱۰۰	۲	۹۸	f۱۲/۷۳	abc۷۲/۸۳	abcde۰/۵۴	d۱۸۴۲	g۱۶/۲۹
C	۰	۱۰۰	۴	۹۶	cdef۱۱/۴	abc۷۵/۹۳	abcde۰/۵۶	bcd۲۱۵۵	defg۱۸/۵۷
D	۰	۱۰۰	۶	۹۴	ef۱۲	cd۸۴/۶۶	abcd۰/۵۹	abcd۲۳۱۱	bcdefg۱۹
E	۰	۱۰۰	۸	۹۲	ef۱۱/۸۶	d۹۴/۳۳	a۰/۶۴	abc۲۵۲۴	abcdefg۲۰
F	۱/۵	۹۸/۵	۰	۱۰۰	def۱۱/۶۶	abc۷۲/۵۳	cde۰/۵۱	abcd۲۲۵۴	efg۱۸/۰۲
G	۱/۵	۹۸/۵	۲	۹۸	bcde۱۱/۱۳	abc۷۷/۱۳	abcde۰/۵۴	abcd۲۳۹۰	cdefg۱۸/۸۹
H	۱/۵	۹۸/۵	۴	۹۶	cdef۱۱/۳۶	abc۷۱/۵۳	abcde۰/۵۴	abcd۲۴۹۱	abcdefg۲۰/۰۶
I	۱/۵	۹۸/۵	۶	۹۴	cdef۱۱/۳	abc۷۵/۵	abcde۰/۵۷	ab۲۷۵۲	abcde۲۲/۲
J	۱/۵	۹۸/۵	۸	۹۲	ef۱۱/۸۳	bcd۸۱/۴	abcd۰/۶	ab۲۷۲۵	abcdef۲۱/۸
K	۳	۹۷	۰	۱۰۰	cdef۱۱/۴۶	abc۷۲/۵	bcde۰/۵۲	abcd۲۳۲۱	abcdefg۲۰/۱
L	۳	۹۷	۲	۹۸	abcde۱۰/۲۰	ab۶۸/۴	abcde۰/۵۴	abc۲۵۳۴	abcdef۲۲/۰۳
M	۳	۹۷	۴	۹۶	def۱۱/۵	abc۷۵/۰۶	abcde۰/۵۷	ab۲۷۱۱	abcde۲۲/۲۵
N	۳	۹۷	۶	۹۴	ef۱۲/۰۶	abc۷۶/۹۳	abc۰/۶۰	ab۲۶۶۱	abcde۲۳/۰۱
O	۳	۹۷	۸	۹۲	def۱۱/۶	abc۷۴/۶۳	ab۰/۶۳	a۲۸۵۳	abcd۲۳/۵۵
P	۴/۵	۹۵/۵	۰	۱۰۰	bcde۱۰/۹۶	abc۷۴/۷۶	e۰/۴۷	abcd۲۲۵۷	abcdefg۲۱/۰۹
Q	۴/۵	۹۵/۵	۲	۹۸	bcde۱۱/۲	abc۷۱/۰۶	cde۰/۵۱	abcd۲۳۴۰	abcdefg۲۰
R	۴/۵	۹۵/۵	۴	۹۶	ef۱۱/۹	abc۷۴/۹۳	abcde۰/۵۶	abc۲۶۲۶	abcd۲۳/۶۷
S	۴/۵	۹۵/۵	۶	۹۴	bcde۱۰/۸۳	abc۷۱/۴۳	abcde۰/۵۸	ab۲۷۵۵	abc۲۴
T	۴/۵	۹۵/۵	۸	۹۲	ef۱۱/۷۶	a۶۴/۸۳	abcde۰/۵۷	ab۲۶۹۸	abcdef۲۲
U	۶	۹۴	۰	۱۰۰	a۸/۹۶	a۶۳/۳۳	cde۰/۵۱	abcd۲۳۶۵	abcde۲۲/۶۷
V	۶	۹۴	۲	۹۸	abcd۱۰/۲	abc۶۹/۳۳	de۰/۴۹	abc۲۵۲۳	abcde۲۲/۹۸
W	۶	۹۴	۴	۹۶	ab۹/۸۳	a۶۱/۶۶	abcde۰/۵۵	ab۲۷۳۵	ab۲۴/۱
X	۶	۹۴	۶	۹۴	abc۱۰	ab۶۷/۳۳	abcde۰/۵۷	a۲۸۹۴	a۲۴/۵۳
Y	۶	۹۴	۸	۹۲	bcde۱۱	ab۶۶/۶۶	abcd۰/۵۹	a۲۹۳۷	a۲۵

