

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۰

ص ۳۵۹-۳۵۱

بررسی کاربرد چوب فشرده صنوبر در ساخت صندلی‌های

چوبی

- ❖ **علی بیات کشکولی***؛ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
- ❖ **تکتم همتی**؛ کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران
- ❖ **محمد شمسیان**؛ استادیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده

در این تحقیق چوب فشرده‌شده صنوبر برای بهبود مقاومت صندلی‌های چوبی استفاده شد و با صندلی‌های ساخته‌شده از چوب فشرده‌نشده صنوبر مقایسه شد. صندلی‌های چوبی با دو نوع اتصال مرسوم شامل اتصال کام و زبانه و اتصال پین چوبی ساخته شدند. حداکثر نیروی اعمال‌شده از جلو به عقب صندلی براساس استاندارد انجمن کتابخانه‌ای آمریکا ثبت شد. نتایج نشان داد که استفاده از چوب صنوبر فشرده‌شده در ساخت صندلی بر مقاومت آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأثیر معنی‌داری دارد و سبب افزایش مقاومت می‌شود. حداکثر مقاومت صندلی‌های ساخته‌شده از چوب فشرده با کام و زبانه نسبت به صندلی‌های ساخته‌شده از چوب فشرده‌نشده با کام و زبانه ۵۷/۰۵ درصد و صندلی‌های ساخته‌شده از چوب فشرده با پین چوبی نسبت به صندلی‌های ساخته‌شده از چوب فشرده‌نشده با پین چوبی ۶۴/۱۲ درصد افزایش پیدا کرد. اتصال چوبی در قطعات چوبی فشرده‌نشده در محل پایه عقبی جابه‌جا می‌شوند، ولی در قطعات چوبی فشرده‌شده جابه‌جایی کمتری دارند و بعد از جابه‌جایی شکست اتفاق می‌افتد. به‌طور کلی، صندلی ساخته‌شده با چوب فشرده‌شده صنوبر و به‌همراه اتصال کام و زبانه دارای بیشترین مقاومت مکانیکی است. مقاومت صندلی‌های چوبی به دلیل وجود قطعات چوبی اصلاح‌شده آن بهبود یافته است.

واژگان کلیدی: اتصال پین چوبی، اتصال کام و زبانه، چوب فشرده‌شده صنوبر، حداکثر نیرو، صندلی چوبی.

مقدمه

چوب به دلیل خواص کیفی و ظاهری، ماده‌ای بازارپسند در مقایسه با دیگر مواد است. امروزه تقاضای چوب برای مصارف مختلف مانند مبلمان، دکوراسیون و غیره به‌طور گسترده‌ای در حال افزایش است. بهره‌برداری از چوب جنگل‌های طبیعی در جهان به دلیل مسائل زیست‌محیطی و همچنین در ایران به دلیل طرح صیانت از جنگل‌های شمال کشور محدود شده است. محدودیت سطح جنگل‌های صنعتی، افزایش مصرف فرآورده‌های چوبی، طولانی بودن زمان بهره‌برداری گونه‌های جنگلی، روند رو به کاهش مجوز قطع سالیانه و تلاش برای حفاظت از جنگل‌ها موجب شده است که توجه مراکز تحقیقاتی برای تأمین مواد اولیه، به کاشت گونه‌های تندرشد جلب شود که در کوتاه‌مدت قابل بهره‌برداری اند. کمبود مواد اولیه چوبی در سال‌های اخیر، صنعت چوب را با چالش‌های مهمی روبه‌رو کرده است [۱]. صنوبرهای اصلاح‌شده از گونه‌های شاخص در این زمینه، در ۱۵-۱۰ سالگی و با قطری قابل قبول، برای کارهای درودگری و ساخت فرآورده‌های چوبی می‌توانند به سن بهره‌برداری برسند. صنوبرها با تطابق اکولوژیکی کم‌نظیر خود در اغلب اقلیم‌ها کشت می‌شوند [۲]. دسترسی وسیع، تندرشد بودن و هزینه کم از مزایای صنوبر است. درختان صنوبر در ایران به‌صورت گسترده کشت می‌شوند و ارزش افزوده زیادی دارند [۳].

