Archive of SID

بررسی عملکرد فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت‌های چوب تحت تأثیر کهنگی تسریع یافته در شرایط آزمایشگاهی

سمانه یوسفی‌لنبر[۱]
آیسونا طلایی[۲*]
محمدهادی رضوانی[۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی مواد و فناوری‌های نوین، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی، تهران، ایران

[۲] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی مواد و فناوری‌های نوین، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، تهران، ایران

[۳] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده مهندسی مواد و فناوری‌های نوین، دانشگاه تربیت دبیر شهیدرجائی، تهران، ایران

مسئول مکاتبات:
talaei.srttu@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۰

چکیده

هدف از این مقاله بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب پرکاربرد در بازار ایران قبل و بعد از کهنگی تسریع یافته بود. فرایند چندمرحله‌ای کهنگی تسریع شده طبق استاندارد ASTM D-1037 انجام‌گرفت. نمونه‌های موردمطالعه از چهار نوع تخته خرده چوب صنعتی و یک نوع تخته فیبر (MDF) که از مواد لیگنوسلولزی چوبی و غیرچوبی ساخته شده بودند از شرکت‌های مختلف تهیه شدند. ویژگی‌های فیزیکی شامل دانسیته، جذب آب، واکشیدگی ضخامت بعد از غوطه‌وری طولانی‌مدت و ویژگی‌های مکانیکی شامل مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی قبل و بعد از اعمال کهنگی بررسی شدند. بیشترین کاهش دانسیته پس از آزمون کهنگی مربوط به نمونه‌های MDF بود، درحالی‌که نمونه‌های تخته خرده چوب کاهش دانسیته کمتری داشتند. میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌های MDF طی غوطه‌وری طولانی‌مدت نسبت به نمونه‌های مختلف تخته خرده چوب کمتر بود که به دلیل سطح صاف‌تر و نفوذپذیری کمتر MDF است. در اثر کهنگی و به همراه آن تخریب بخشی از اتصالات رزین و تورم دیواره، جذب آب و واکشیدگی ضخامت در تمامی تخته‌ها افزایش یافت. پس از کهنگی بیشترین میزان کاهش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در نمونه‌های MDF مشاهده شد، اما مقادیر مربوط به تخته خرده چوب‌ها قابل‌توجه بود. چسبندگی داخلی اکثر تخته‌ها قبل از کهنگی بالاتر از حد استاندارد بود، اما با اعمال کهنگی و تخریب اتصالات داخلی رزین در شرایط متناوب خشک و تر شدن تا حد معنی‌داری حتی کمتر از حد استاندارد کاهش یافت.

واژگان کلیدی: کهنگی تسریع یافته، چندسازه چوبی، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی.

مقدمه

صفحات فشرده یا چندسازه‌های چوبی شامل انواع تخته فیبر، تخته خرده چوب، پانل‌های چوب بااتصال معدنی و فراورده‌های قالبی خرده چوب می‌باشند که در مقایسه با محصولاتی مانند کاغذ و تخته‌لایه قدمت چندانی نداشته و در ردیف فراورده‌های نسبتاً جدید چوب قرار می‌گیرند.

www.SID.ir

Archive of SID

ازآنجایی‌که این فراورده‌ها بر اساس پژوهش‌های آزمایشگاهی و مطالعات خطوط تولید شکل‌گرفته و رشد و توسعه‌یافته‌اند لذا رابطه تنگاتنگی با علوم و فنّاوری روز دارند [۱].

صنایع تولیدکننده چندسازه چوبی تأکید ویژه‌ای بر مصرف پسماندها و چوب‌های کم‌ارزش دارند. ازجمله این مواد می‌توان چوب‌های کم‌ارزش (مانند، خرده چوب‌های جنگلی و صنوبرها)، گرده‌بینه‌های غیرقابل استفاده جهت تولید انواع الوار و تخته و همچنین تخته‌لایه، بقایای بهره‌برداری از جنگل (شاخه‌ها و چوب‌های کم قطر) پوست درختان، پسماندها و ضایعات کارخانه‌های صنایع چوب و نیز مواد لیگنوسلولزی حاصل از مزارع کشاورزی و درختان باغی را نام برد. توسعه و گسترش این صنایع که پسماندها و مواد کم‌ارزش را به‌عنوان مواد اولیه مصرف نموده و فراورده‌های باارزشی تولید می‌کنند، نقش مهمی در حفظ منابع طبیعی و بهسازی محیط‌زیست ایفا می‌کنند [۲]. در ساخت چندسازه‌های چوب نظیر تخته خرده چوب و تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF)[1] مقدار ناچیزی مواد غیرچوبی مانند رزین‌های مصنوعی و مواد شیمیایی نیز مورداستفاده قرار می‌گیرند که مقدار آن‌ها در مقایسه با مواد تجزیه‌پذیر چوبی و لیگنوسلولزی به نسبت ناچیز است. چندسازه‌های چوبی در مقایسه با چوب خام دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشند که ممکن است کاربرد آن‌ها را در مصارف ساختمانی با مشکلاتی مواجه سازد. ازجمله محدودیت‌ها در طراحی مهندسی چندسازه چوب، ارزیابی میزان مقاومت سازه در بلندمدت و پایداری ابعاد (جذب آب و واکشیدگی ضخامت) آن است که به نسبت کمتر از فراورده‌های حاصل از چوب خام است [۳]. امروزه با ایجاد تنوع، نوآوری و کیفیت در تولید، چندسازه‌های چوبی به‌ویژه در صنعت ساختمان و دکوراسیون داخلی جایگزین مناسبی برای چوب گردیده است که نشان‌دهنده پویایی این صنعت و بازار مصرف گسترده در ایران است. لازم به ذکر است چندسازه‌های چوبی در برابر شرایط محیطی مانند رطوبت و دما عکس‌العمل نشان می‌دهند [۳]. جذب آب در تخته خرده چوب تحت تأثیر دما، رطوبت نسبی، نوع چسب و دانسیته تخته است که ۹۵ درصد جذب آب تخته را شامل می‌شوند [۴]. تأثیر شرایط محیطی بر دوام و استحکام تخته و اتصالات آن‌ها را نمی‌توان نادیده گرفت، زیرا به‌مرورزمان باعث تخریب و فساد در تخته و اتصالات می‌گردد. طی سال‌های اخیر مطالعات زیادی در خصوص تغییر در ویژگی‌های چندسازه‌های چوبی براثر مرور زمان و کهنگی انجام‌شده است. فرایند کهنگی چندسازه‌های چوبی به‌طور طبیعی بسیار طولانی است، اما می‌توان با ایجاد شرایط محیطی در آزمایشگاه در زمان خیلی کوتاه‌تری فرایند کهنگی را شبیه‌سازی نمود. به‌طورکلی به این دسته از آزمون‌های آزمایشگاهی، فرایندهای کهنگی تسریع‌یافته می‌گویند [۵]. چندسازه‌های چوب از قبیل MDF و تخته خرده چوب در برابر تغییر شرایط محیطی (رطوبت و دما) براثر جذب و دفع رطوبت و نوسانات دمایی دچار تخریب و فساد می‌شوند و یا در محل اتصالات فلزی دچار زنگ‌زدگی و درنهایت شُل‌شدن اتصال از محل تماس و تخریب اتصال می‌گردد. بر اساس برخی تحقیقات که در مورد تأثیر کهنگی بر ویژگی‌های چندسازه‌های چوب (تخته خرده چوب، MDF، تخته تراشه جهت‌دار (OSB)[2] و تخته‌لایه) حاکی از آن بود که رزین متیلن دی‌فنیل دی ایزوسیانات باعث دوام و مقاومت بیشتری نسبت به چسب فنل فرمالدهید می‌شود. همچنین همبستگی مطلوبی بین نتایج آزمایشگاهی و میدانی به‌دست‌آمد [۵]. بر اساس تحقیقی که در شهر شیزوکای ژاپن با قرار دادن نمونه‌های چندسازه چوب به مدت دو سال در محیط بیرون از ساختمان انجام گرفت، مشخص شد که واکشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از کهنگی تسریع شده کاهش یافته است. در همین بررسی محققین به این نتیجه رسیدند که تخته‌های ساخته‌شده از چسب فنل فرمالدهید در مقایسه با چسب ایزوسیانات (MDI)[3] واکشیدگی ضخامت بیشتری از خود نشان داده است [۶]. Colak و همکاران (۲۰۰۷) در مقایسه چندسازه‌های چوب ساخته‌شده از دو چسب اوره فرمالدهید و ملامین اوره فرمالدهید و اثر فرایندهای شدید بخاردهی با آب داغ بر مقاومت تخته، به این نتیجه رسیدند که مقاومت چسبندگی