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- تأثیر متقابل میزان اکستندر و ضایعات MDF بر روی مقاومت خمشی (MOR)
(A- نسبت وزنی الیاف ضایعاتی به الیاف باگاس؛B- نسبت وزنی آرد کارتن به رزین)

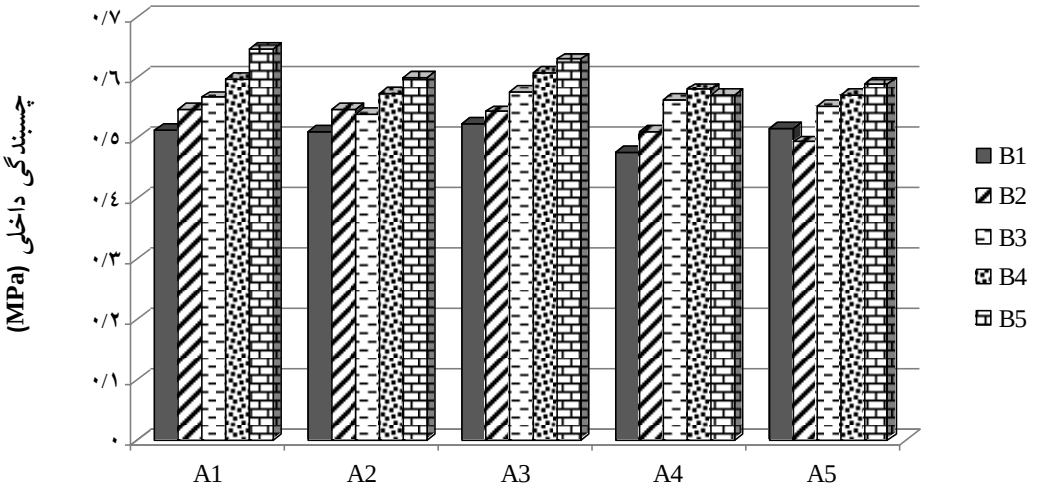


شکل ۲- تأثیر متقابل میزان اکستندر و ضایعات MDF بر روی مدول‌الاستیسیته (MOE) (A- نسبت وزنی الیاف ضایعاتی به الیاف باگاس؛B- نسبت وزنی آرد کارتن به رزین)

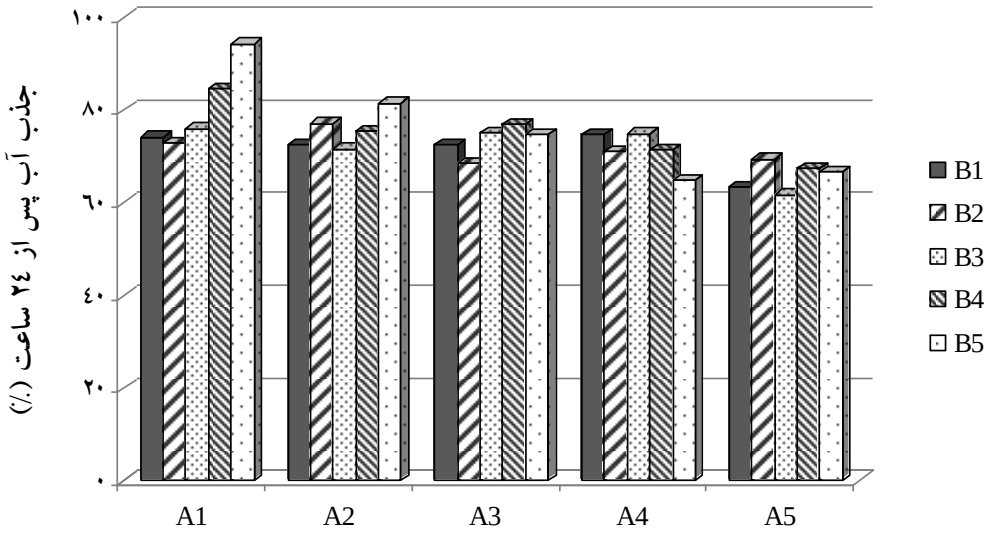
جذب آب و واکشیدگی ضخامتی تخته پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