چوب درختان تندرشد به دلیل سبک بودن و مقاومت مکانیکی اندک، کمتر مورد توجه و استفاده تولیدکنندگان مصنوعات چوبی قرار گرفته است [۴]. فشرده‌سازی مکانیکی از راه‌های افزایش دانسیته و متعاقب آن خواص

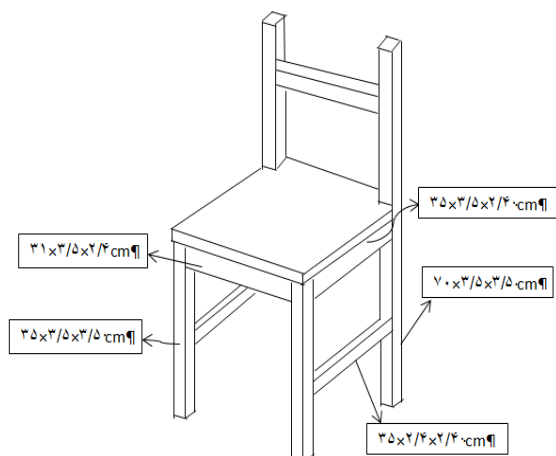
مکانیکی چوب‌های سبک است [۵، ۶]. فشرده‌سازی چوب^۱ فرایندی است که در آن بخش اعظم فضاهای خالی بافت چوب توسط خود ماده چوبی جایگزین می‌شود. طی این عمل، عناصر سازنده چوب شامل آوندها و فیبرها در هم فرو می‌روند، فضاهای خالی در چوب کمتر می‌شود و وزن مخصوص آن افزایش می‌یابد و از این طریق خصوصیات مکانیکی چوب بهبود پیدا می‌کند [۷]. سطح صاف‌تر و خلل‌و‌فرج کمتر در گونه چوبی سبب تشکیل خط اتصال قوی‌تر بین دو عضو چوبی به هم چسبانده شده می‌شود [۸].

عملکرد صندلی‌های ساخته‌شده با چوب سپیدار در مقابل نیروی اعمالی جلو به عقب و مقاومت مکانیکی اتصال کام و زبانه و پین چوبی آنها بررسی و مقایسه شد. نتایج نشان داد که صندلی‌های دارای مهار (قید) در پایه‌ها، در حدود سه برابر مقاومت بیشتری نسبت به طرح بدون مهار داشته‌اند. همچنین در این تحقیق مشاهده شد که اتصال کام و زبانه نسبت به اتصال پین چوبی دارای مقاومت بیشتری است [۹]. اتصال‌های قطعات و طرح صندلی اهمیت زیادی در ساخت و تولید صندلی با عملکرد و دوره استفاده بیشتر این سازه دارد و مقاومت آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۰]. نتایج به‌دست آمده در مورد مقایسه اتصال کام و زبانه با اتصال پین چوبی نشان می‌دهد که اتصال کام و زبانه، قوی‌تر از اتصال پین چوبی با قید، ضخامت و سطح یکسان است [۱۱]. اتصال صندلی‌های طراحی شده برای مدارس با اتصالات کام و زبانه گرد، و با استفاده از چسب بررسی شد. پایه‌های صندلی که به‌وسیله دو قید متصل شده بودند، در حدود ۴۰ درصد بادوام‌تر بودند. احتمالاً در هنگام ساخت اتصالات و قبل از بارگذاری

این شرایط هدف این تحقیق است. این پژوهش امکان کاربرد چوب فشرده‌شده صنوبر در ساخت صندلی‌های مرسوم را بررسی می‌کند.

مواد و روش‌ها

صندلی‌های چوبی با طرح‌های متفاوتی در کارگاه‌ها و کارخانه‌های داخلی تولید می‌شوند و طرح به‌کاررفته در این تحقیق، طرح صندلی با قید پایین بیشترین تولید را دارد. اغلب این نوع صندلی‌ها در کارگاه‌ها و کارخانه‌های ایران تولید می‌شود و ابعاد و اجزای آنها براساس پیمایش میدانی و منابع علمی [۱۵، ۱۴، ۱۲، ۹] انتخاب شد. ابعاد و طرح صندلی آزمونی در شکل ۱ مشخص شده است.