1- Medium Density Fiberboard
2- Oriented Strand Boards (OSB)
3- Methylene diphenyl isocyanate (MDI)

www.SID.ir

Archive of SID

داخلی، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته‌شده با چسب ملامین اوره فرمالدهید بیشتر از اوره فرمالدهید بوده است [۷]. در همین زمینه Saad و همکاران (۲۰۱۶) ارزیابی از عملکرد چندسازه‌های چوب تحت کهنگی تسریع یافته ملایم انجام دادند و نشان دادند که با قرارگیری تخته‌ها در دوره‌های ملایم خشک و مرطوب، ویژگی‌های مقاومتی کاهش می‌یابد. در این بررسی نیز مشخص شد که شدت تغییرات دانسیته و واکشیدگی ضخامت کمتر بوده است. مطابق ارزیابی این محققین از نتایج نهایی آزمون تسریع شده دوام، چندسازه‌های چوب برای کاربردهای داخل ساختمان پیش‌بینی شدند [۸].

لازم است جهت بهبود کمی و کیفی چندسازه‌ها، میزان و مقدار تخریب برآورد شده و در صورت امکان راهکارهایی ارائه شود. روش‌های مختلفی جهت انجام فرایند کهنگی تسریع شده از قبیل آزمون چرخه‌ای JIS-B ژاپن، آزمون چرخه‌ای APAD-1، آزمون چرخه‌ای V313 اروپا، آزمون چرخه‌ای ASTM و آزمون چرخه‌ای VPSD وجود دارد. هیچ‌یک از آزمون‌های کهنگی تسریع شده موجود نسبت به دیگری ارجحیت ندارد اما اجرای آزمون ASTM رواج زیادی دارد و محققان بسیاری بر اساس این استاندارد تحقیق کرده‌اند [۹]. هدف از این مطالعه بررسی ویژگی‌های فیزیکی از قبیل دانسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت و مکانیکی شامل آزمون مدول گسیختگی (MOR)، مدول الاستیسیته (MOE) و مقاومت چسبندگی داخلی تخته فیبر و تخته خرده چوب‌های تهیه‌شده از بازار ایران قبل و بعد از انجام فرایند کهنگی طبق استاندارد ASTM D-1037 است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از ۴ نوع تخته خرده چوب و یک نوع تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF) ساخته‌شده با چسب اوره فرمالدهید مایع، به‌منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی استفاده شد. جدول ۱ مشخصات تخته خرده چوب و تخته فیبر موردبررسی در این بررسی را نشان می‌دهد.

جدول۱- مشخصات چندسازه‌های چوبی مورداستفاده

نوع کامپوزیت چوب	محل کارخانه	مواد اولیه	دانسیته (g/cm^3)	ضخامت (mm)
تخته خرده چوب پویا	مازندران	مواد چوبی	۰/۶۵	۱۵/۵۴
تخته خرده چوب گنبد	گنبدکاووس	مواد چوبی	۰/۶۶	۱۵/۸۱
تخته باگاس پاک چوب	خوزستان	باگاس	۰/۶۴	۱۵/۸۲
تخته باگاس پانیذ (پارس نئوپان)	تنکابن	باگاس	۰/۷۱	۱۶/۴۸
تخته فیبر تایلندی (Vanachai)	تایلند	مواد چوبی	۰/۶۷	۱۵/۴۳

ویژگی‌های موردمطالعه شامل دانسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت قبل و بعد از انجام کهنگی تسریع یافته بر روی چندسازه‌های چوب بودند. آزمون جذب آب و درصد واکشیدگی ضخامت، مطابق استاندارد EN317، طی غوطه‌وری طولانی‌مدت (۵ هفته) انجام شد [۱۰]. ابعاد اسمی نمونه‌ها ۱۶×۵۰×۵۰ میلی‌متر مکعب بود. نمونه‌ها با ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. ویژگی‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده بر اساس روابط زیر تعیین گردید.

$$D = \frac{M}{V} \qquad (۱)$$

D: دانسیته نمونه‌ها (g/cm^3)، V: حجم نمونه (cm) و M: وزن نمونه (g)

$$WA = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100 \qquad (۲)$$

WA: جذب آب (٪)، W_0: وزن خشک اولیه و W_1: وزن نمونه بعد از غوطه‌وری در آب

$$TS = \frac{TW_1 - T_0}{T_0} \times 100 \qquad (۳)$$

TS: واکشیدگی ضخامت (٪)، T_0: ضخامت خشک اولیه و T_1: ضخامت نمونه بعد از غوطه‌وری در آب

www.SID.ir

Archive of SID

آزمون مدول گسیختگی (MOR)[1] و مدول الاستیسیته (MOE)[2]

آزمون خمش استاتیک و مدول الاستیسیته مطابق با استاندارد EN310 و بر اساس میزان تحمل در برابر نیروی عمودی اندازه‌گیری شد [۱۱]. آزمونه‌ها به روش بارگذاری سه‌نقطه‌ای و نسبت ۲۰ به ۱ طول به عمق دهانه انجام شدند. سرعت بارگذاری برای نمونه‌ها ۵ میلی‌متر بر دقیقه و ابعاد اسمی نمونه‌ها ۱۶×۵۰×۳۷۰ میلی‌متر مکعب بود.