نتایج به‌دست آمده از آزمون جذب آب در جدول ۲ نشان داده‌شده است. شکل ۴ تغییرات جذب آب در تیمار-های مختلف تحت تأثیر میزان اکستندر و نسبت وزنی ضایعات MDF به الیاف باگاس را نشان می‌دهد. بیشترین جذب آب تخته‌ها بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب را تخته D و E و کمترین آن را تخته W به خود اختصاص داده‌اند. این میزان اختلاف در جذب آب موجب شد که آزمون بین گروهی دانکن شرایط مورد مطالعه‌ی این مرحله در ساخت تخته‌ها را برای جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری به ۳ گروه (a-c) طبقه‌بندی کند.

www.SID.ir



شکل .Error! No text of specified style in document۳- تأثیر متقابل میزان اکستندر و ضایعات **MDF** بر روی چسبندگی داخلی (**IB**) (**A**- نسبت وزنی الیاف ضایعاتی به الیاف باگاس؛ **B**- نسبت وزنی پودر کارتن به رزین)

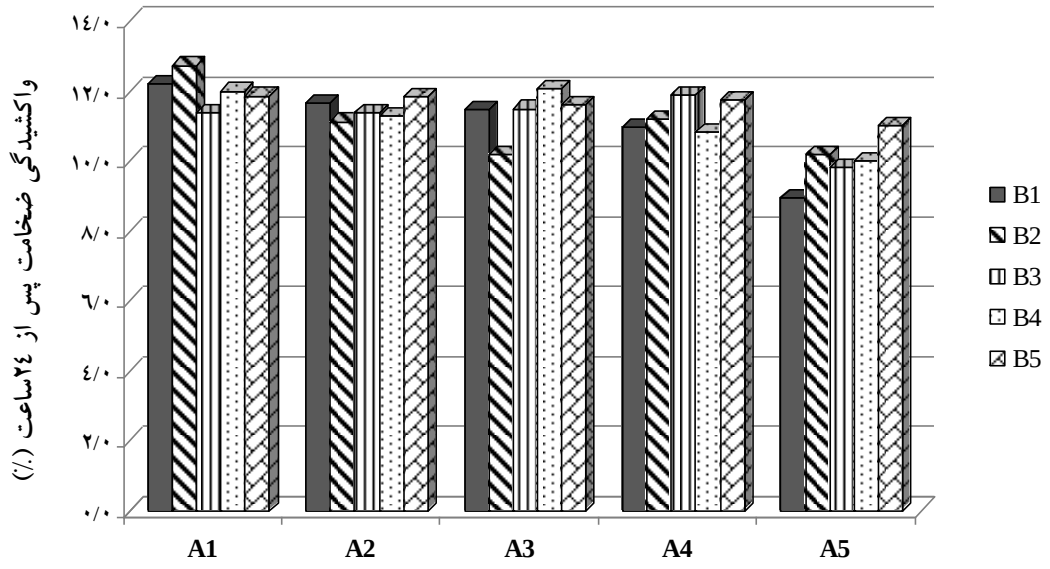


شکل ۴- تأثیر متقابل میزان اکستندر و ضایعات **MDF** بر روی جذب آب تخته پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (**A**- نسبت وزنی الیاف ضایعاتی به الیاف باگاس؛**B**- نسبت وزنی آرد کارتن ضایعاتی به رزین)

تأثیر اکستندر به‌عنوان یک متغیر مستقل بر جذب آب معنی‌دار نبود اما به مقدار کمی باعث افزایش جذب آب شد. ضایعات MDF تأثیر معنی‌داری بر جذب آب داشته و باعث کاهش آن شده است.