شکل ۱. ابعاد صندلی آزمونی

در این تحقیق از گونه صنوبر (*Populus nigra*) با وزن مخصوص ۰/۴۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده شد.

مشخصات چسب پلی‌ونیل استات استفاده‌شده در این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. مشخصات چسب پلی‌ونیل استات

رنگ ظاهری	pH	دانسیته	درصد مواد جامد
سفید شیری	۳	۰/۷	۴۰

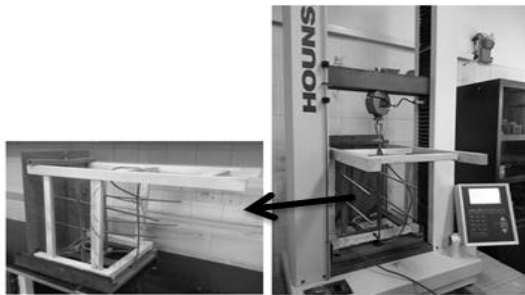
زبانہ اتصال در نقطه کور می‌شکند که مشهود نبوده است؛ البته بیشتر شکست‌های زبانۀ شکسته‌شده در قیدهای پهلویی از دیواره پایه‌های عقب رخ داده است [۱۲].

تحقیقات متنوعی درباره اتصالات کام و زبانہ و اتصالات بین چوبی و روش‌های بهبود آن در چوب و فراورده‌های چوبی صورت گرفته است. معادلۀ لنگر اتصال کام و زبانہ نشان می‌دهد که ظرفیت لنگر خمشی رابطۀ مستقیم با مدول گسیختگی و ضخامت و ارتفاع زبانہ دارد [۱۰]. بین برای اتصالاتی که در معرض نیروهای برشی، محوری، لنگر خمشی و پیچشی قرار دارند به کار می‌رود. در اتصال قید قاب پهلویی صندلی و ستونک پشت، به‌طور معمول از دو بین استفاده می‌شود و به بین در این اتصال نیروی محوری و برشی وارد می‌آید. نیروی وارد بر صندلی در اتصال قید به ستونک پشت، لنگر وارد می‌کند، اما به هر یک از بین‌ها نیروهای برشی و محوری وارد می‌شود [۱۰]. مقدار متوسط ظرفیت انفصالی اتصال با بین چوبی در مقاطع طولی و عرضی عضو چوبی رابطۀ مستقیمی با مقاومت برشی چوب و بین چوبی و همچنین ارتفاع و قطر بین دارد [۱۳].

سازۀ مبلمان براساس نوع طرح و اتصال و از طرف دیگر براساس نوع ماده به‌کاررفته استحکام متفاوتی دارد. در این تحقیق براساس اطلاعات علمی، صندلی‌های استاندارد برای بررسی اثر فشرده‌سازی چوب صنوبر انتخاب شد. در حال حاضر گزارشی درباره رفتار چوب‌های فشرده در ساخت صندلی‌های معمولی وجود ندارد. با توجه به اطلاعات علمی موجود، فشرده‌سازی چوب صنوبر و روکش سطوح آن، استفاده از چوب صنوبر در صنعت مبلمان را امکان‌پذیر می‌کند. بررسی

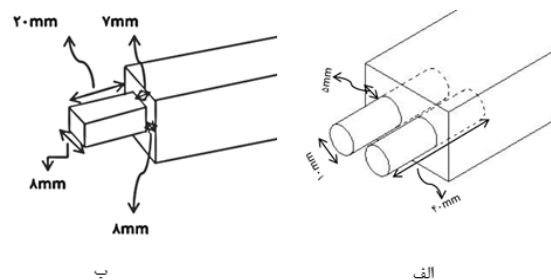
رسیدن به ضخامت به ترتیب $3/5$ و $2/4$ سانتی‌متر برای قطعات اصلی صندلی (شکل ۱) فشرده شدند. سپس برای جلوگیری از برگشت ضخامت و تعدیل تنش‌های ناشی از فشار، نمونه‌ها ۲۰ دقیقه زیر پرس سرد قرار گرفتند. قطعات چوبی فشرده‌نشده و فشرده‌شده برای ساخت صندلی استفاده شدند.