آزمون چسبندگی داخلی

برای اندازه‌گیری چسبندگی داخلی (IB)[3] به‌طورمعمول از آزمون مقاومت کششی استفاده می‌شود. آزمون چسبندگی داخلی بر طبق استاندارد EN319، بر روی چندسازه‌های چوب با ابعاد اسمی ۱۶×۵۰×۵۰ میلی‌متر مکعب انجام گرفت [۱۲]. اندازه‌گیری آزمون چسبندگی داخلی با دستگاه Tensile Tester Model STT- Sanaf تحت بار کششی با سرعت ۳ میلی‌متر بر دقیقه قرار گرفتند، به‌طوری‌که اعمال نیرو نیز تا زمان شکست در ناحیه اتصال چسب و چوب ادامه داشت (شکل ۱). میزان مقاومت چسبندگی داخلی نمونه‌ها بر اساس رابطه ۴ محاسبه گردید.

$$IB = \frac{P}{A} \qquad (۴)$$

IB: مقاومت چسبندگی داخلی (N/mm^2)، P: بار گسیختگی (N) و A: سطح نمونه (mm^2)

جدول ۲، شرایط زمان و دمای محیط را جهت انجام کهنگی تسریع شده نشان می‌دهد.

نمونه‌ها در این فرایند، شرایط متناوب رطوبتی و دمایی را سپری می‌کنند و بعد از اتمام مراحل کهنگی، آزمون‌های مختلف (فیزیکی و مکانیکی) با همان شرایط و تعداد نمونه اندازه‌گیری شدند.

شکل ۱- تصویر آزمون چسبندگی داخلی [۱۳]

جدول ۲- جدول فرایند کهنگی تسریع یافته (طبق استاندارد ASTM 1037) [۱۴]

مرحله	زمان (ساعت)	شرایط	دما محیط(°C)
۱	۱	آب	۴۵
۲	۳	بخار	۹۳
۳	۳	اتو	۹۹
۴	۳	بخار	۹۳
۵	۱۸	اتو	۹۹

1- Modulus of Rapture (MOR)
2- Modulus of Elasticity (MOE)
3- Internal Bonding (IB)

www.SID.ir

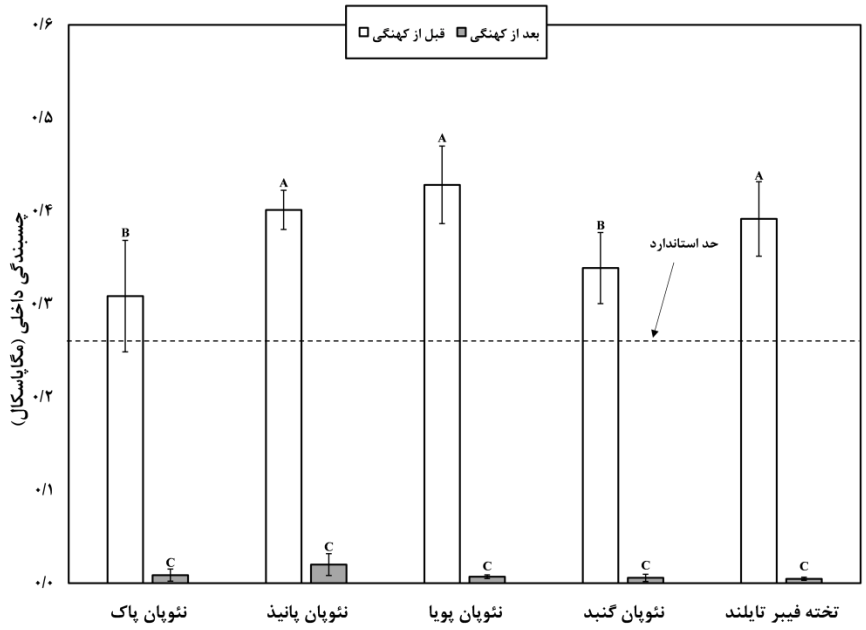
Archive of SID

برای بررسی تأثیر فرایند کهنگی تسریع شده بر مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها، از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ (۲۰۱۳) در قالب آزمون تحلیل واریانس(ANOVA) و گروه‌بندی دانکن (DMRT) استفاده شد.

نتایج و بحث

دانسیته چندسازه‌های چوب

شکل ۲ نتایج حاصل از ارزیابی دانسیته چندسازه‌های چوب قبل و بعد از کهنگی تسریع‌شده را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل مشخص است قبل از فرایند کهنگی بیشترین میزان دانسیته در بین تخته‌های موردبررسی به ترتیب مربوط به تخته خرده چوب باگاس پانیذ و تخته فیبر بود که بر اساس گروه‌بندی دانکن در گروه‌های معنی‌دار A و AB قرار گرفتند؛ اما دیگر تخته‌ها اختلاف معنی‌داری در دانسیته با یکدیگر نداشته و در گروه B قرار گرفتند. تغییرات زیادی بعد از فرایند کهنگی تسریع‌شده در دانسیته چندسازه‌های چوب مشاهده شد و کاهش قابل‌توجهی را نشان داد. بیشترین افت دانسیته در بعد از کهنگی در تخته فیبر مشاهده شد. گروه‌بندی دانکن نیز این تخته را با بیشترین افت دانسیته در گروه F دسته‌بندی نمود. کمترین میزان کاهش دانسیته بعد از کهنگی مربوط به تخته خرده چوب پانیذ و گنبد بود که گروه‌بندی دانکن نیز مؤید این نتیجه است. به‌صورت کلی نیز دانسیته تمام تخته‌ها قبل از کهنگی در حد استاندارد تعریف‌شده (۰/۶۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بود، اما پس از کهنگی دانسیته آن‌ها به میزان چشمگیری نسبت به حد استاندارد کاهش یافت.



شکل ۲- دانسیته چندسازه‌های چوب قبل و بعد از کهنگی

دلیل اصلی کاهش دانسیته در چندسازه‌های چوب طی فرایند کهنگی به‌خصوص در تخته فیبر نسبت به قبل از کهنگی، افزایش ضخامت قابل‌توجه تخته‌ها بعدازاین فرایند در برابر ثابت ماندن تقریبی وزن نمونه‌ها بعد از کهنگی است. به نظر می‌رسد که با افزایش ضخامت تخته‌ها، حجم این تخته‌ها به میزان قابل‌توجهی افزایش‌یافته است که باعث افت قابل‌توجه دانسیته شده است. مطابق با دوره‌های کهنگی تسریع‌شده، چندسازه‌های چوبی که ماده چوبی کمتری در واحد حجم دارند، باعث واکشیدگی کمتری شده و این واکشیدگی به فضای موجود بین ذرات چوب و خلل و فرج تخته انتقال می‌یابد. به عبارتی تغییرات دانسیته چندسازه‌های چوبی در ضخامت (پروفیل دانسیته)، باعث واکشیدگی متفاوتی در ضخامت آن‌ها می‌گردد [۱۶،۱۵]؛ بنابراین دانسیته یکی از مشخصات