نتایج به‌دست آمده از آزمون واکشیدگی ضخامت (جدول ۲ و شکل ۵) نشان داده است که اکستندر تأثیر معنی‌داری بر افزایش این ویژگی نداشت. اما ضایعات MDF برخلاف اکستندر باعث کاهش واکشیدگی ضخامت شده و در سطح اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار بود. بیشترین میزان واکشیدگی ضخامت مربوط به تخته B و حداقل آن مربوط به تخته U است.

www.SID.ir



شکل ۵- تأثیر متقابل میزان اکستندر و ضایعات **MDF** بر روی واکشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب (**A**- نسبت وزنی الیاف ضایعاتی به الیاف باگاس؛**B**- نسبت وزنی آرد کارتن ضایعاتی به رزین)

بحث

مدول خمشی در آزمون خمش یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های کاربردی اوراق مرکب چوبی است. این شاخصه بیشتر از هر فاکتوری می‌تواند وابسته به مقاومت ذاتی الیاف باشد. به‌واسطه وجود گروه‌های هیدروکسیل بر روی زنجیره سلولزی، الیاف می‌توانند با گروه‌های فعال موجود در اتصال‌دهنده‌ها (رزین) وارد واکنش شوند تا بدین ترتیب بتوان از خاصیت تردی آن‌ها کاست. چسب‌های آمینوپلاست مانند اوره و ملامین از رایج‌ترین رزین‌های مورد استفاده در فرآورده‌های مرکب چوبی است. این رزین‌ها اغلب دارای مزیت‌هایی هستند اما عملکرد مکانیکی آن‌ها محدود است (Veigel, *et al.*, 2012). از آنجا که مدول الاستیک خط چسب رزین‌های آمینوپلاست بالاست، تغییر شکل چسب تحت بارگذاری معمولاً کم است. در نتیجه شدت (تمرکز) فشار یا تنش در امتداد خط چسب در چوب بوجود می‌آید (Serrano and Gustafsson, 1999) که باعث کاهش مقاومت اتصال می‌شود. رزین اوره در برابر مواد حاوی سلولز (مواد لیگنوسلولزی) چسبندگی قوی دارد، بنابراین به نظر می‌رسد فیبرهای سلولزی انتخاب عاقلانه‌ای برای تقویت کردن رزین اوره باشد (Thakur, 2010 و Singha ؛ Kaur, *et al.*, 2002). استفاده از اکستندر (سلولز) در چسب UF باعث تقویت و استحکام بیشتر نسبت به UF خالص می‌شود. اکستندر باعث می‌شود تا میکرو رشته‌های سلولز در بین پلیمر چسب قرار بگیرد و باعث سختی و استحکام اتصالات شود. همچنین اکستندر باعث می‌شود که چسب بیش از اندازه در داخل الیاف نفوذ نکرده و باعث اتصالات قوی شود، بخصوص باگاس که همیشه دارای مقادیری مغز است که این‌ها حالت اسفنجی داشته و چسب زیادی را جذب خود می‌کنند. بنابراین پوشش کامل سطح الیاف توسط چسب نقش مهمی در عملکرد مکانیکی تخته ایفا می‌کند. یکی از مهم‌ترین عواملی که بر مدول‌الاستیسیته مواد مرکب تأثیر دارد، مدول‌الاستیسیته اجزای آن است. الیافی که از ضایعات MDF تهیه شده است باعث افزایش مدول‌الاستیسیته شده بطوریکه بالاترین میزان MOE مربوط به تخته‌هایی هستند از ۸ درصد ضایعات MDF ساخته‌شده است (شکل ۲).