نمونه‌های اتصال یافته با چسب به مدت ۲۴ ساعت به وسیله گیره دستی تحت فشار بودند. بارگذاری مرحله‌ای از جلو به عقب توسط دستگاه تست مکانیکی یونیورسال، براساس استاندارد ملی ایران ۹۶۹۷-۲، DIN EN-1729-2:2006 بر روی صندلی‌های آماده‌شده صورت گرفت [۱۶، ۱۷]. سرعت بارگذاری برای اندازه‌گیری حداکثر نیرو، در $6/5$ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم شد. ابتدا صندلی در دهانه دستگاه به صورت مشهود در شکل ۳ تثبیت می‌شود. صندلی به صورتی تثبیت می‌شود که در هنگام اعمال نیرو از جلو به عقب هیچ گونه لغزشی نداشته باشد. یک تسمه فلزی به سطح زیر صندلی وصل می‌شود و از قید جلوی صندلی و بالای سطح نشست‌گاه عبور می‌کند و به دستگاه یونیورسال متصل می‌شود. روش بارگذاری دستگاه و ثبت حداکثر نیروی اعمال شده در شکل ۳ مشاهده می‌شود. خطای آزمایش با شرایط ساخت یکسان، از جمله ضخامت خط چسب مشابه، ابعاد قطعات و اتصالات هم‌اندازه کاهش می‌یابد.



شکل ۳. روش بارگذاری دستگاه و ثبت حداکثر نیروی اعمال شده بر روی صندلی

دو نوع اتصال استفاده شده در این تحقیق شامل کام و زبانه، و پین چوبی، بیشترین کاربرد را در این نوع صندلی‌های چوبی دارند. ابعاد و طرح اتصالات معمول مورد استفاده عموم تولیدکنندگان براساس پیمایش میدانی و منابع علمی [۹] انتخاب شده است. ابعاد هر دو نوع اتصال در شکل ۲ نشان داده شده و مشخصات پین چوبی به کاررفته در جدول ۲ بیان شده است.



شکل ۲. ابعاد و طرح اتصالات: الف- پین چوبی، ب- ابعاد زبانه

جدول ۲. مشخصات پین چوبی

گونه	قطر (mm)	طول (mm)	دانسیته (kg/cm^3)
ممرز	۱۰	۴۰	۰/۸

چوب صنوبر به دو صورت فشرده‌شده و فشرده‌نشده در ساخت صندلی به کار برده شد. مناسب‌ترین شرایط فشرده‌سازی چوب براساس منابع علمی [۴] انتخاب شد؛ برای این کار، نمونه‌ها در حد ۴۰ درصد زیر پرس داغ در دمای 160 درجه سانتی‌گراد و تحت فشار 50 بار در جهت شعاعی به مدت 20 دقیقه فشرده شدند و برای رسیدن به ضخامت‌های مورد نظر از شابلن استفاده شد. بنابراین پیمایش اولیه برای راستی آزمایشی اثر فشرده‌سازی انجام گرفت و سپس قطعات صندلی به ابعاد برش داده شدند تا بعد از اعمال شرایط پرس به ابعاد استاندارد مورد نظر تبدیل شوند. نمونه‌ها با ابعاد مقطع 70×10 سانتی‌متر و ضخامت متغیر $5/8$ و 4 سانتی‌متر به منظور فشرده‌سازی 40 درصد، برای

مقاومت برشی نمونه‌های چوبی فشرده‌نشده و فشرده‌شده در جدول ۳ مشاهده می‌شود. بهبود دانسیته همراه با مقاومت به دلیل فشرده‌سازی چوب مشخص است. نتایج محاسبه میانگین تیمارها همراه با انحراف معیار آنها که حداکثر مقاومت به شکست صندلی‌ها برای هر دو نوع اتصال را نشان می‌دهد، در جدول ۴ مشاهده می‌شود.