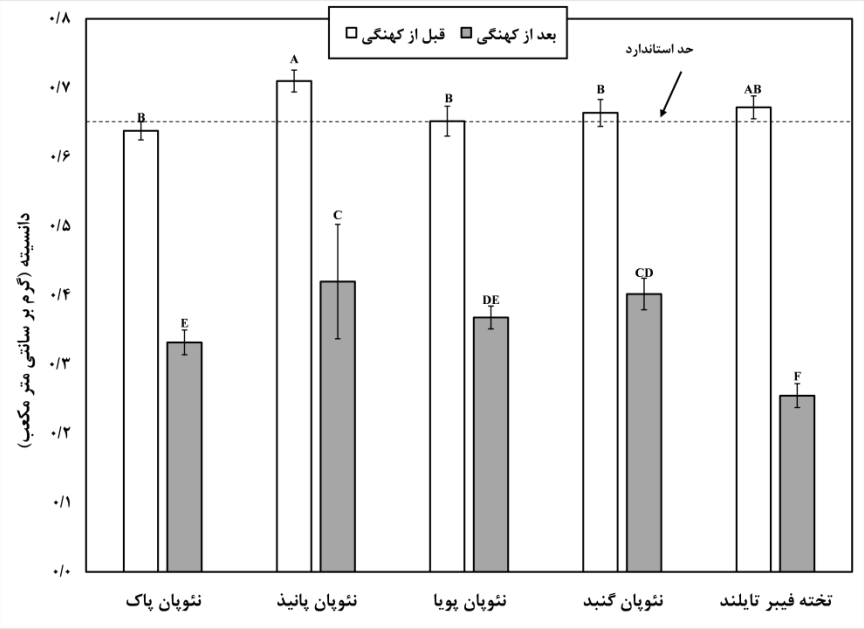
www.SID.ir

Archive of SID

بحرانی چندسازه‌های چوبی است که بسیاری از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته مستقیماً به آن وابسته است [۱۶].

جذب آب چندسازه‌های چوب

در شکل ۳ نتایج جذب آب طولانی‌مدت (طی ۸۴۰ ساعت؛ معادل ۵ هفته) نمونه‌های تهیه‌شده از چندسازه‌های چوب تخته فیبر و تخته خرده چوب در بازه‌های زمانی مختلف نشان داده شده است. به‌طوری‌که در این شکل مشخص است در ارزیابی میزان جذب آب قبل از کهنگی، کمترین میزان جذب آب در تمام دوره‌های غوطه‌وری مربوط به تخته فیبر با دانسیته متوسط به دست آمد و بیشترین میزان جذب آب در تخته خرده چوب‌ها به‌خصوص تخته خرده چوب باگاس پانیذ مشاهده شد. گروه‌بندی دانکن صورت گرفته برای دوره‌های مختلف غوطه‌وری به‌صورت جداگانه نیز تخته فیبر را با کمترین میزان جذب آب در گروه A و تخته خرده چوب پانیذ را با بیشترین درصد جذب آب در گروه E دسته‌بندی نمود. با قرار گرفتن نمونه‌ها در شرایط کهنگی میزان جذب آب در چندسازه‌های چوب به میزان قابل‌توجهی افزایش پیدا کرد. حد میانه جذب آب نیز در تخته خرده چوب‌های گنبد و پویا مشاهده شد. در مقایسه درصد جذب آب نمونه‌های آزمونی با حد استاندارد، مشخص شد که تمامی نمونه‌های آزمونی چه قبل از کهنگی و چه بعد از کهنگی، جذب آب بیشتری از حد استاندارد تعیین‌شده برای سه هفته غوطه‌وری در آب از خود نشان دادند. جذب آب کَم تخته فیبر به دلیل سطح صاف و بافت یکنواخت با خلل و فرج اندک آن است. صفحات MDF به دلیل سطح صافی که دارند نفوذپذیری کمی در برابر آب نسبت به تخته خرده چوب که دارای سطح ناصاف و متخلخل‌تر است، دارند و میزان جذب آب در آن‌ها در زمان اولیه غوطه‌وری در آب اندک است [۱۸،۱۷]. دلیل رطوبت‌پذیری بالا در نمونه‌های حاصل از چندسازه‌های چوب تخته فیبر و تخته خرده چوب‌ها بعد از فرایند کهنگی را می‌توان به واکشیدگی دائمی و رطوبت ماندگار در نمونه‌های آزمونی طی فرایند کهنگی نسبت داد. به‌طوری‌که با آزاد شدن تنش‌های باقی‌مانده، رطوبت جذب‌شده در این نمونه‌ها افزایش پیدا کرد که نتیجه آن افزایش قابل‌توجه میزان جذب آب در چندسازه‌های چوب بود. علت دیگر در تمایل به جذب آب بیشتر چندسازه‌های چوب طی دوره کهنگی می‌تواند گرما، رطوبت نسبی و نیز تنش‌های ناشی از واکشیدگی ضخامت تخته باشد که با تخریب اتصالات رزین اوره فرمالدهید، نم‌پذیری تخته‌ها را شدت داده است [۱۶،۱۳].



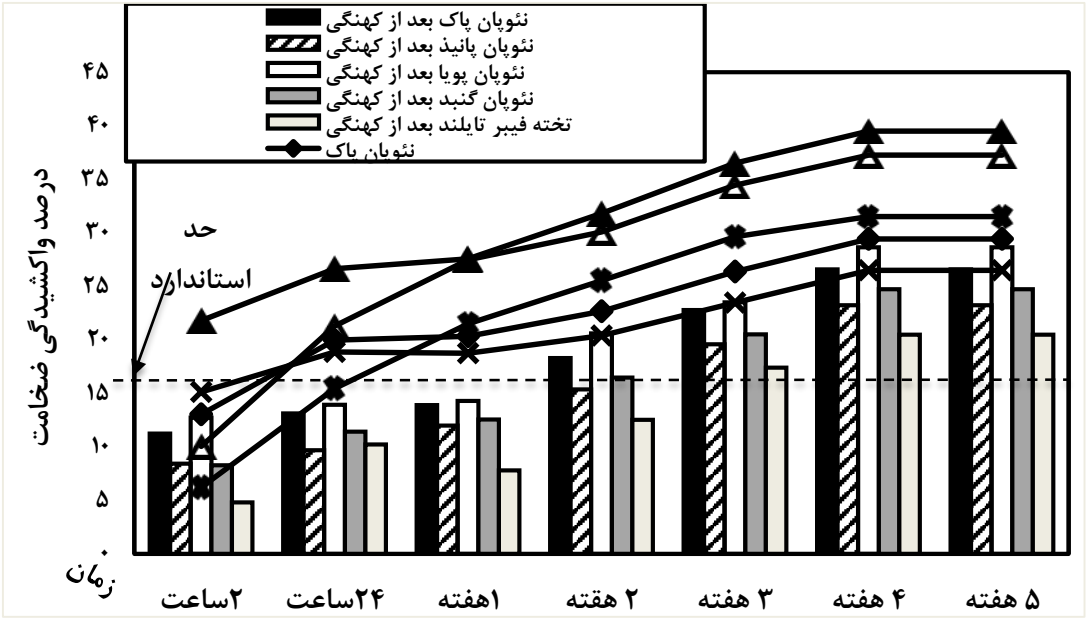
شکل ۳- درصد جذب آب طولانی‌مدت چندسازه‌های چوب قبل و بعد از کهنگی