مدول‌الاستیسیته به سختی و سفتی یا صلبیت الیاف نیز بستگی دارد. هرچه الیاف این ویژگی‌ها را بیشتر داشته باشد، دارای مدول‌الاستیسیته بیشتری است. الیاف ضایعات MDF به‌واسطه اینکه قبلاً چسب زنی شده و سطح این الیاف آغشته به چسب هستند و حجمی از دیواره سلولی آن اشباع از چسب است، گمان می‌رود الیاف دارای سختی و صلبیت

Archive of SID

www.SID.ir

بیشتر و در نتیجه مدول‌الاستیسیته بیشتری از الیاف باگاس باشد. اکستندر از تردی و شکنندگی چسب UF می‌کاهد و بر سختی و استحکام این رزین می‌افزاید (Veigel, *et al.*, 2011). نتایج حاصل از آزمون FTIR نشان از وجود اتصالات هیدروژنی بین چسب و اکستندر خبر می‌دهد. قطبیت بالای چسب و سلولز باعث فراوانی این اتصالات می‌شود. الیاف سلولزی کاغذها با داشتن ضریب کشیدگی بالا در مقابل نیروهای خمشی مقاومت کرده و مانند قید در ترکیب چسب و اتصالات آن عمل می‌کند، درنتیجه توانایی تقویت‌کنندگی اتصال با رزین اوره فرم‌آلدئید را دارند (Moezzipour and Doosthoseini, 2011).

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، با بالا رفتن میزان ضایعات MDF چسبندگی داخلی کاهش می‌یابد؛ اما این کاهش برای IB معنی‌دار نبوده و همگی تخته‌ها با توجه به آزمون دانکن در یک گروه طبقه‌بندی شدند. الیاف باگاس به دلیل ضریب لاغری L/D بیشتر، قابلیت بیشتری در هم‌پوشانی یکدیگر دارند و قادرند بافت همگن‌تری ایجاد کنند و بیشتر درهم فرو روند (Lee, *et al.*, 2006). مورفولوژی عناصر تشکیل دهنده تخته به‌عنوان یک فاکتور مهم در تعیین خواص صفحات فشرده چوبی ثابت شده است (Hashim, *et al.*, 2013؛ Lee, *et al.*, 2005). در این راستا Nonaka (۲۰۱۳) خصوصیات تخته خرده چوب بدون چسب ساخته‌شده از باگاس را با تخته ساخته‌شده از تراشه‌های بازیافتی مقایسه کرد ضریب لاغری باگاس و تراشه به ترتیب ۴۷/۲ و ۲۶/۲ تعیین شد. نتایج نشان داد که خواص مکانیکی تخته‌های ساخته‌شده از باگاس (به علت L/D بیشتر نسبت به تراشه) به‌طور قابل توجهی بیشتر از تخته‌های حاوی تراشه بود. علت دیگر کاهش IB را می‌توان به آسیب‌دیدگی الیاف حاصل از ضایعات MDF در هنگام بازیافت ربط داد. چرا که در طی فرآیند بازیافت، الیاف با کاهش طول مواجه شده و افزایش فیبرهای آسیب دیده و به‌تبع آن افزایش سطح ویژه الیاف و نیز سطوح مقاطع بیشتر که عملاً در فرایند چسبندگی شرکت نمی‌کنند موجب می‌گردد که در واحد سطح ذرات، چسب کمتری قرار گرفته و چسبندگی داخلی تخته‌ها را با افت روبرو کند. یکی دیگر از فاکتورهای تعیین کننده میزان اتصالات رزین قابلیت تر شوندگی سطح است (Ndazi, *et al.*, 2006). برهمکنش پیوندهای هیدروژنی نقش تعیین کننده‌ای در قابلیت ترشوندگی سطح و جذب رزین بر روی سطح مواد لیگنوسلولزی دارد (Khazaeian and Pirayesh, 2012). همبستگی مثبتی بین قابلیت ترشوندگی چوب و چسبندگی وجود دارد (Winandy and Ayrilmis, 2009). تعداد گروه‌های هیدروکسیل الیاف ضایعات به خاطر مشارکت اندک در فرآیند چسبندگی، نسبت به الیاف باگاس کمتر است، بنابراین چسبندگی داخلی کمتر تخته‌ها در نسبت‌های مختلف باگاس/ضایعات MDF می‌تواند به علت گروه‌های هیدروکسیل کمتر ضایعات MDF و به موجب آن قابلیت ترشوندگی ضعیف‌تر و اتصالات هیدروژنی کمتر باشد.