نتایج به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS، طبق طرح آماری کاملاً تصادفی (فاکتوریل) تجزیه و تحلیل شد و مقایسه میانگین‌ها بر اساس روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

مقادیر دانسیته، مدول گسیختگی و الاستیسیته و همچنین

جدول ۳. مقادیر دانسیته و مقاومت‌های چوب فشرده‌نشده و فشرده‌شده صنوبر

خواص اندازه‌گیری شده				
نمونه چوبی	دانسیته (g/cm ³)	مدول گسیختگی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	مقاومت برشی (MPa)
چوب فشرده	۰/۷۱	۱۴۰/۵	۱۹۲۸۱	۱۰/۴۰۵
چوب فشرده‌نشده	۰/۴۱	۸۵/۱۳	۸۷۲۶/۶۶۷	۷/۰۹۲۵

جدول ۴. میانگین و انحراف معیار تیمارها همراه با نتایج آزمون دانکن

طرح	اتصال	میانگین بار حداکثر* (N)	جابجایی حداکثر (mm)	انحراف معیار
چوب فشرده‌نشده	پین چوبی	۸۸۵/۵d	۸۲/۳۳	۱۶
چوب فشرده‌نشده	کام و زبانه	۱۰۱۹/۴c	۱۰۸/۶	۳۹
چوب فشرده	پین چوبی	۱۴۵۲/۳b	۹۹/۹۶	۲۶
چوب فشرده	کام و زبانه	۱۶۰/۱a	۱۴۳	۲۱

*حروف (a.b.c.d) گروه‌بندی آزمون دانکن را نشان می‌دهد.

چوب سبب بهبود مقاومت خط چسب در مقطع عرضی می‌شود و جدایش‌گی خط چسب به صورت شکست پین یا زبانه مشاهده می‌شود. همچنین جدایش‌گی در خط چسب به دلیل کیفیت ضعیف چسبندگی است. مقدار مواد جامد چسب تجاری مورد استفاده (۴۰ درصد) خیلی کم است و سبب ایجاد اتصالی با سطح گرسنه می‌شود. این مقدار مواد جامد مورد استفاده در چسب سبب نفوذ آسان چسب در ماده چوبی شده و کیفیت چسبندگی مناسب، به ویژه در چوب فشرده‌نشده به دلیل خلل و فرج زیادتر، ایجاد نمی‌شود.

نتایج تجزیه و تحلیل آماری به شرح جدول ۵ است و نشان می‌دهد که تیمارها و اثرهای متقابل آنها معنی‌دار است.

حداکثر مقاومت صندلی‌های ساخته شده از چوب فشرده با کام و زبانه نسبت به صندلی‌های ساخته شده از چوب فشرده‌نشده با کام و زبانه ۵۷/۰۵ درصد و صندلی‌های ساخته شده از چوب فشرده با پین چوبی نسبت به صندلی‌های ساخته شده از چوب فشرده‌نشده با پین چوبی ۶۴/۱۲ درصد افزایش پیدا کرد. شکست اغلب در محل اتصالات (اتصال کام و زبانه و اتصال پین چوبی) قیدهای جانبی به پایه‌های عقب صندلی‌ها رخ می‌داد، اتصال چوبی در قطعات چوبی فشرده‌نشده در محل پایه عقبی جابه‌جا می‌شوند و خط اتصال از همدیگر جدا می‌شوند، ولی جدایی خط اتصال در قطعات چوبی فشرده‌شده به صورت شکسته شدن کام و زبانه و پین چوبی اتفاق می‌افتد. فشرده‌گی