www.SID.ir

Archive of SID

واکشیدگی ضخامت چندسازه‌های چوب

شکل ۴ ابتدا به بررسی نتایج میزان واکشیدگی ضخامت طولانی‌مدت (۵ هفته) چندسازه‌های چوب قبل از کهنگی پرداخته است، به‌طوری‌که کمترین میزان آن در تخته فیبر و تخته خرده چوب گنبد به دست آمد. همچنین بیشترین میزان واکشیدگی ضخامت نیز در تخته خرده چوب پویا و پانیذ مشاهده شد. بررسی واکشیدگی ضخامت نمونه‌های تهیه‌شده از چندسازه‌های چوب بعد از شرایط کهنگی نشان داد که میزان واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها نسبت به قبل از کهنگی کاهش‌یافته بود. به‌طوری‌که در واکشیدگی ضخامت بعد از کهنگی تخته فیبر، کمترین میزان واکشیدگی ضخامت را به خود اختصاص داد و بالاترین میزان نیز در تخته خرده چوب باگاس پاک مشاهده گردید. گروه‌بندی دانکن نیز تخته فیبر را با کمترین میزان واکشیدگی ضخامت در گروه A و تخته خرده چوب باگاس با بیشترین میزان واکشیدگی ضخامت در گروه D دسته‌بندی کرد. دلیل کاهش واکشیدگی ضخامت تخته فیبر در مقایسه با تخته خرده چوب رطوبت‌پذیری کمتر این تخته‌ها بود. از طرف دیگر تمایل به جذب رطوبت در تخته خرده چوب باگاس، واکشیدگی ضخامت را افزایش داد. بررسی تأثیر کهنگی بر میزان واکشیدگی ضخامت چندسازه‌های چوب نشان‌دهنده کاهش این عامل پس از کهنگی بود. دوره‌های کهنگی منجر به سُست شدن اتصالات رزین و واکشیدگی بیشتر تخته‌ها شدند که نتیجه آن کاهش میزان واکشیدگی ضخامت در تخته‌ها طی دوره‌های مختلف غوطه‌وری نسبت به قبل از غوطه‌وری است [۱۹]. Garzón و همکاران (۲۰۱۲) و Saad و همکاران (۲۰۱۶) نتایج مشابهی را در مورد تأثیر دوره کهنگی بر واکشیدگی ضخامت چندسازه‌های چوب و نتایج پس‌ازآن گزارش کردند. طبق بررسی‌های این محققین، تغییرات واکشیدگی ضخامت چندسازه‌های چوبی پس از کهنگی کمتر بود. به‌طوری‌که با سخت شدن تخته‌ها در اثر نوسانات رطوبتی- گرمایی ملایم طی دوره کهنگی، ثبات ابعاد تقریباً یکنواختی به دست آمد [۸،۱۳].



شکل ۴- درصد واکشیدگی ضخامت چندسازه‌های چوب قبل و بعد از کهنگی

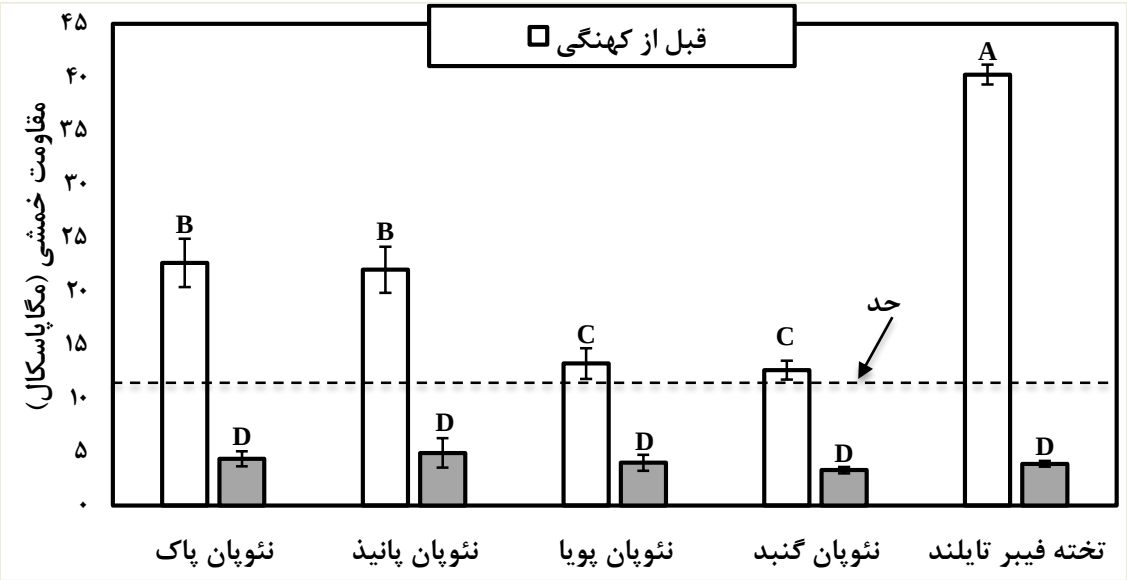
مقاومت خمشی چندسازه‌های چوب

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بالاترین مقاومت خمشی چندسازه‌های چوب قبل از فرایند کهنگی مربوط به تخته فیبر دانسیته متوسط با گروه‌بندی A نسبت به تخته خرده چوب‌ها بوده است. بالاترین میزان مقاومت خمشی مربوط به تخته خرده چوب‌ها و تخته‌های

www.SID.ir

Archive of SID

تولیدشده با ضایعات باگاس است، به‌طوری‌که مقاومت خمشی هر دوتخته خرده چوب باگاس پاک و پانیذ با گروه‌بندی B بوده است (شکل ۵). مقاومت خمشی چندسازه‌های چوب بعد از فرایند کهنگی کاملاً متفاوت بود، به‌طوری‌که بیشترین میزان افت در تخته فیبر مشاهده شد و مقاومت خمشی آن از ۴۰/۲۶ مگاپاسکال به ۳/۹ مگاپاسکال کاهش یافت. در مورد تخته خرده چوب‌ها نیز میزان افت مقاومت خمشی کاملاً مشهود بوده است. در گروه‌بندی دانکن مقاومت خمشی، تمامی صفحات مورد ارزیابی را بعد از کهنگی در گروه D قرار داده و اختلاف معنی‌داری بین مقاومت خمشی آن‌ها نشان نداده است. نتایج به‌دست‌آمده در این بخش با یافته‌های Garzón و همکاران (۲۰۱۲) و Saad و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت دارد. این پژوهشگران متورق شدن در ساختار لایه‌ای چندسازه‌های چوبی براثر جذب رطوبتی که در دوره کهنگی این تخته‌ها متحمل شدند را عامل اصلی کاهش مقاومت خمشی و عدم دوام در برابر بارهای استاتیکی دانسته‌اند [۸،۱۳].