چسبیدن هیدرژن مولکول‌های آب به گروه‌های آزاد هیدروکسیل آزاد موجود در سلولز و همی سلولز به‌عنوان یک عامل اساسی در جذب آب چوب مطرح است (Gwon, 2010؛ Nourbakhsh, *et al.*, 2011). شکل ۴ نشان می‌دهد که با افزایش ضایعات MDF جذب آب کاهش پیدا کرده است. سطح الیاف ضایعات MDF آغشته به چسب UF است این باعث شده که گروه‌های هیدروکسیل کمتری در سطح این الیاف وجود دارد، چرا که با اتصالات هیدروژنی ایجاد شده بین پلیمر چسب و الیاف چوب از تعداد این گروه‌های هیدروکسیل کاسته می‌شود. بنابراین دارای گروه‌های هیدروکسیل آزاد کمتری نسبت به الیاف باگاس است و تمایل کمتری نسبت به جذب آب دارد. از طرف دیگر الیاف باگاس دارای مقادیر کمی مغز نیشکر است که این ماده حالت اسفنجی داشته و جذب آب را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین هرچه نسبت باگاس به ضایعات MDF کم شود جذب آب نیز کاهش پیدا خواهد کرد.

الیاف ضایعات MDF به‌واسطه اینکه دارای مقادیر کمی چسب هستند و از طرف دیگر در طی فرآیند بازیافت کاملاً آب را به خود جذب کرده‌اند و دوباره خشک شدند، تنش‌زدائی شده‌اند و روزنه‌های ریز دیواره سلولی آن‌ها با رزین اشباع شده است. بنابراین جذب آب کمتر و در نتیجه واکشیدگی کمتری نسبت الیاف باگاس خواهند داشت. نتایج به‌دست‌آمده از واکشیدگی ضخامت با نتایج Raffael و همکاران (2003) مطابقت دارد.

همچنین پدیده واکشیدگی ضخامت از کیفیت اتصال و خواص چسب تأثیر می‌پذیرد (Abdolzadeh, *et al.*, 2010). شکل ۵ نشان می‌دهد که اکستندر واکشیدگی

Archive of SID

www.SID.ir

ضخامت تخته‌ها را افزایش داده است، اما این افزایش بسیار ناچیز است و از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. علت این افزایش اندک می‌تواند به ماهیت ذاتی اکستندر مرتبط باشد. چراکه گروه‌های هیدروکسیل سلولز تمایل زیادی به جذب مولکول‌های آب دارند. به همین خاطر رزین UF تقویت شده نسبت به UF خالص آب بیشتری می‌تواند جذب کند که همین امر باعث تخریب اتصالات رزین شده و واکشیدگی ضخامت را افزایش می‌دهد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اکستندر باعث بهبود خواص مکانیکی مانند MOR، MOE و IB شده است. علاوه بر این استفاده از اکستندر تأثیر معنی‌دار بر روی خواص فیزیکی همچون WA و TS ندارد. ضایعات حاصل از پاکبری MDF باعث بهبود MOR, MOE شد اما IB با اضافه شدن ضایعات MDF کاهش یافت. ضایعات MDF را می‌توان به‌عنوان جایگزینی از مواد اولیه در ساخت MDF استفاده کرد بطوریکه با افزایش این ضایعات MOR و MOE بهبود یافت.