جدول ۵. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس تیمارها

منابع	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	معنی داری
مدل اصلاح شده	۳	۳۴۸۴۴۴/۲۵۶	۴۷۹/۵۴۵	۰/۰۰۰
اثرهای متقابل	۱	۱۸۴۷۵۷۶۰	۲۵۴۲۷/۱۹	۰/۰۰۰
قطعات چوبی فشرده شده و فشرده نشده	۱	۹۸۷۳۳۷/۷۰۱	۱۳۵۹	۰/۰۰۰
نوع اتصال	۱	۵۷۸۱۰/۲۰۱	۷۹/۵۶۱	۰/۰۰۰
قطعات * نوع اتصال	۱	۱۸۴/۸۶۸	۰/۲۵۴	۰/۶۲۸
خطا	۸	۷۳۶/۶۱۴		
کل	۱۲	۱۹۵۶۹۰۵		
کل اصلاح شده	۱۱	۱۰۵۱۱۴۵/۶۸۲		

R Squared=۰/۹۹۲

گسیختگی نمونه‌های فشرده شده، علاوه بر بافت متراکم آنها و افزایش تحمل بارهای خمشی وارد شده، ممکن است به بهبود کیفیت و یکنواختی لایه‌های سطحی نمونه‌ها نیز مربوط شود [۴]. معادله ظرفیت لنگر اتصال کام و زبانه ارتباط مستقیم آن را با مدول گسیختگی نشان می‌دهد [۱۰]. به طوری که در جدول ۳ مشخص است، مدول گسیختگی چوب فشرده بیشتر از چوب فشرده نشده است. همچنین ضخامت و ارتفاع اتصال کام و زبانه قطعات چوبی ثابت است، ولی مقدار مدول گسیختگی چوب فشرده شده و فشرده نشده متفاوت است که موجب افزایش مقاومت صندلی‌های با قطعات فشرده شده می‌شود.

مقاومت بیشتر صندلی‌های ساخته شده با چوب فشرده دارای اتصال پین چوبی (جدول ۴) در مقایسه با صندلی چوب فشرده نشده به دلیل افزایش مقاومت برشی و دانسیته چوب صنوبر بر اثر فشرده سازی است. ظرفیت انفصالی اتصال پین رابطه مستقیم آن را با مقاومت برشی لیاف چوب عضو اتصال نشان می‌دهد [۱۳]؛ زیرا مقدار مقاومت برشی پین چوبی و قطر و طول آن در صندلی‌های ساخته شده ثابت است و فقط مقاومت برشی عضو چوبی فشرده شده افزایش یافته است که سبب افزایش مقاومت صندلی چوبی شده است.

نتایج آزمون اعمال نیروی جلو به عقب برای صندلی‌ها نشان داد که بیشترین مقاومت را صندلی‌های ساخته شده با چوب فشرده شده داشته‌اند. همچنین اتصال کام و زبانه در مقایسه با اتصال پین چوبی مقاومت بهتری نشان داد (جدول‌های ۴ و ۵). بنابراین صندلی‌های ساخته شده از چوب فشرده شده و فشرده نشده و از طرف دیگر اتصال کام و زبانه و اتصال پین چوبی اختلاف معنی داری با هم دارند (جدول ۵). آزمون مقایسه میانگین دانکن نشان می‌دهد که چهار گروه تیمار به ترتیب شامل a- چوب فشرده با کام و b- چوب فشرده با پین چوبی، c- چوب فشرده نشده با کام و زبانه، و d- چوب فشرده نشده با پین چوبی، بیشترین به کمترین مقاومت را دارند.

دلایل افزایش مقاومت صندلی‌های ساخته شده از چوب فشرده به دلیل افزایش مقاومت قطعات چوبی صندلی است. مقاومت بیشتر صندلی‌های ساخته شده با چوب فشرده دارای اتصال کام و زبانه (جدول ۴) در مقایسه با صندلی چوب فشرده نشده دارای اتصال کام و زبانه به دلیل افزایش مقاومت خمشی و دانسیته چوب صنوبر بر اثر فشرده سازی است. مدول گسیختگی ویژگی‌ای است که مقدار نهایی آن به مقاومت لایه سطحی ارتباط نزدیک دارد [۵]. افزایش مدول