شکل ۵- مقاومت خمشی چندسازه‌های چوب قبل و بعد از کهنگی

مدول الاستیسیته چندسازه‌های چوب

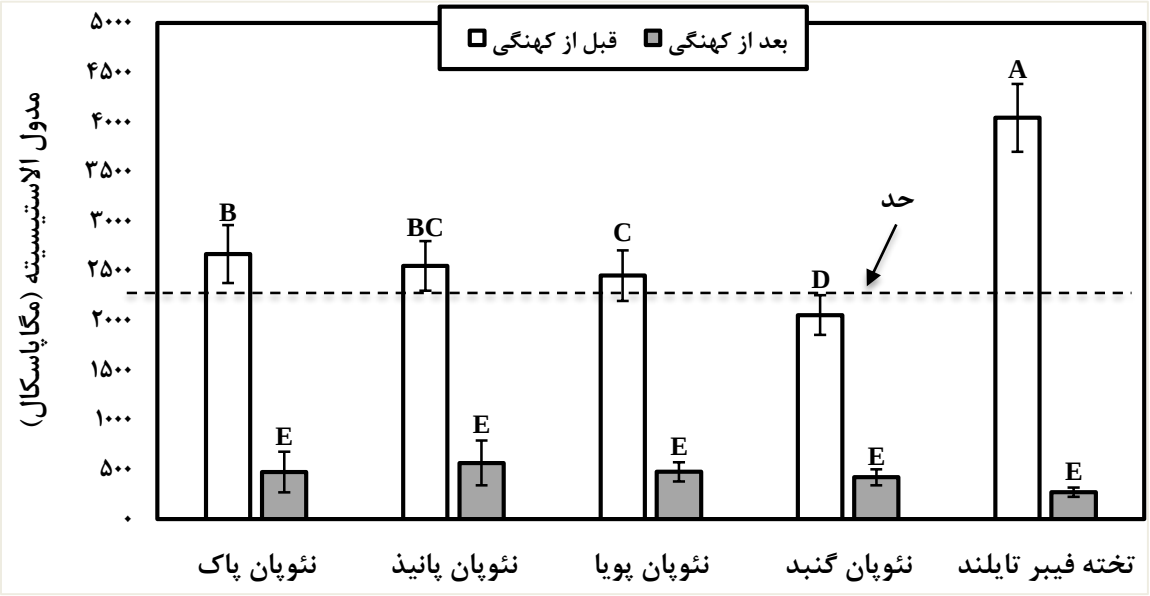
نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی مدول الاستیسیته چندسازه‌های چوب نشان داد که تخته فیبر با دانسیته متوسط و تخته خرده چوب باگاس پاک به ترتیب بالاترین میزان این مقاومت را از خود نشان دادند. گروه‌بندی دانکن نیز مدول الاستیسیته آن‌ها را به ترتیب با بالاترین میزان مدول الاستیسیته در گروه‌های A و B دسته‌بندی نموده است. تخته خرده چوب گنبد کمترین میزان مدول الاستیسیته را قبل از کهنگی به خود اختصاص داد (شکل ۶).

دلیل عمده تفاوت قابل‌توجه بین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته فیبر و تخته خرده چوب به ساختار این دوتخته برمی‌گردد. تخته فیبر به دلیل ساختار فیبری که تشکیل‌شده از الیاف چوب است، دارای درهم‌رفتگی مناسب الیاف بوده که ضریب فشردگی بالایی در تخته ایجاد می‌کند [۱۶]. همچنین تخته فیبر نسبت به تخته خرده چوب دارای ساختاری یکنواخت با میزان تخلخل پایین است. با توجه به دلایل ذکرشده تخته فیبر در برابر نیروی خمشی استاتیک مقاومت بیشتری از خود نشان داده و به همین دلیل بالاترین میزان مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در آن مشاهده شد. در بررسی بین تخته خرده چوب‌ها، دلیل مقاومت خمشی و مدول الاستیسته بالای تخته‌های پانیذ و پاک را می‌توان به ماده اولیه مورداستفاده در تولید این تخته‌ها که از ضایعات

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل از باگاس است، نسبت داد. به‌طوری‌که ضایعات حاصل از باگاس به دلیل دانسیته کمتر و حجم بیشتر در مقایسه با چوب، ضریب فشردگی بالایی در چوب ایجاد می‌کنند که این عامل موجب فشردگی بیشتر خرده چوب‌های مصرفی گشته و سبب بهبود مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته می‌شود [۲۰]. Enayati و همکاران (۲۰۱۴) نیز تأثیر مثبت استفاده از مواد چوبی (لیگنوسلولزی) با دانسیته کم را بر بهبود مقاومت خمشی تخته خرده چوب نشان دادند [۲۱]. Fiorelli و همکاران (۲۰۱۴) و همچنین Filho و همکاران (۲۰۱۱) در رابطه با مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته خرده چوب‌ها تولیدی با باگاس به نتایج مشابهی دست یافتند [۲۳،۲۲]. بعد از شرایط کهنگی بیشترین افت مقاومت خمشی و مدول الاستیسته در تخته فیبر دانسیته متوسط مشاهده شد که دلیل عمده آن واکشیدگی ضخامت زیاد این تخته‌ها و افت بیشتر دانسیته در پی کهنگی در تخته فیبر نسبت به تخته خرده چوب‌های موردبررسی بود. Enayati و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعات خود بر تأثیر قابل‌توجه دانسیته بر مقاومت خمشی تأکید ویژه‌ای داشتند و نشان دادند که در دانسیته‌های پایین چندسازه‌های چوب مقاومت خمشی به میزان چشمگیری پایین‌تر از دانسیته‌های بالای این فراورده‌ها است [۲۱].



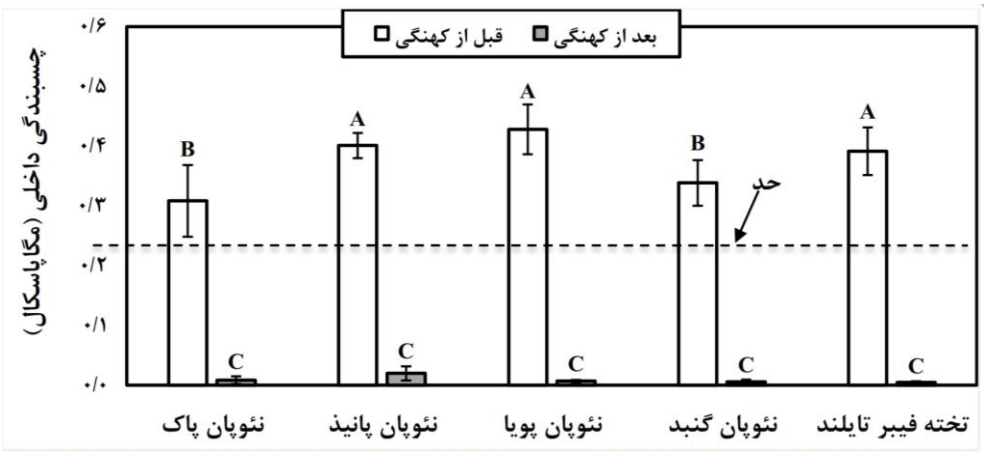
شکل ۶- مدول الاستیسیته چندسازه‌های چوب قبل و بعد از کهنگی