حضور ضایعات MDF باعث تغییر روند در جذب آب شده است. تیمارهای حاوی بالاترین ضایعات MDF دارای کمترین جذب آب بودند. پودر کارتن تأثیر معنی‌داری بر جذب آب نداشته و تنها به مقدار کمی باعث افزایش WA می‌شود

منابع مورد استفاده

-Ayrilmis, N., and Winandy, J.E., 2009. Effects of post heat-treatment on surface characteristics and adhesive bonding performance of medium density fiberboard. Materials and Manufacturing Processes, 24:594–299.

-Cyr, P.L, Riedl, B., and Wang, X.M., 2008. Investigation of Urea-Melamine-Formaldehyde (UMF) resinpenetration in Medium-Density Fiberboard (MDF)by High Resolution Confocal Laser Scanning Microscopy, *Holz* als *Roh*- und Werkstoff, 66:129–134.

-Doosthoseini, K, Moezzipour, B. 2011. Utilization of waste paper and old corrugated carton (OCC) as a filler of urea formaldehyde resin on plywood manufacturing, Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(2): 88-93.

-European Standard EN 310. 1993. Wood-based panels.Determination of modulus of elasticity inbending and of bending strength. European Committee for Standardization.

-European Standard EN 312. 2003.Particleboards-Specifications.European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

-European Standard EN 317. 1993. Particleboards and fiberboards, determination of swelling in thickness after immersion. European Standardization Committee, Brussels.

-European Standard EN 319. 1993. Particleboards and fiber-boards.Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. European Committee for Standardization.

-Geng, X., Zhang, S.Y., and Den, J., 2007. Mill sludge a component of wood adhesive formulation. Holz forschung, 67(6): 688-692.

-Groom, L., Shaler, S., and Mott, L., 1994. Physical and mechanical properties of virgin and recycled woodfibers. In: Proc of environmental quality in wood processing. Atlanta, pp 20–35.

-Gwon, J.G., Lee, S.Y., Chun, S.J., Doh, G.H, and Kim, J.H., 2010. Effects of chemical treatments of hybrid fillers on the physical and thermal properties of wood plastic composites. Composites: Part A, 41:1491–7.

-Hashim, R., Saari, N., Sulaiman, O., Sugimoto, T., Hiziroglu, S., Sato, M., and Tanaka, R., 2010. Effect of particle geometry on the properties of binderless particleboard manufactured from oil palm trunk. Material design, 31:4251–4257.

-Hemmasi, A. H, Samariha, A, Tabei, A.Nemati, M. and Khakifirooz, A., 2011. Study of Morphological and Chemical Composition of Fibers from Iranian Sugarcane Bagasse. American-Eurasian Journal *of* Agricultural & Environmental Sciences, 11(4):478-481.

-Ince, P., 1994. Recycling and long-range timber outlook. Background research report 1993 RPA, assessment update. USDA Forest Service research paper, FPL-RP-534.

-Kaur, I., Misra, B.N., Sarkar, A., Chauhan, G.S., and Singh, B., 2002. Preparation and characterization of forest waste pine cellulosic fiber—UF resin based polymer composites. Science and Engineering of Composite Materials, 10(6): 437–451.

-Lee, S., Shupe, T.F., and Hse, C.Y., 2005. Mechanical and physical properties of agro-based fiberboard. Holz als Roh- und Werkstoff, 64:74–79.