[۸]. به‌طور کلی فشرده‌سازی سبب کاهش خلل و فرج، افزایش دانسیته و خواص مکانیکی چوب می‌شود و در نتیجه مقاومت اتصال آنها بیشتر می‌شود. مقاومت صندلی‌های چوبی به دلیل تقویت قطعات چوبی بهبود یافته است. اگر انتخاب ابعاد براساس تحمل نیرو باشد، این ابعاد مرسوم مورد استفاده برای ساخت صندلی از چوب صنوبر فشرده‌نشده کم است، ولی فشرده‌سازی راهکار مناسبی برای رفع این عیب است. در دسترس بودن چوب صنوبر مزیت [۳] و کیفیت ضعیف چوب آن عیب محسوب می‌شود. کیفیت ضعیف چوب صنوبر با فشرده‌سازی اصلاح می‌شود [۴]، بنابراین اگر چوب صنوبر اصلاح‌شده در شرایط بهینه در ساخت صندلی چوبی به‌کار برده شود، نیروی حداکثر اعمالی از جلو به عقب افزایش می‌یابد (جدول ۴). اصلاح چوب با فرایند فشرده‌سازی نسبت به چوب فشرده‌نشده و از طرف دیگر استفاده از اتصال کام و زبانه نسبت به اتصال پین چوبی، مقاومت صندلی‌ها را افزایش می‌دهد و بنابراین مکمل همدیگرند (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

چوب صنوبر در شرایط بهینه، فشرده‌سازی شد و مشخص شد که مقاومت برشی و مدول الاستیسیته و گسیختگی چوب فشرده‌شده و همچنین دانسیته آن نسبت به چوب فشرده‌نشده بیشتر است. اتصالات در چوب‌های فشرده شکسته می‌شوند، در صورتی که در چوب‌های فشرده‌نشده جابه‌جا می‌شوند و بین قطعات جورشده فاصله ایجاد می‌شود. نیروی حداکثر از جلو به عقب بین صندلی‌های ساخته‌شده از چوب فشرده‌شده و فشرده‌نشده و همچنین بین دو نوع اتصال معنی‌دار است.

مقاومت برشی چوب فشرده بیشتر از چوب فشرده نشده است (جدول ۳). در اثر فشرده‌سازی وزن مخصوص چوب افزایش می‌یابد و از این طریق خصوصیات مکانیکی چوب بهبود پیدا می‌کند [۷، ۹]. دانسیته مهم‌ترین خاصیت چوب است که افزایش آن افزایش خواص مکانیکی را به‌همراه دارد. به‌طور کلی مقاومت صندلی‌های چوبی به دلیل تقویت قطعات چوبی آن بهبود یافته است. همچنین دلیل افزایش مقاومت صندلی‌های ساخته‌شده از چوب فشرده، چسبندگی بهتر بین اتصال‌دهنده و چوب فشرده است. صاف‌تر بودن سطح اعضای اتصال، چسبندگی بهتری ایجاد خواهد کرد. فضاهای خالی بافت چوب در اثر فشرده‌سازی حذف شده و در نتیجه سبب ایجاد سطح سوراخ و سطح کام صاف تری نسبت به چوب فشرده‌نشده می‌شود که بهبود چسبندگی بین اعضای فشرده شده اتصال و اتصال‌دهنده را در پی دارد و در نتیجه سبب افزایش مقاومت صندلی‌های ساخته شده با چوب فشرده شده می‌شود. تحقیقات نشان داده است که ایجاد اتصال با پین چوبی گونه ممرز نسبت به راش که سطح صاف‌تری به دلیل دانسیته بیشتر دارد، دارای مقاومت بیشتری است [۱۸]. هرچه سطح اتصال صاف‌تر باشد، زاویه تماس کمتر می‌شود و در نتیجه چسبندگی بهتری بین اتصال‌دهنده و اعضای اتصال به‌وجود می‌آید [۸].

صندلی‌های ساخته‌شده با گونه بلوط نسبت به گونه صنوبر مقاومت بیشتری دارند، زیرا خصوصیات مکانیکی و فیزیکی چوب بلوط از چوب صنوبر بهتر است. در نتیجه صندلی‌های ساخته‌شده با گونه بلوط دوام بیشتری در برابر بار اعمالی دارند [۱۲]. اتصال چسبی در مقطع عرضی به دلیل وجود خلل و فرج زیادتر و نفوذ بیشتر چسب در چوب ضعیف است

ساخته شده از چوب فشرده نشده و اتصال پین چوبی است. با توجه به اینکه سطح پرزدار، ریش ریش یا الیاف برآمده در چوب گونه صنوبر، کار پرداخت این گونه را مشکل می‌کند، پیشنهاد می‌شود برای استفاده از این گونه در ساخت سازه مبلمان از روش فشرده سازی یا روکش کاری به منظور رفع این عیب استفاده شود.

استحکام صندلی های چوبی ساخته شده از چوب فشرده شده صنوبر به دلیل افزایش مقاومت قطعات چوبی سازه صندلی بیشتر از چوب فشرده نشده است. به طور کلی نیروی حداکثر اعمال شده از جلو به عقب صندلی در صندلی های ساخته شده از چوب صنوبر فشرده شده در شرایط بهینه و اتصال کام و زبانه بیشتر از صندلی های

References

- [1]. Moshir vaziri, H., and Makhtomi, A. (1992). Iranian poplar is forestry protector and developer of the forest industry, Wood Technical Office, Organization of Forests and Rangelands, Tehran.
- [2]. Abbasi, H. (1990). Trees of fast growing. Jahad-e-Daneshghahy, Publication. Gorgan.
- [3]. Bayatkashkoli, A., Shamsian, M., and Mansourfard, M. (2012). The effect of number of joints on bending properties of laminated lumber made from poplar (*Populus nigra*). Forest Study of China, 14(3): 246–250.
- [4]. Madhoushi, M., Grey, M., Tabarsa, T., and Rafighi A. (2011). Nail and screw withdrawal strength, MOE and MOR in densified poplar Wood, Iranian Journal of Wood and Forest Science and Technology, 18(4):45-54.
- [5]. Badig, J., and Jin, B. (1998). Wood mechanics and its composites products. Translated by Ebrahimi, Gh., Tehran University Publications, Tehran, Iran.
- [6]. Inoue, M., Norimoto, M., Tanahashi, M., and Rowell, R.M. (1993). Steam or heat fixation of compression wood. Wood Fiber Science, 25 (3): 224-235.
- [7]. Kolmann, F.D., and Cote, W.A. (1984). Principles of wood science and technology. Springer-Verlag, Berlin.
- [8]. Marra, A. (1992). Technology of wood bonding: principles in practice. Van Nostrand Reinhold. New York.
- [9]. Bayatkashkoli, A., and Jamshedzadeh, M. (2014). Comparing the mechanical strength of wooden chairs constructed using two patterns and mortise and tenon and dowel joints. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29 (1): 67-78.
- [10]. Ebrahimi, Gh. (2007). Engineering design of furniture Structures. Tehran University Press, Tehran, Iran.
- [11]. Eckelman, C. (2003). Textbook of product engineering and strength design of furniture. Purdue University Press. West Lafayette, USA.
- [12]. Eckelman, C., and Haviarova, E. (2006). Performance test of school chairs constructed with round mortise and tenon joints. Forest Products Journal. 56(3): 51-57.
- [13]. Eckelman, C.A. (2004). Engineering design of furniture. Purdue University. USA.
- [14]. Bayatkashkoli, A., and Nazerian, M. (2012). Determination of proper college student chair dimension and comparison with the prevalent model. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(4):772-784.
- [15]. Haviarova, E., Eckelman, C., and Erdil, Y. (2001). Design and testing of environmentally friendly wood school chairs for developing countries. Forest Products Journal, 51(3): 58-64.
- [16]. Furniture - Chairs and tables for educational. institutions Part 2: Safety requirements and test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, ISIRI 9697-2, 2010. (In Persian).
- [17]. Furniture –Chairs and tables for educational institutions. Part 2: Safety requirements and test methods. German institute for standardization (Deutsches Institut fur Normung)- Europa Norm, DIN EN 1729-2, 2006.
- [18]. Vesi, J., Ebrahimi, G and Bahmani, M. (2010). A study of the effects of height and thickness of tenon made out of beech and hornbeam on bending strength of mortise and tenon joint. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 25 (1): 128-137.