چسبندگی داخلی چندسازه‌های چوب

بررسی چسبندگی داخلی چندسازه‌های چوب که در شکل ۷ ارائه گردیده است، بیانگر این بود که قبل از کهنگی بیشترین میزان چسبندگی داخلی در تخته خرده چوب پویا مشاهده شد، اما به‌طورکلی اختلاف معنی‌داری بین چسبندگی داخلی تخته خرده چوب پویا با تخته فیبر و تخته خرده چوب باگاس پانیذ مشاهده نشده است و هر سه با بیشترین میزان چسبندگی داخلی در گروه‌بندی A قرار گرفتند. میزان چسبندگی داخلی در نمونه‌های بعد از کهنگی نسبت به نمونه‌های قبل از کهنگی به‌شدت کاهش یافت. به‌طوری‌که نمونه‌ها باکمی اعمال نیرو تخریب شدند. گروه‌بندی دانکن نیز چسبندگی داخلی تمامی تخته‌ها را با کمترین میزان چسبندگی داخلی در گروه C دسته‌بندی نمود. مقایسه چسبندگی داخلی تخته‌ها با حد استاندارد بیانگر این بود که تمامی تخته‌ها داری چسبندگی داخلی بیشتری از حد استاندارد قبل از کهنگی بودند، اما بعد از کهنگی به میزان چشمگیری از چسبندگی داخلی آن‌ها نسبت به حد استاندارد کاسته شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- چسبندگی داخلی چندسازه‌های چوب قبل و بعد از کهنگی

نتایج چسبندگی داخلی چندسازه‌های چوب نشان داد که بیشترین میزان چسبندگی داخلی در تخته خرده چوب شرکت پویا مشاهده شده که از مواد چوبی در تولید آن استفاده شد. از طرف دیگر کمترین میزان چسبندگی داخلی قبل از کهنگی در تخته خرده چوب باگاس پاک مشاهده گردید. به‌طورکلی ماده اولیه با دانسیته کم (باگاس) به دلیل افزایش حجم ماده چوبی، دارای سطح چسب خوری بالاتری در مقایسه با مواد اولیه با دانسیته زیاد هستند که نتیجه آن کاهش چسبندگی بین مواد است که در پی آن کاهش چسبندگی داخلی در تخته رخ می‌دهد [۱۹]. همچنین می‌توان بیان نمود که افزایش ضریب فشردگی خرده چوب‌ها باعث کاهش چسبندگی داخلی تخته خرده چوب می‌شود که این مسئله با سطح ویژه ذرات، گرادیان دانسیته تخته و فشردگی تخته در لایه میانی ارتباط دارد [۱۲]. البته بالا بودن چسبندگی داخلی تخته خرده چوب‌های تولید شرکت پانیذ بااینکه از باگاس در تولید آن‌ها استفاده گردیده، می‌توان به دانسیته بالاتر آن نسبت به دیگر تخته‌ها نسبت داد که باعث افزایش چسبندگی داخلی در این تخته‌ها نسبت به تخته خرده چوب‌های باگاس شرکت پاک شده است [۲۶،۲۵،۲۴]. مقایسه چسبندگی داخلی چندسازه‌های چوب موردبررسی کاهش قابل‌توجه مقاومت چسبندگی بعد از کهنگی را نشان داده است. نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با مطالعات پیشین در رابطه با کهنگی تسریع‌شده بر طبق استاندارد ASTM 1037 تخته خرده چوب مطابقت دارد [۱۵]. Korai و همکاران نیز در مطالعه خود نشان دادند که در طی فرآیند کهنگی تسریع‌شده، چسبندگی داخلی تخته خرده چوب‌های ساخته‌شده با چسب اوره فرم آلدئید به میزان قابل‌توجهی کاهش پیداکرده بودند [۱۸]. آن‌ها این کاهش مقاومت را به واکشیدگی زیاد این تخته‌ها در طی فرآیند کهنگی نسبت داده و دلیل آن را هیدرولیز چسب اوره فرم آلدهید در طی فرایند کهنگی دانستند. همچنین در مطالعات انجام‌شده رابطه عکس بین واکشیدگی ضخامت طی کهنگی با چسبندگی داخلی بیان شده است که افزایش واکشیدگی ضخامت طی فرایند کهنگی، کاهش چسبندگی داخلی را در پی دارد [۱۸،۱۷].

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که میزان مقاومت چندسازه‌های چوبی قبل و بعد از کهنگی، به دلیل فرایند تولید متفاوت است. به‌طوری‌که قبل از کهنگی، بالاترین میزان دانسیته به ترتیب در تخته خرده چوب باگاس و تخته فیبر دانسیته متوسط مشاهده شد. پس از کهنگی، دانسیته چندسازه‌های چوب بخصوص تخته فیبر کاهش پیدا کرد. در بررسی مقایسه‌ای بین جذب آب و واکشیدگی ضخامت طی غوطه‌وری طولانی‌مدت چندسازه‌های چوب در آب، نتایج بیانگر این بود که تخته فیبر کمترین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت را در مقایسه با صفحات تخته خرده چوب به خود اختصاص داد. در مقایسه تحمل بار استاتیک در چندسازه‌های چوبی، تخته خرده باگاس،

www.SID.ir

Archive of SID

بالاترین میزان مقاومت خمشی را نشان داد. همچنین تحلیل مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته چندسازه‌های چوب بعد از کهنگی نشان داد که میزان افت مقاومت خمشی در تخته خرده چوب‌ها نسبت به تخته فیبر کمتر بوده است. نتایج آماری چسبندگی داخلی چندسازه‌های چوب تخته فیبر و تخته خرده چوب‌های مختلف نشان داد که قبل از کهنگی تخته خرده چوب پویا و تخته خرده چوب باگاس بالاترین میزان چسبندگی داخلی را داشته‌اند؛ اما پس از کهنگی مقاومت چسبندگی چندسازه‌های چوبی به دلیل رطوبت‌پذیری و ضعف شدید در ناحیه اتصال چسب و چوب، کاهش قابل‌توجهی پیدا کرد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی رفتار فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب در سایر دوره‌های رطوبتی- گرمایی با استانداردهای مختلف بررسی شوند تا به توان ارزیابی مناسب از دوام و طول عمر تخته‌ها برای کاربردهای داخل ساختمان صورت داد.

منابع

[1] Barbu, M. C., Reh, R. and Irle, M., 2017. Wood-based composites. In Materials Science and Engineering: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications, pp: 1038-1074.