-Mantanis, Q., 2004. A new process for recyceling waste fiberboard , 38th *international wood composite Symposium.*

-Mohebby, B., Ilbeighi, F., and Kazemi-Najafi, S., 2008. Influence of hydrothermal modification of fibers on some physical and mechanical properties

Archive of SID

www.SID.ir

for plywood. Forest Adhesive Technology. Liberery of congress.
-Serrano, E., and Gustafsson, P.J., 1999. Influence of b ondline brit-tleness a nd defects on the strength of timber finger-joints. International Journal of Adhesion and Adhesives, 19(1): 9 –17.
-Thakur, V. K., and Singha, A. S., 2010. Natural fibres-based polymers—part1 —mechanical analysis of pine needles reinforce d bio composites. Bulletin of Materials Science, 33(3): 257–264.
-Veigel, S., Muller, U., Keckes, J., Obersriebnig, M., and Gindl-Altmutter, W., 2011. Cellulose nanofibrils as filler for adhesives: effect on specific fracture energy of solid wood-adhesive bonds. Cellulose, 18:1227–1237.
-Veigel, S., Rathke, J., Weig, M., and Gindl-Altmutter, W., 2012. Particleboard and Oriented StrandBoard Prepared with Nanocellulose-Reinforced Adhesive. Journal of Nanomaterials Article ID 158503, 8 pages.
of medium density fiberboard (MDF). Holz als Roh- und Werkstoff,, 66:213–218.
-Moradi kiya S., 2007. Investigation on possibility of utilization of MDF residues in its manufacturing process. MsC. thesis. University of Tehran . 87pp.
-Ndazi, B., Tesha, J.V., and Nisanda, E.T.N., 2006. Some opportunities and challenges of producing bio-composites from non-wood residues. Journal of Material Science, 41: 6984–90.
-Nonaka, S.h., Umemura, K., and Kawai, S.h., 2013. Characterization of bagasse binderless particleboard manufactured in high-temperature range. Journal of Wood Science, 59:50–56.
-Nourbakhsh, A., Farhani Baghlani, F., and Ashori, A., 2011. Nano-SiO2 filled rice husk/ polypropylene composites: physico-mechanical properties. Industrial Crops and Products, 33:183–7.
-Pirayesh, H., and Khazaeian, A., 2012. Using almond (Prunus amygdalus L.) shell as a bio-waste resource in wood based composite. Composites: Part B, 43:1475–9.
-Roffael, E., 2003. MDF board from recovered OSB. Holz als Roh, 61: 390-391.
-Seller, T., George, D., and Smith, W., 2005. Tool wear properties of five extender fillers in adhesive mixes

Archive of SID

www.SID.ir

The effect of old corrugated container (OCC) powder and as urea formaldehyde adhesive filler on properties of medium density fiberboard made from bagasse and waste MDF

M. Nazerian[1]*, A. Dalirzadeh[2] and S.R. Farokhpayam[3]

1*-Corresponding Author; Assistant Prof., department of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran, Email: morteza17172000@yahoo.com
2-M.Sc., Department of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran
3-Assistant Prof., department of Wood and Paper Science and Technology, University of Zabol, Iran

Received: Dec., 2013 Accepted: June, 2014

Abstract

The effect of old corrugated container (OCC) powder as Urea Formaldehyde resin (UF) filler on the properties of medium density fiberboard (MDF) prepared from bagasse fibers and waste MDF was investigated. The variables in this research were the ratio of UF resin powder to OCC (at five levels; 100:0, 5/5:1/98, 97:3, 5/5:4/95, and 94:6) and the ratio of bagasse fibers to waste MDF at five level; 100:0, 98:2, 96:4, 94:6 and 92:8).The constant variable in all treatments were 6 mm/min. press closing time and 150°Cpress temperature. Thickness swelling (TS), water absorption (WA) after 24h, modulus of elasticity (MOR), modulus of rupture (MOE) and internal bonding (IB)) of panels were measured according to EN standard and statistical analysis was performed using SPSS software. The results showed that OCC powder and MDF waste had significant effect on the bending strength and modulus of elasticity. An increase in OCC improved the internal bonding (IB) while IB was reduced by increasing of MDF waste. Minimum water absorption was found in panels with the maximum waste MDF. This means that the panels with 8 percent waste MDF had the least water absorption. Moreover, the panels with highest content of waste MDF had the least thickness swelling. No significant difference was found between the effects of various OCC powder content on the physical.

Key word: MDF, bagasse, carton powder, waste MDF, physical and mechanical properties.

Archive of SID

www.SID.ir