[2] DahmardehGhalehno, M., Nazerian, M. and Bayatkashkoli, A., 2013. Experimental particleboard from bagasse and industrial wood particles. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(15): 1626-1631.

[3] Fathollahzadeh, A., Enayati, A. A. and Erdil, Y. Z., 2013. Effect of laboratory-accelerated aging treatment on the ultimate strength of a 4-sided MDF kitchen cabinet. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 37(5): 649-656.

[4] Vital, B. and Wilsun, J., 1980. Water absorbtion of particleboard and flakeboard. Wood and fiber science, 12(4): 264-271.

[5] Kojima, Y. and Suzuki, S., 2011. Evaluation of wood-based panel using thickness swelling result from accelerated aging treatments. Journal of wood science, 57(2): 126-133.

[6] Kojima, Y., Norita, H. and Suzuki, sh., 2009. Evaluating the durability of wood-based panels using thickness swelling results from accelerated aging treatments. Forest Product Journal, 59(5): 35-41.

[7] Çolak, S., Çolakoğlu, G., Aydin, I. and Kalaycioğlu, H., 2007. Effects of steaming process on some properties of eucalyptus particleboard bonded with UF and MUF adhesives. Building and environment, 42(1): 304-309.

[8] Saad, S., Kobori, H., Kojima, Y. and Suzuki, S., 2016. Performance evaluation of wood-based panels under a mild accelerated aging treatment. Journal of wood science, 62(4): 324-331.

[9] Fathollahzadeh, A., Enayati, A. A., Erdil, Y. Z. and Tajvidi, M., 2013. Stiffness changes in MDF kitchen cabinet after accelerated aging test. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 4(1): 131-141. (In Persian).

[10] EN 317., 1993. Particleboard and fiberboard-Determination of swelling in thickness after immersion in water. European committee for standardization.

[11] EN 310., 1993. Wood based panels-Determination of modulus of elasticity and bending strength. European committee for standardization.

[12] EN 319., 1993. Particleboard and fiberboard-Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board. European committee for standardization.

[13] Garzón, N., Sartori, D., Zuanetti, I., Barbirato, G., Ramos, R., Fiorelli, J. and Savastano, H., 2012. Durability evaluation of agro-industrial waste-based particle boards using accelerated aging cycling tests. Key Engineering Materials, 517(10): 628-634.

[14] ASTM D1037., 2001. Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials.

www.SID.ir

Archive of SID

[15] Kajita, H., Mukudai, J. and Yano, H., 1991. Durability evalution of particleboard by accelerated aging tests. Journal of Wood Science and Technology, 25(3): 239-249.

[16] Doosthoseini, K., 2007. Wood composite materials manufacturing and applications. University of Tehran press 619p. (In Persian).

[17] Korai, H., Sekino, N. and Saotome, H., 2012. Effects of outdoor exposure angle on the deterioration of wood-based board properties. Forest Products Journal, 62(3): 184-190.

[18] Korai, H., Kojima, Y. and Suzuki, S., 2015. Bending strength and internal bond strength of wood-based boards subjected to various exposure conditions. Journal of Wood Science, 61(5): 500-509.

[19] Kojima, Y. and Suzuki, S., 2011. Evaluating the durability of wood-based panels using internal bond strength results from accelerated aging treatments. Journal of wood science, 57(1): 7-13.

[20] Ghalehno, M. D., Nazerian, M. and Bayatkashkooli, A., 2011. Influence of utilization of bagasse in surface layer on bending strength of three-layer particleboard. European Journal of Wood and Wood Products, 69(4): 533-535.

[21] Enayati, A. A., Eslah, F. and Farhid, E., 2014. The Usage of Regression Models for Prediction of the Effects of Wood Species Density and Board Density on One Layered Particleboard Properties. Journal of forest and wood product, 66(4): 467- 476.

[22] Fiorelli, J., Gomide, C. A., Lahr, F. A. R., do Nascimento, M. F., de Lucca Sartori, D., Ballesteros, J. E. M. and Belini, U. L., 2014. Physico-chemical and anatomical characterization of residual lignocellulosic fibers. Cellulose, 21(5): 3269-3277.

[23] De Barros Filho, R. M., Mendes, L. M., Novack, K. M., Aprelini, L. O. and Botaro, V. R., 2011. Hybrid chipboard panels based on sugarcane bagasse, urea formaldehyde and melamine formaldehyde resin. Industrial Crops and Products, 33(2): 369-373.

[24] CAI, Z., Wu, Q., Lee, J. N. and Hiziroglu, S., 2004. Influence of Board density, Matconstruction, and chip type on performance of particleboard made from eastern redcedar. Forest Products Journal, 54(12): 226-232.

[25] Lin, H. C. and Huang, J. C., 2004. Using single image multi-processing analysis techniques to estimate the internal bond strength of particleboard. Taiwan Journal of Forest Science, 19(2): 109-117.

[26] Dias, F. M., Nascimento, M. F. D., Martinez-Espinosa, M., Lahr, F. A. R. and Valarelli, I. D. D., 2005. Relation between the compaction rate and physical and mechanical properties of particleboards. Materials Research, 8(3): 329-333.

www.SID.ir

Archive of SID

Investigation on physical and mechanical performance of wood-based composites after laboratory accelerated aging

Abstract

The aim of current study was to determine the physical and mechanical properties of wood-based composites commonly used in Iran's market before and after accelerated aging. Accelerated aging process was performed based on ASTM D1037. Specimens of particleboard and medium-density fiberboard (MDF) made of wood and bagasse were obtained from various factories. Physical properties including density, water uptake and thickness swelling (after long-term water soaking), and mechanical properties including flexural strength, modulus of elasticity and internal bonding before and after aging were studied. The most density loss was observed in MDF after aging, while particleboard specimens were less damaged. Water absorption and thickness swelling of MDF specimens were less than those of particleboards during long immersion, due to the smoother surface and lower permeability. After aging, water uptake and swelling increased in all boards due to hydrolysis of resin and bulking of the boards. After aging process, highest reduction in flexural strength and modulus of elasticity was observed in MDF although a significant reduction was observed in particleboard. Internal bonding of specimens were higher than standard level before aging process; but this property decreased significantly after aging, due to hydrolysis of resin in alternating drying-wetting conditions.

Key words: accelerated aging, wood-based composite, physical and mechanical properties.

S. Yusefi Lonbar[1]
A. Talaei[2*]
M.H. Rezvani[3]

[1] M.Sc. graduated student, Department of wood industry, Faculty of materials engineering and new technologies, Shahid Rajaee teacher training university, Tehran, Iran

[2] Assistant Prof., Department of wood industry, Faculty of materials engineering and new technologies, Shahid Rajaee teacher training university, Tehran, Iran

[3] M.Sc. graduated student, Department of wood industry, Faculty of materials engineering and new technologies, Shahid Rajaee teacher training university, Tehran, Iran

Corresponding author:
talaei.srttu@gmail.com

Received: 2017/06/27
Accepted: 2017/11/01

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir