Archive of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۸، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴
ص۵۷۳-۵۹۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۲۶

تأثیر نوع اتصال در لایهٔ میانی و نوع روکش در لایهٔ سطحی بر خواص مکانیکی تخته‌ردیفی

❖ **وحید معظمی؛** کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل، زابل، ایران
❖ **مرتضی ناظریان*؛** دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده

این پژوهش به بررسی تأثیر نوع اتصال سربه‌سر باریکه‌های چوبی گز شاهی به‌کاررفته (ساده، مورب و نیم‌ونیم) در لایهٔ میانی تخته‌ردیفی، گونهٔ روکش چوبی به‌کاررفته در لایه‌های سطحی (نراد، راش، و بلوط) و نیز نسبت وزنی رزین‌ملامین‌فرمالدئید به اوره‌فرمالدئید در خط چسب (۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰) بر روی خواص مکانیکی تخته‌ردیفی پرداخته است. نتایج نشان دادند که نوع اتصال تأثیر معناداری بر مقاومت خمشی (MOR) و مدول الاستیسیته (MOE) می‌گذارد؛ به‌طوری‌که بیشترین مقاومت‌ها را تخته‌هایی داشته‌اند که در لایه‌های میانی از اتصال نیم‌ونیم استفاده شده است. معلوم شد که نوع روکش و نسبت رزین MF به UF نیز تأثیر معناداری بر خواص مقاومتی داشته است. همچنین، نتایج نشان داد که اختلاف بین مقاومت‌های تخته‌های متقاطع با موازی معنادار بوده است؛ به‌طوری‌که تخته‌های متقاطع مقاومت‌های بیشتری نسبت به تخته‌های موازی دارند. به‌طورکلی، تخته‌هایی که در لایهٔ میانی باریکه‌های چوبی با اتصال نیم‌ونیم و با روکش نراد با رزین ملامین‌اوره‌فرمالدئید با نسبت ۵۰:۵۰ ساخته شده‌اند، بیشترین مدول گسیختگی (متقاطع ۴۸/۴۸ N/mm^2 و موازی ۴۰/۵۰ N/mm^2) و بیشترین مدول الاستیک (متقاطع ۹۱۵۳ N/mm^2 و موازی ۵۹۶۲ N/mm^2) را داشتند.

واژگان کلیدی: اتصال نیم‌ونیم، اوره‌فرمالدئید، تخته‌ردیفی، گز شاهی، مقاومت خمشی، ملامین‌فرمالدئید.

* نویسندهٔ مسئول ۰۹۱۱۲۹۱۰۸۶۰
Email: morteza17172000@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کمبود منابع جنگلی و چوبی در کشور حقیقتی انکارناپذیر است که کاهش ظرفیت تولید و حتی تعطیلی تعدادی از کارخانه‌های مرتبط با صنایع چوب را به دنبال داشته است. استفاده از گونه‌های چوبی با کیفیت پایین و زودرُشد همچون گز شاهی، لیلکی، اکالیپتوس، و... که می‌تواند از طریق زراعت چوب، هم به اقتصاد روستایی و صنعت و هم به توسعهٔ عرصه‌های جنگلی و حفظ محیط زیست شکننده کشور، کمک کند، از طریق افزایش ارزش افزودهٔ این مواد و تبدیل آن به محصولات با کیفیت بالا می‌تواند جبران‌کنندهٔ این کمبود باشد. گونهٔ گز از خانوادهٔ *tamaricaceae* است. مرکز اصلی رویش این گونه در مناطق وسیعی از ایران، همچون مرکز و جنوب و به‌خصوص جنوب شرق است. یکی از گونه‌های شناختهٔ این خانواده گز شاهی (*tamarix aphylla*) است. دانسیتهٔ خشک چوب گز شاهی حدود ۰/۶۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب، هم‌کشیدگی حجمی ۱۴درصد و مدول گسیختگی ۸۸/۵ نیوتن بر میلی‌متر مربع است [۱]. امروزه، به دلیل کیفیت پایین، از گز شاهی استفاده‌های صنعتی نمی‌شود، اما می‌توان با بهره‌گیری از فرایندهای مناسبِ تولید، برای مصارف صنعتی از آن استفاده کرد. از جمله محصولاتی که می‌تواند موجب کاربرد صنعتی و افزایش ارزش افزودهٔ این نوع گونه‌های چوبی شود، فرآورده‌های لایه‌ای همچون تخته‌ردیفی است. لایهٔ میانی این محصول از چوب ماسیو، که عمدتاً از نوارهای باریک تشکیل شده است، با رویهٔ متقاطع از یک یا چند روکش چوب، که نسبت به الیاف نوارهای باریک لایهٔ میانی بیشتر در زاویهٔ قائم قرار دارند، پوشیده می‌شود. هرچند تخته‌ردیفی از جهاتی با تختهٔ سه‌لایه مشابه است، از سفتی و مقاومت خمشی بالاتری برخوردار است و می‌تواند برای کاربرد در مواقعی که به صفحات با ابعاد خیلی بزرگ نیاز است استفاده شود. علاوه بر آن، مزیت اصلی تخته‌ردیفی نسبت به تختهٔ سه‌لایه امکان کاربرد چوب‌آلات ضخیم، پشت‌لا، و کوتاه است که در صنایع تولید صفحات لایه‌ای دیگر قابل استفاده نیست [۲].

تعداد بررسی‌های انجام‌شده بر تأثیرگذاری متغیرهای تولید بر خواص تخته‌ردیفی بسیار محدود است، ولی پژوهش‌هایی بر اثرگذاری متغیرهای ساخت بر محصولات لایه‌ای مشابه دیگر صورت گرفته است. طبرسا و فارسی (۲۰۰۳) به بررسی امکان ساخت تیر لایه‌ای با اتصالات انگشتی از ضایعات کارخانه‌های روکش پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که مقاومت خمشی تحت‌تأثیر بارگذاری عمود بر سطح، در چوب ماسیو و تخته‌لایه تفاوت معناداری ندارد و بنابراین استفاده از تیرلایه‌ای در مواردی که نیرو عمود بر سطح خط چسب وارد می‌شود، توصیه می‌شود [۳]. ایئهن (۲۰۰۷) به مطالعهٔ اثر اتصال انگشتی مورب سربه‌سر لایی از گونه‌های نارون و کاج با سه ضخامت متفاوت به روی مقاومت خمشی LVL و با مصرف دو نوع رزین‌فنل‌فرمالدئید و ملامین‌فرمالدئید در خط چسب پرداخت. نتایج نشان داد که با کاهش تعداد لایی در یک ضخامت معین و کاربرد اتصال سربه‌سر انگشتی مورب، خواص تخته‌ها به دلیل سطح تماس بیشتر در منطقهٔ اتصال سربه‌سر لایه‌ها بهبود یافته است [۴]. بیات کشکولی و همکاران (۲۰۱۲) تأثیر تعداد اتصالات

www.SID.ir

Archive of SID

الوار لامینه‌ای ساخته‌شده از صنوبر را بر خواص مکانیکی بررسی کردند. نتایج نشان داد که الوارِ بدون اتصال خصوصیات خمشی بهتری نسبت به نمونه‌های ساخته‌شده از لایه‌های به‌هم‌چسبیده‌شده داشته‌اند. درکل، اتصالات سربه‌سر تأثیر منفی بر مقاومت‌های خمشی محصول داشته است [۵]. والفورد (۲۰۰۰) به بررسی اثر شیب و طول زبانه در اتصال انگشتی الوارهای گونهٔ کاج پرداخت. نتایج نشان داد که با افزایش میزان شیب زبانه، طول زبانه نیز افزایش می‌یابد و درراستای افزایش شیب زبانه، سطح تماس اتصال بیشتر و باعث افزایش مقاومت‌ها می‌شود [۶]. وسیلئیو و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی اثر بخارزنی چوب راش و طول زبانه در اتصال انگشتی پرداختند. معلوم شد که چوب راش بخارزنی‌نشده با طول زبانهٔ بلندتر بیشترین مقاومت خمشی را دارد [۷].

با اعمال تیمارهای مناسب و کاربرد روکش مناسب می‌توان نه‌تنها کیفیت ظاهری، بلکه خواص مکانیکی تخته را بهبود داد. ناظریان (۲۰۱۳) نشان داد که مقاومت خمشی تخته‌خرده چوب به‌طور معناداری به گونهٔ چوبی روکش استفاده‌شده در لایه‌های سطحی وابسته است؛ به‌طوری‌که با کاربرد روکش بلوط بالاترین مقاومت‌ها حاصل می‌شود [۸]. نئورویدس و ماینگ (۲۰۰۶) در بررسی خود نشان دادند که با اندود کردن سطوح تخته‌خردهٔ چوب با مواد مختلف رنگی، خواص مکانیکی تخته درنتیجهٔ افزایش دانسیته و سفتی بهبود پیدا کرده است [۹].

به‌منظور اتصال مناسب روکش بر صفحات مرکب چوبی به بررسی تأثیر نوع اتصال‌دهنده در خط چسب نیاز است. به‌طورکلی، بهترین اتصال می‌تواند وقتی ایجاد شود که در صورت گسیختگی ورق در بارگذاری، شکست در خط چسب رخ ندهد. علاوه بر این، تخته‌ردیفی نه‌تنها در اماکن داخلی و سرپوشیده، بلکه در مصارف بیرونی که تحت‌تأثیر تغییرات شدید جوی قرار دارند نیز استفاده می‌شود. بنابراین، لازم است رزینی استفاده شود که جوابگوی نیازهای ذکرشده باشد. با توجه به کاربرد گستردهٔ رزین‌های مصنوعی، به‌خصوص اوره‌فرمالدئید، اصلاح آن به کمک افزودن رزین ملامین فرمالدئید در حد متعارف می‌تواند خواص رزین‌اوره‌فرمالدئید را بهبود دهد. این بهبود را می‌توان به تشکیل ترکیبات متیلنی درنتیجهٔ واکنش هیدرکسی‌متیلاسیون نسبت داد که سبب می‌شود ملامین با فرمالدئید به‌منظور تشکیل هیدروکسی‌متیل‌ملامین با شش عدد گروه‌های هیدروکسی‌متیل واکنش دهد [۱۰]. علاوه بر آن، تخلخل عامل دیگری است که می‌تواند بر مقاومت خط چسب و درنهایت چندسازه تأثیرگذار باشد. تخلخل از طریق افزایش قابلیت ترشوندگی سطح چوب و نفوذ راحت‌تر رزین و درنتیجه توزیع همگن‌تر رزین در لایه‌های سطحی چوب و افزایش درهم روی مکانیکی سبب ایجاد اتصالات شیمیایی بیشتر بین رزین و گروه‌های هیدروکسیل چوب می‌شود. این افزایش اتصالات شیمیایی موجب خواهد شد طی بارگذاری، انتقال تنش از سطح فشاری (رویی) به سطح کششی (زیرین) راحت‌تر صورت گیرد و سبب افزایش مقاومت شود [۸].

به منظور بهبود خواص تخته‌ردیفی ساخته‌شده از باریکه‌های کوتاه با اتصال سربه‌سر، که در لایه‌های میانی استفاده شده‌اند، به ارزیابی تأثیر گونهٔ چوبی روکش پوشانندهٔ سطوح صفحات مرکب چوبی نیاز است. در مورد مواد چوبی که برای اعضای ساختمانی

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده می‌شوند و اغلب ابعاد بزرگی دارند، می‌توان اتصالات سربه‌سر مختلفی مانند اتصال مورب، اتصال انگشتی، اتصال نیم‌ونیم، اتصال کام و زبانه، و... را به‌کار برد. بنابراین، هدف از این بررسی تأثیر ۱. نوع اتصال سربه‌سر (ساده، مورب، نیم‌ونیم) نوارهای باریک و کوتاه چوب گز به‌کاررفته در لایهٔ میانی، ۲. گونهٔ چوبی روکش (نراد، بلوط، راش) به‌کاررفته در لایه‌های سطحی بالایی و پایینی تخته‌ردیفی، و ۳. نسبت وزنی ملامین‌فرمالدئید به اوره‌فرمالدئید بر مقاومت خمشی است. همچنین، اثر جهت استقرار الیاف لایه‌های سطحی رویی و زیرین نسبت به جهت استقرار الیاف در باریکه‌های چوبی استقراریافته در لایهٔ میانی به دو صورت عمود بر هم (متقاطع) و هم‌جهت باهم (موازی) بر خواص مکانیکی ارزیابی شده است.

مواد و روش‌ها

با توجه به رشد سریع و پراکنش فراوان از یک طرف و عدم کاربرد صنعتی به‌دلیل ساقهٔ ناصاف و کیفیت نسبتاً پایین، از چوب درخت گز شاهی برای تهیهٔ باریکه‌های چوبی در لایهٔ میانی تخته‌ردیفی استفاده شد. بدین منظور، پنج اصله درخت با قطر متوسط ۳۰ سانتی‌متر در ارتفاع برابرسینه، با عرض حلقهٔ رشد سالیانه به‌طور تقریبی ۳ میلی‌متر (با کمک متهٔ سن‌سنج اندازه‌گیری شد) انتخاب و سپس گرده‌بینه‌هایی با طول ۱/۲ متر از آن قطع شد. ابتدا توسط ارهٔ نواری گرده‌بینه‌ها به چهار تراش‌هایی با ابعاد سطح مقطع تقریبی ۷×۱۰ سانتی‌متر بریده شدند. سپس از چهار تراش‌ها، با ارهٔ گرد باریکه‌هایی به ابعاد سطح مقطع ۱۵×۳۰ میلی‌متر تهیه شدند. پس از آن، با سمبادهٔ لرزان به منظور حذف یا کاهش زبری سطح و یکنواختی در ضخامت، ضخامتی برابر ۱ میلی‌متر از هر طرف باریکه برداشته شد؛ به‌طوری‌که ضخامت نهایی آن به ۱۳ میلی‌متر رسید. سعی شد تا برش همهٔ باریکه‌ها به یک صورت (مماسی) تهیه شود. باریکه‌های تهیه‌شده به مدت سه ماه، به‌نحوی که از ایجاد ترک یا انحنا و کمانی‌شدن جلوگیری شود، بر روی همدیگر با فواصل معین از یکدیگر در کپه‌هایی در محیط آزمایشگاه (محل استقرار دستگاه آزمون مکانیکی) چیده شدند تا خشک شوند و به رطوبت تعادل با محیط برسند. پس از رسیدن رطوبت باریکه‌ها به ۵ درصد (رطوبت تعادل چوب در محیط)، از آن‌ها اتصالات سربه‌سر تهیه شد. براساس طرح آزمونی استفاده‌شده، سه نوع اتصال سربه‌سر (ساده، مورب (30°)، و نیم‌ونیم) برای متصل کردن باریکه‌های مصرف‌شده در لایهٔ میانی استفاده شد. چسب استفاده‌شده در اتصالات سربه‌سر پلی‌وینیل‌استات (PVAc) با مشخصات فنی: درصد مواد جامد ۶۶ – ۶۲ درصد، دانسیتهٔ ۱/۵ – ۱/۱ کیلوگرم بر متر مکعب، زمان گیرایی در ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد برابر ۲۰– ۱۰ دقیقه، pH ۶–۴ و پایهٔ رقیق‌کنندهٔ اتیل‌استات بوده است. پس از چسب زدن دو سر باریکه‌ها از یک دستگاه دوخت پنوماتیک استفاده شد تا باریکه‌های کوتاه از دو سر به‌نحو مطلوب تثبیت و هم‌زمان فشار مورد نیاز برای ایجاد اتصال مناسب تأمین شود. به دلیل عدم امکان کاربرد رزین‌های گرماسخت درنتیجه سختی در اعمال فشار مناسب و یکنواخت از جهات مختلف روی باریکه‌ها برای ایجاد سطح تماس مناسب در محل اتصالات در زیر پرس از یک طرف و از طرف دیگر کوتاه‌بودن

www.SID.ir

Archive of SID

مدت حرارت‌دهی در زیر پرس، که حداقل تأثیر منفی را می‌توانست بر روی رزین استفاده‌شده در خط اتصالات لایه میانی بگذارد، از این رزین استفاده شد. سعی شد تا با کمک تزریق‌کنندهٔ مدرج قابل کنترل میزان مصرف PVAc (با توجه به میزان مادهٔ خشک چسبی در محلول) به ازاء واحد سطح (متر مربع) محاسبه‌شده برای هریک از انواع اتصالات به‌کاررفته یکسان باشد.

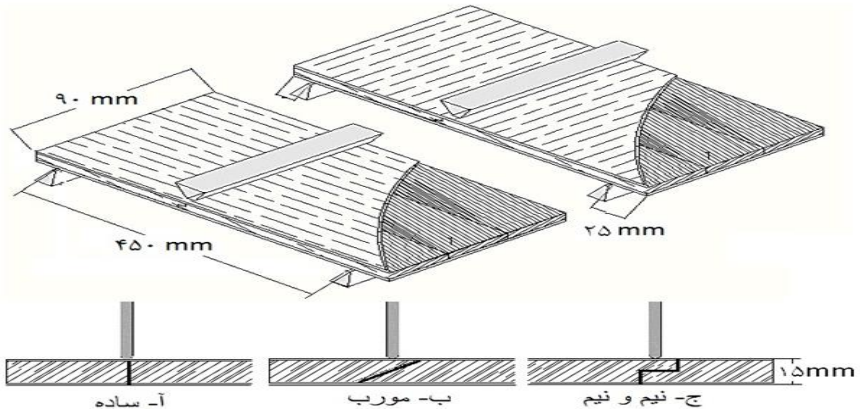
از سه نوع روکش راش، بلوط، و نراد با ضخامت ۱ میلی‌متر برای روکش کردن و ایجاد لایه‌های سطحی پایینی و بالایی استفاده شد. با توجه به رطوبت تعادل روکش (۵ درصد) مقدار معینی آب به صورت مه‌پاشی بر روی روکش‌ها پاشیده شد. این میزان آب با تکرار و آزمون به نحوی تعیین شد که میزان رطوبت لایه‌ها تقریباً در حد ۷درصد ثابت شد. بلافاصله پس از آن، چسب‌زنی روکش‌ها صورت گرفت. رطوبت پس از چسب‌زنی لایه‌ها با توجه به میزان وزنی مادهٔ خشک چسبی و غلظت رزین به ۱۱ درصد رسید. به منظور حفظ ثبات در میزان مصرف رزین به ازای واحد سطح، مقدار مشخص و ثابت از رزین خشک به ازای واحد سطح توزین و پس از انحلال در آب و رساندن غلظت محلول به ۷۰ درصد، از تزریق‌کنندهٔ مدرج قابل کنترل برای توزیع یکنواخت رزین روی سطح استفاده شد. پس از آن، توسط کاردک رزین استقراریافته روی لایه به‌طور یکنواخت توزیع شد. به منظور تعیین اثر نسبت وزنی رزین ملامین به اوره‌فرمالدهید به‌کاررفته در خط چسب روی خواص فیزیکی و مکانیکی از نسبت‌های ۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ به‌منزلهٔ متغیر سوم استفاده شد. مشخصات فنی رزین اوره‌فرمالدئید عبارت‌اند از: مواد جامد ۷۰ درصد، زمان ژله‌ای‌شدن ۶۰ ثانیه، دانسیتهٔ ۱/۲۶، pH ۷، ویسکوزیتهٔ ۳۵۰ ثانیه و مشخصات فنی رزین‌ملامین‌اوره‌فرمالدئید (۵۰:۵۰): مواد جامد ۷۰درصد، زمان ژله‌ای‌شدن ۵۸ ثانیه، دانسیتهٔ ۱/۲۸۸، pH ۷/۲ و ویسکوزیتهٔ ۴۴۵. برای نفوذ کمتر رزین به داخل لایه و نیز باریکه‌ها از غلظت بالای رزین (۷۰درصد) استفاده شد. غلظت رزین و میزان مصرف رزین خشک به ازای واحد سطح (۱۰۰ گرم بر متر مربع) برای همهٔ سطوح متغیر سوم یکسان و ثابت در نظر گرفته شدند. به‌دلیل حرارت بسیار زیاد محیط در تابستان و افزایش سریع ویسکوزیتهٔ رزین و سختی در توزیع یکنواخت آن بر روی روکش از یک طرف و ضخامت اندک روکش و نیز زمان مناسب حرارت‌دهی در زیر پرس از طرف دیگر، از کاتالیزور استفاده نشد. پس از توزیع یکنواخت رزین بر سطوح لایه‌های رویی و زیرین، باریکه‌ها در بین لایه‌ها مونتاژ شدند. مطابق شکل ۱، به منظور تعیین اثر استقرار الیاف لایه‌های سطحی رویی و زیرین نسبت به لایهٔ میانی (باریکه‌ها)، دو سری نمونه ساخته شدند: ۱. الیاف لایه‌های سطحی موازی با جهت استقرار الیاف باریکه‌ها در لایهٔ میانی (موازی)؛ ۲. الیاف لایه‌های سطحی عمود بر جهت استقرار الیاف باریکه‌ها در لایهٔ میانی (متقاطع). طی استقرار باریکه‌ها در کنار هم در لایهٔ میانی ابتدا باریکه‌هایی که از سر به هم اتصال یافته بودند، تحت فشار مناسب و یکنواخت از پهلو کنار هم قرار گرفتند تا درز بین آن‌ها به حداقل برسد و سپس توسط ماشین دوخت پنوماتیک در کنار هم تثبیت شدند، تا تأثیرات عرض متفاوت درزها بر مقاومت‌های تختهٔ نهایی یکسان و حداقل باشد. تعداد باریکه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

استقراریافته در لایهٔ میانی سه عدد بوده؛ به‌طوری‌که عرض نهایی نمونه‌های آزمونی برابر ۹۰ میلی‌متر شد. پس از مونتاژ باریکه‌ها و لایه‌های آغشته به چسب، تخته به داخل پرس انتقال داده شد. پس از بررسی‌های مقدماتی و ساخت نمونه‌های اولیه، حرارت پرس، زمان پرس و میزان فشار اعمال‌شده با پرس به ترتیب140 درجهٔ سانتی‌گراد، ۱۲۰ ثانیه، و ۱۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع انتخاب شد. بعد از خروج تخته‌ها از پرس، نمونه‌ها به‌مدت دو هفته در شرایط آزمایشگاهی (محل انجام‌دادن آزمون مکانیکی) قرار داده شدند تا رطوبت نمونه‌ها به نقطهٔ تعادل با رطوبت هوای اطراف برسد. پس از سپری‌شدن این زمان، روکش‌های اطراف پاک‌بری‌شده تا نمونه‌هایی با ابعاد نهایی 500×90×15 میلی‌متر به‌دست آیند. با توجه به تعداد متغیرها (سه عدد) و سطوح هریک (سه سطح) ۲۷ تیمار و درمجموع ۸۱ تختهٔ متقاطع و ۸۱ تختهٔ موازی ساخته شدند. مقاومت خمشی براساس آیین‌نامهٔ استاندارد ASTM C 393-00 (2000) انجام شد (شکل ۱) [۱۱].

پس از اتمام آزمون‌های مکانیکی، نتایج به‌دست‌آمده براساس آزمایش‌های فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نیز برای مقایسهٔ میانگین‌های داده‌ها استفاده شد. سپس اثر مستقل و متقابل هریک از متغیرها به صورت جداگانه در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی شد. از آزمون t برای تعیین معناداری اثر نحوهٔ استقرار الیاف لایه‌های رویی و زیرین نسبت به لایهٔ میانی بر MOR و MOE نیز استفاده شد.



شکل ۱. جهت استقرار الیاف در لایه‌های سطحی و نوع اتصالات به‌کاررفته در لایهٔ میانی

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس اثر مستقل و متقابل هریک از عوامل متغیر بر مقاومت خمشی تخته‌های موازی و متقاطع ساخته‌شده در جدول ۱ آورده شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که تأثیر مستقل نوع اتصال بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در سطح ۹۵ درصد معنادار است. همان‌گونه که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، مقاومت خمشی در تخته‌های ساخته‌شده با اتصال نیم‌ونیم در لایهٔ میانی نسبت به اتصالات مورب و ساده به‌ترتیب ۱۲/۷۰ و ۳۰/۲۸

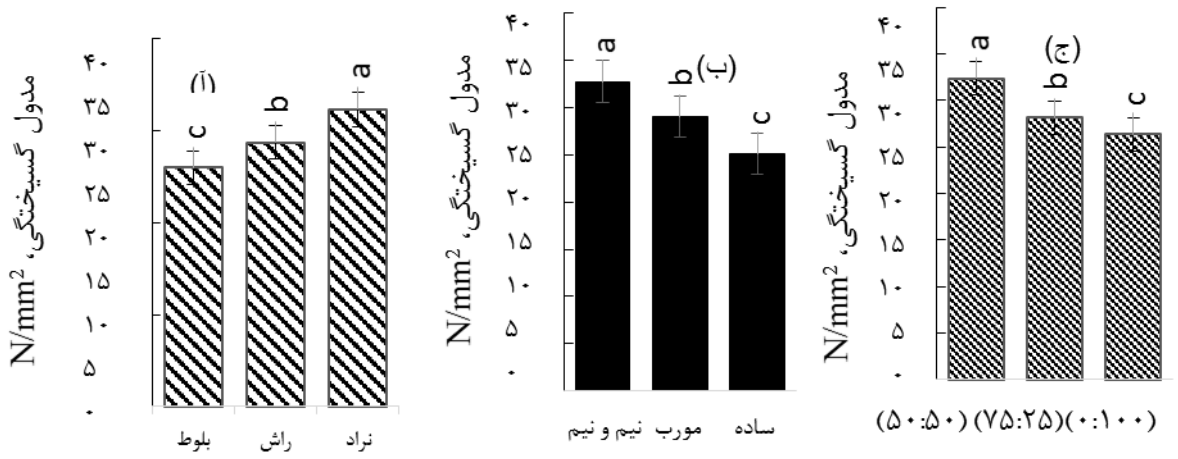
www.SID.ir

Archive of SID

درصد بیشتر است و بیشترین مقاومت در اتصال نیم‌ونیم و برابر با ۳۲/۷۴ نیوتن بر میلی‌متر مربع به‌دست آمد، زیرا سطح تماس و محدودهٔ خمش آن بیشتر از اتصال ساده و مورب است. همچنین در طراحی اتصالات، فرم هندسی اتصال برای بهبود عملکرد سازه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. هرچه فرم هندسی اتصال به حالتی باشد که درگیری و صلبیت دو قطعهٔ متصل‌شده بیشتر شود، تنش واردشده به قطعه کمتر است. به عبارت دیگر، اتصال می‌تواند بار بیشتری برای رسیدن به تنش حداکثر را، که مسبب شکست خواهد بود، تحمل کند. درنتیجه، محصول نهاییِ مطلوب‌تری به‌دست می‌آید [۴]. با توجه به سطح تماس ناحیهٔ اتصال و شکل هندسی اتصال نیم‌ونیم نسبت به دو اتصال مورب و ساده، مقاومت خمشی اتصال نیم‌ونیم در حد مطلوب‌تری به‌دست آمد. در تحلیل مقاومت خمشی، سطحی‌ترین لایه‌های رو و زیر، بیشترین تأثیر و لایه‌های نزدیک به لایهٔ مرکزی به‌دلیل استقرار لایهٔ (تار) خنثی در این منطقه کمترین تأثیر را بر مدول گسیختگی دارند [۹]. درواقع، با توجه به اینکه طی بارگذاری، به دلیل تنش، حداقل در لایهٔ میانی که محل اتصال است، میزان بار برای گسیختگی این منطقه اتصال باید خیلی بیشتر باشد تا بتواند تنش لازم برای شکست اتصال را فراهم کند. قراردادن عیوب یا نواحی سست‌تر در صفحهٔ خنثی یکی از تکنیک‌های جدید طبقه‌بندی لایه‌ها در مواد مرکب چوبی است [۸]. همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، بیشترین سطح تماس در اتصال نیم‌ونیم در صفحهٔ خنثی قرار گرفته است. بر این اساس، نیروی واردشدهٔ حاصل از فشار در اتصال نیم‌ونیم، حداقل تنش را نسبت به اتصال مورب و ساده دارد. شایان ذکر است که در اتصال نیم‌ونیم، فشرده‌شدن محل اتصال طی فرایند سرهم کردن به‌طور کامل انجام می‌شود. درنتیجه، یکنواختی بیشتری در خط چسب و محل اتصال نیم‌ونیم ایجاد می‌شود. این شرایط برای اتصال مورب کمتر است و برای اتصال ساده سربه‌سر رخ نمی‌دهد. به‌طوری‌که یکی از عوامل اصلی برای ایجاد اتصال مناسب میزان فشار است. طی اعمال فشار برای اتصال دادن دو باریکه از سر به همدیگر، با توجه به شکل اتصال سربه‌سر، میزان پذیرش فشار از سوی اتصالات متفاوت خواهد بود. در اتصال نیم‌ونیم، با توجه به اینکه عمدهٔ سطح اتصال در منطقهٔ تار خنثی قرار دارد و این منطقه کمتر از دیگر مناطق، تحت کشش یا فشار در طی خمش تحت تنش قرار می‌گیرد، منطقی است که فرض شود از بین سه اتصال به‌کاررفته، حداقل میزان فشار را اتصال سربه‌سر ساده و حداکثر پذیرش فشار به منظور تشکیل اتصال بهتر بین رزین و چوب را اتصال نیم‌ونیم درنتیجه دریافت فشار و تماس مناسب‌تر بین عناصر چوب و چسب در منطقه اتصال دارد که یکی از عوامل اصلی در ایجاد چسبندگی مطلوب است. همچنین، در اتصال سربه‌سر ساده، اتصال چسب PVAc با چوب در مقطع عرضی تشکیل شده است، با توجه به این نکته که آوندها مسیر اصلی نفوذ چسب‌اند. در اتصال سربه‌سر ساده و مورب امکان ایجاد خط چسب کم‌ضخامت به‌وجود می‌آید و باعث افت مقاومت مکانیکی نسبت به اتصال نیم‌ونیم می‌شود. با توجه به اینکه معمولاً احتمال قرار گرفتن آوندها در مسیر نفوذ چسب در اتصال نیم‌ونیم بسیار کمتر است و امکان استقرار حداکثر میزان چسب در خط چسب ممکن می‌شود، بنابراین اتصال نیم‌ونیم می‌تواند پیوند قوی‌تری را تشکیل دهد [۱۲].

www.SID.ir

Archive of SID



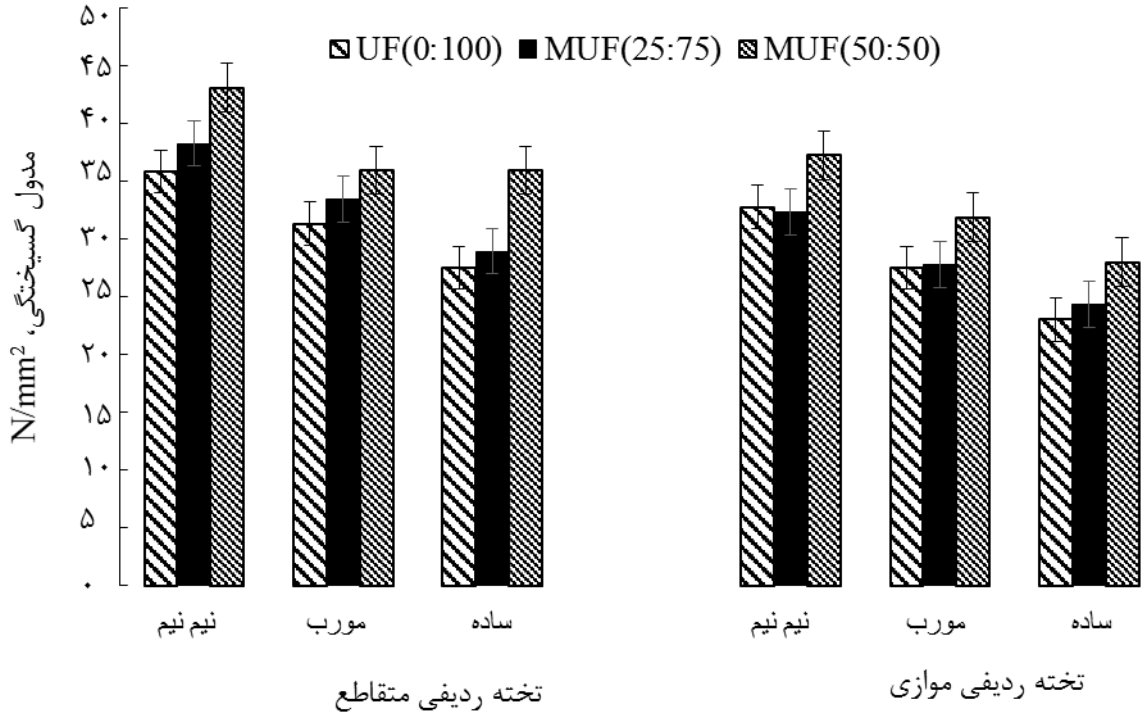
شکل ۲. اثر مستقل نوع گونهٔ روکش (آ)، نوع اتصالات در لایهٔ میانی (ب) و نوع چسب در خط چسب (ج) بر مدول گسیختگی (MOR)

همچنین اثر متقابل نوع اتصال و نوع چسب مصرفی استفاده‌شده در خط چسب در سطح ۹۵ درصد معنادار است (شکل ۳). با افزایش میزان رزین‌ملامین‌فرمالدئید در ترکیب رزینی تا حد ۵۰ درصد مقاومت خمشی افزایش می‌یابد. با توجه به تجزیه و تحلیل آماری می‌توان گفت حداکثر مقاومت خمشی را تخته‌های متقاطع، که در آن‌ها از چسب ملامین فرمالدئید + اوره‌فرمالدئید (۵۰:۵۰) در خط چسب استفاده شده و اتصال نیم‌ونیم در لایهٔ میانی به کار رفته است، داشته‌اند؛ درحالی‌که حداقل مقاومت خمشی را تخته‌های موازی، که در آن‌ها از چسب اوره‌فرمالدئید در خط چسب استفاده شده و اتصال ساده در لایهٔ میانی به کار رفته است، داشته‌اند. چسب به‌منزلهٔ یک سیستم اتصال‌دهندهٔ ذرات لیگنوسلولزی بر مقاومت‌های مکانیکی فرآورده‌های چوبی تأثیر بسزایی دارد. بیش از ۹۰ درصد از فرآورده‌های مرکب چوبی در جهان با رزین‌اوره‌فرمالدئید (UF) ساخته می‌شوند. اوره‌فرمالدئید علاوه بر سهولت کاربرد، قیمت به نسبت کمی دارد و در پرس گرم واکنش سریعی نشان می‌دهد. ولی عیب عمدهٔ این رزین اتصال ضعیف در برابر مقاومت‌های مکانیکی و شرایط جوی است. یکی از راه‌های مؤثر به‌منظور بهبود عملکرد اتصالات در چسب اوره‌فرمالدئید، افزایش نسبت مولی فرمالدئید به اوره است، اما این روش موجب افزایش انتشار فرمالدئید از فرآورده‌ها می‌شود [۱۳]. بدین منظور، برای بهبود عملکرد اتصالات اوره‌فرمالدئید می‌توان از ترکیب اوره با ملامین استفاده کرد [۱۴]. نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد که چسب ملامین‌فرمالدئید + اوره‌فرمالدئید (۵۰:۵۰) از لحاظ مقاومت خمشی عملکرد بهتری در مقایسه با چسب ملامین‌فرمالدئید+ اوره‌فرمالدئید (۲۵:۷۵) و چسب اوره‌فرمالدئید (۰:۱۰۰) داشته است. چون چسب ملامین‌اوره‌فرمالدئید در مقایسه با چسب اوره‌فرمالدئید اتصالات مقاومی به وجود آورده و سبب افزایش مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته شده است. شیمی واکنش رزین ملامین‌اوره‌فرمالدئید،

www.SID.ir

Archive of SID

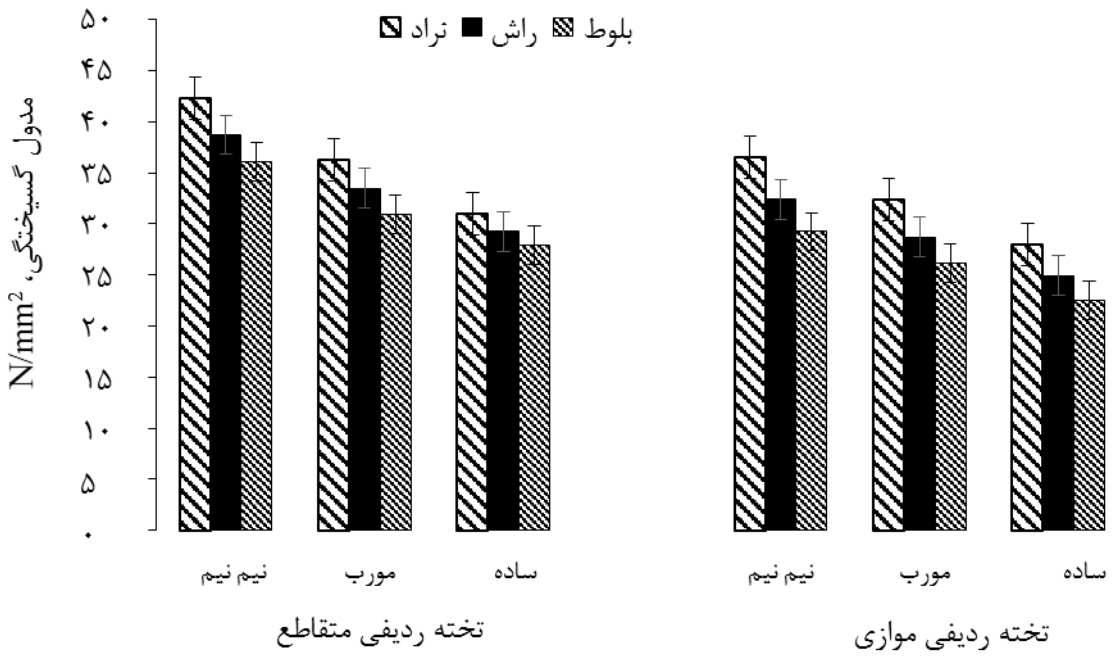
مشابه واکنش فرمالدئید با گروه‌های آمینو در تشکیل گروه‌های متیلول در رزین‌اوره‌فرمالدئید است. این گروه متیلول مشابه اوره متراکم می‌شود و پل‌های متیلنی را تشکیل می‌دهد. در مورد ملامین، گروه‌های آمین بخشی از ساختار حلقوی با اتم‌های یک در میان کربن و نیتروژن به نام انامین هستند. این ساختار حلقوی هم پایداری بیشتری به اتصال‌های به‌وجودآمده می‌دهد، هم امکان تشکیل تعداد زیادی گروه‌های ترای متیلول را می‌دهد که عملاً در فرایند پلی‌کندانسیون رزین‌اوره‌فرمالدئید اتفاق نمی‌افتد. درنتیجه، محصول ساخته‌شده با چسب ملامین‌اوره‌فرمالدئید نسبت به چسب اوره‌فرمالدئید مقاومت‌های مکانیکی بیشتری دارد [۱۵]. ملامین با نام شیمیایی ۱ و ۳ و ۵ تری‌آزین ۲ و ۴ و ۶ تری‌آمین، پیوند محکم C-N تشکیل می‌دهد و از طرفی هرچه تعداد گروه‌های آمین در چسب بیشتر باشد پیوندهای برقرارشده بیشتر و محکم‌تر خواهد بود؛ به‌طوری‌که در چسب اوره ۲ گروه آمین و در چسب ملامین ۳ گروه آمین وجود دارد. بنابراین، هرچه نسبت ملامین به اوره بیشتر شود، اتصالات حلقوی بیشتری به‌وجود می‌آید و سبب افزایش مقاومت خمشی محصول می‌شود [۱۰؛ ۱۴].



شکل ۳. اثر متقابل نوع اتصال و نوع چسب مصرفی در خط چسب بر مدول گسیختگی (MOR)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. اثر متقابل نوع اتصال و نوع گونهٔ روکش چوبی بر مدول گسیختگی (MOR)

همچنین اثر متقابل نوع اتصال و نوع گونهٔ چوبی روکش در سطح ۹۵درصد معنادار بوده است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین مقاومت خمشی در نوع اتصال نیم‌ونیم با استفاده از روکش نراد با مقدار ۴۲/۲۹ نیوتن بر میلی‌متر مربع و کمترین مقاومت خمشی ۲۲/۴۸ میلی‌متر مربع در تختهٔ ساخته‌شده به‌صورت موازی با اتصال ساده و روکش نراد است.

روکش گونه‌های چوبی مختلف زبری، تخلخل، قطر آوند، سلول‌های چوبی، و کیفیت سطحی متفاوتی دارند و تأثیرات متفاوتی بر ضخامت خط چسب، میزان نفوذپذیری و درنتیجه مقاومت مکانیکی می‌گذارند. روکش‌های حاصل از فرایند لوله‌بری استفاده‌شده در لایه‌های سطحی تخته‌ردیفی برش کاملاً مماسی دارند. در این برش، روکش چوب بلوط اشعهٔ چوبی پرسلولی با ارتفاع زیادتر و نیز عرض بیشتر (تا بیش از ۳۰ سلول) از اشعهٔ چوبی در روکش چوب راش (کمتر از ۲۵ سلول) دارد. در این شرایط، رزین بیش از حد در لایهٔ بلوط می‌تواند نفوذ کند و سبب استقرار کم رزین در خط چسب شود. همچنین لایه‌های چوبی با دانسیتهٔ سنگین‌تر بعد از لایه‌گیری و در هنگام خشک‌سازی میکروترک‌های بیشتری نسبت به لایه‌های چوبی دانسیتهٔ سبک‌تر دارند. این میکروترک‌ها باعث نفوذ بیش از حد چسب به داخل این ترک‌ها، استقرار ناکافی رزین در خط چسب، و کاهش استحکام محل اتصال لایه با چوب می‌شود. بر این اساس، روکش و لایهٔ به‌دست‌آمده، به‌ترتیب از گونه‌های چوبی نراد با دانسیتهٔ ۰/۴۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، راش با دانسیتهٔ ۰/۵۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، و بلوط با دانسیتهٔ ۰/۶۷ گرم بر

www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌متر مکعب با کیفیت‌ترند. شایان ذکر است که pH گونه‌های چوبی مختلف متغیر بوده و اغلب بین ۳ تا ۶ است. گونهٔ چوبی بلوط با pH ۴/۳۰ از دو گونهٔ راش و نراد اسیدی‌تر است. این امر موجب می‌شود که سرعت پلیمریزاسیون رزین قبل از فشرده‌سازی نهایی افزایش یابد و پیوندهای ضعیفی در خط چسب تشکیل شود [۱۶]. شایان ذکر است که بر اثر اعمال توأم حرارت و فشار پرس به تخته‌ردیفی لایه‌های رویی فشرده و بخشی از فضاهای خالی و حفره‌های هوا توسط رزین و خود مادهٔ چوبی جایگزین می‌شود. این امر سبب می‌شود که بسیاری از خصوصیات مکانیکی، از جمله MOR و MOE، درنتیجهٔ افزایش دانسیتهٔ لایه‌های سطحی، که در خمش بسیار مؤثر است، در تخته بهبود یابد [۱۷]. این روند برای گونه‌های کمتر از ۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، با به‌کارگیری فشاری تا حد ۱۰ مگاپاسگال، ملموس‌تر است. بر این اساس، با توجه به جرم ویژهٔ راش و بلوط، با دانسیتهٔ بالاتر از ۰/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، به‌ترتیب قابلیت فشردگی کمتری نسبت به نراد دارند؛ درنتیجه تخته‌های روکش‌شده با این گونه‌ها، با توجه به میزان کمتر فشار اعمال‌شده، مقاومت‌های مکانیکی پایین‌تری نیز دارند. با توجه به نتایج یادشده، اگر در ساخت تخته‌ردیفی از فشار پرس بالاتری استفاده می‌شد، شاید مقاومت خمشی تخته‌های پوشیده‌شده از گونهٔ چوبی بلوط بیشتر از دو گونه نراد و راش می‌شدند. اما در این صورت، به علت اعمال فشار زیاد اتصالات باریکه‌ها در لایهٔ میانی، به‌خصوص اتصال مورب و ساده، صدمه می‌دیدند. همان‌طور که در جدول۲ ملاحظه می‌شود، مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ردیفی ساخته‌شده با گونهٔ روکش چوبی نراد نسبت به دو گونهٔ روکش چوبی راش و بلوط بیشتر است. با توجه به تأثیرپذیری مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ردیفی از مدول الاستیسیتهٔ لایه‌های سطحی زیرین و رویی، با افزایش مدول الاستیسیتهٔ لایه‌های سطحی، مدول الاستیسیتهٔ کل تخته‌ردیفی افزایش می‌یابد. براساس گزارش آزمایشگاه تولیدات جنگلی امریکا (۲۰۱۰) میزان مدول الاستیسیتهٔ نراد، راش، و بلوط به ترتیب برابر ۱۳۴۴۸ نیوتن بر میلی‌متر مربع، ۱۱۸۶۲ نیوتن بر میلی‌متر مربع، و ۱۱۳۱۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع است. ازاین‌رو، می‌توان انتظار داشت مدول الاستیسیتهٔ تخته‌ردیفی حاصل از روکش نراد با توجه به اینکه مقاومت سطحی‌ترین لایه‌ها مؤثرترین فاکتور بر روی مقاومت‌های خمشی است، بیشتر از راش و بلوط باشد [۱۶].

در تخته‌های ردیفی موازی، تأثیر متقابل نوع اتصال، نوع چسب مصرفی در خط چسب، و نوع گونهٔ روکش مصرفی بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در سطح ۹۵ درصد معنادار بوده است (جدول۱). همچنین، تأثیر مستقل هریک از متغیرهای بررسی‌شده بر روی مدول الاستیسیتهٔ تخته‌های متقاطع در سطح ۹۵ درصد معنادار بوده است. درحالی‌که اثر متقابل سه‌گانه و دوگانهٔ این متغیرها بر روی مدول الاستیسیتهٔ تخته‌های متقاطع معنادار نبوده است. حداکثر مقاومت خمشی برای تخته‌ردیفی ساخته‌شدهٔ متقاطع با اتصال نیم‌ونیم در لایه‌های میانی، گونهٔ روکش نراد در لایه‌های رویی و چسب ملامین‌فرمالدئید+ اوره‌فرمالدئید (۵۰:۵۰) در خط چسب با مقدار ۴۸/۴۸ نیوتن بر میلی‌متر مربع است (شکل ۵). این مقدار برای تخته‌های موازی برابر ۴۰/۵۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع بوده است.

www.SID.ir

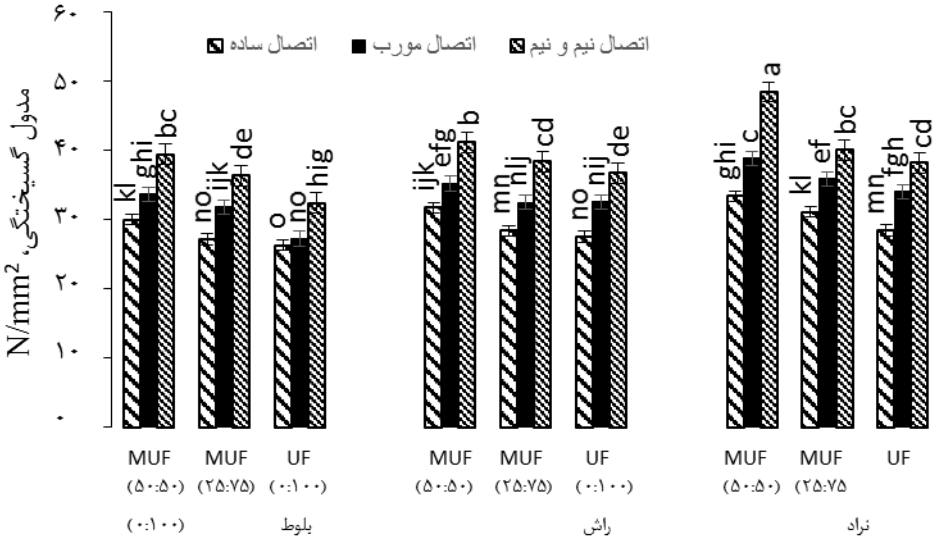
Archive of SID

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس اثر مستقل و متقابل عامل‌های متغیر بر مدول گسیختگی و الاستیسیته

منابع تغییر	مدول گسیختگی (مدول الاستیسیته)، N/mm^2	مجموع مربعات	درجهٔ آزادی	مربع میانگین	F	Sig.
مدل کنترل	موازی (MOR)	۱۹۵۶/۲	۲۶	۷۵/۲	۲/۲	۰/۰۰۱
	موازی (MOE)	(۸۱۲۲۰۰۰)	۲۶	(۳۱۲۳۹۰)	(۱۵۶)	۰/۰۰۱
	متقاطع(MOR	۱۰۲/۱	۲۶	۸۰/۸	۶۱/۶	۰/۰۱
	متقاطع (MOE)	(۱۳۸۰۰۰۰۰)	۲۶	(۵۳۰۷۱۶)	(۱۲/۵)	۰/۰۱
نوع اتصال	موازی (MOR)	۷۸۲/۶	۲	۳۹۱/۳	۱/۱	۰/۰۰۱
	موازی (MOE)	(۲۸۳۴۰۰۰)	۲	(۱۴۱۷۰۰)	(۷۱۰)	۰/۰۱
	متقاطع(MOR	۱۲۶۷/۵	۲	۶۳۳/۷	۴۸۳/۱	۰/۰۱
	متقاطع (MOE)	(۷۵۰۴۰۰۰)	۲	(۳۷۵۲۰۰۰)	(۸۸/۷)	۰/۰۱
نوع رزین	موازی (MOR)	۵۰۶/۴	۲	۲۵۳/۲	۷/۵	۰/۰۰۱
	موازی (MOE)	(۴۹۷۱۴۶)	۲	(۲۴۸۵۷۳)	(۱۲۴۶)	۰/۰۱
	متقاطع(MOR	۳۹۹/۰	۲	۱۹۹/۵	۱۵۲/۱	۰/۰۱
	متقاطع (MOE)	(۷۹۷۰۲۰)		(۳۹۸۵۱۰)	(۹/۴)	۰/۰۱
نوع روکش	موازی (MOR)	۵۴۴/۷	۲	۲۷۲/۳	۸/۱	۰/۰۱
	موازی (MOE)	(۳۷۱۶۰۰۰)	۲	۱۸۵۸۰۰۰	(۹۳۱)	۰/۰۱
	متقاطع(MOR	۳۲۴/۶۶۳	۲	۱۶۲/۳۳۱	۱۲۳/۷	۰/۰۰۱
	متقاطع (MOE)	(۴۴۷۲۰۰۰)	۲	(۲۳۷۱۰۰۰)	(۵۶)	۰/۰۰۱
نوع اتصال و نوع رزین	موازی (MOR)	۵۰/۹۵۹	۴	۱۲/۷۴۰	۳۷۷/۴	۰/۰۱
	موازی (MOE)	(۳۰۰۲۵۰)	۴	(۷۵۰۶۲)	(۳۷۶)	۰/۰۱
	متقاطع(MOR	۲۶/۶۸۵	۴	۵/۶۱۰	۵/۱	۰/۰۱
	متقاطع (MOE)	(۹۷۵۲۰)	۴	(۲۸۳۴۰)	(۰/۵۷)	۰/۶۸
نوع اتصال و نوع روکش	موازی (MOR)	۸/۱۴۶	۴	۳/۸۲۵	۶۰/۳۴۴	۰/۰۱
	موازی (MOE)	(۲۷۳۶۸۵)	۴	(۶۸۴۲۱)	(۳۴۲)	۰/۰۰۱
	متقاطع(MOR	۲۲/۴۳۹	۴	۶/۹۳۴	۴/۳	۰/۰۱
	متقاطع (MOE)	(۴۰۴۵۱۰۰)	۴	(۱۰۱۱۲۷)	(۲/۳)	۰/۰۶
نوع رزین و نوع روکش	موازی (MOR)	۱۵/۳۰۲	۴	۵/۹۹۴	۱۱۳	۰/۰۱
	موازی (MOE)	(۱۵۰۶۹۵)	۴	(۳۷۶۷۳)	(۱۸۸)	۰/۰۱
	متقاطع(MOR	۲۷/۷۳۷	۴	۴/۲۵۳	۵/۲۸۷	۰/۰۱
	متقاطع (MOE)	(۶۵۳۸۹)	۴	(۱۶۳۴۷)	(۰/۳۹)	۰/۸۲
نوع اتصال، نوع رزین و روکش	موازی (MOR)	۴۷/۹۵۴	۸	۰/۰۳۴	۱۷۷/۶	۰/۰۱
	موازی (MOE)	(۳۴۹۸۴۷)	۸	(۴۳۷۳۰)	(۲۱۹)	۰/۰۱
	متقاطع(MOR	۳۴/۰۲۰	۸	۱/۳۱۲	۳/۲	۰/۰۱
	متقاطع (MOE)	(۱۸۸۴۸۹)	۸	(۲۳۵۵۹)	(۰/۵۶)	۰/۸
خطا (موازی، MOR)		۱/۸۲	۵۴	۰/۰۳۴		
خطا (موازی، MOE)		(۱۰۷۷۶)	(۵۴)	(۱۹۹)		
خطا (متقاطع، MOR)		۷۰/۸۳	۵۴	۱/۳		
خطا (متقاطع، MOE)		(۲۲۸۳۰۰۰)	(۵۴)	(۴۲۲۸۰)		

www.SID.ir

Archive of SID



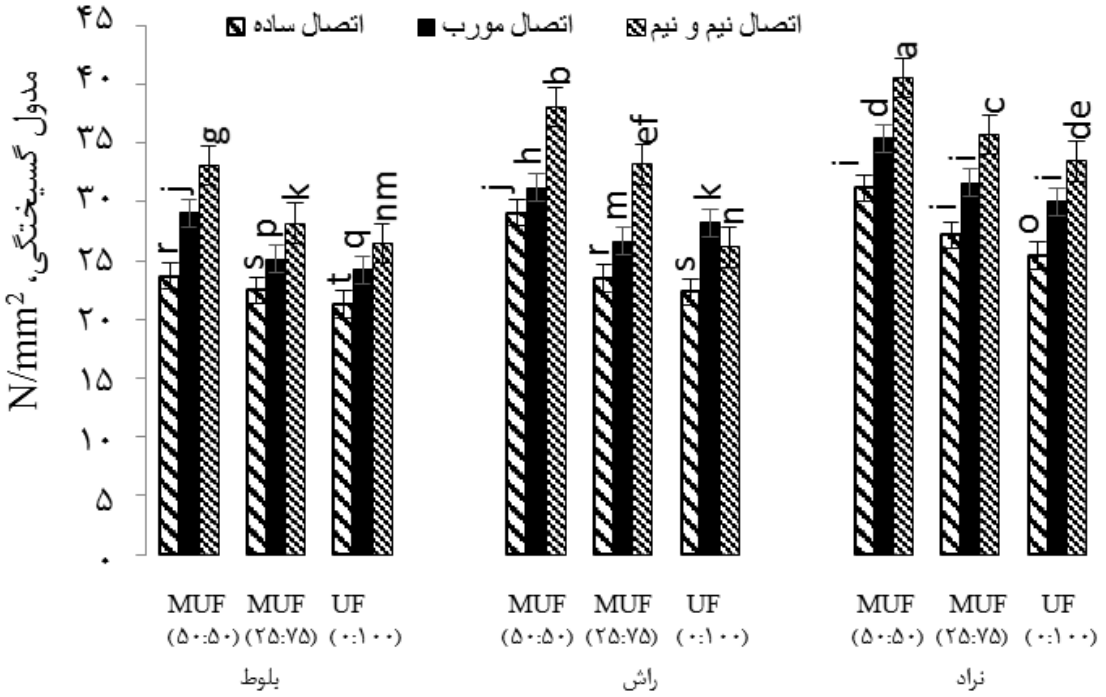
شکل ۵. اثر متقابل نوع اتصال و نوع گونهٔ روکش چوبی و نوع چسب بر MOR تخته‌های متقاطع

براساس آزمون t، اختلاف بین مقاومت‌های نمونه‌های تخته‌ردیفی با آرایش موازی و متقاطع در سطح ۹۵ درصد اطمینان آماری (برای مدول گسیختگی مقدار t برابر ۲۱/۸۶۳ و برای مدول الاستیسیتهٔ مقدار t برابر ۲۱/۷۲۹) معنادار بوده است. همچنین مشهود است خصوصیات مکانیکی تخته‌ردیفی متقاطع نسبت به تخته‌ردیفی موازی بالاتر است. بیشترین مدول الاستیسیته برای تخته‌ردیفی ساخته‌شدهٔ متقاطع با اتصال نیم‌ونیم در لایه‌های میانی، گونهٔ روکش نراد در لایه‌های رویی و چسب ملامین‌اوره‌فرمالدئید (۵۰:۵۰) در خط چسب و به مقدار9153 نیوتن بر میلی‌متر مربع و کمترین مدول الاستیسیته مربوط به تخته‌ردیفی ساخته‌شدهٔ موازی با اتصال ساده، چسب اوره‌ملامین‌فرمالدئید (۲۵:۷۵) و گونهٔ روکش راش و به مقدار ۲۷۱۳ نیوتن بر میلی‌متر مربع بوده است. بیشترین مقاومت خمشی برای تخته‌ردیفی ساخته‌شدهٔ موازی با اتصال نیم‌ونیم در لایه‌های میانی، گونهٔ روکش نراد در لایه‌های رویی و چسب ملامین‌اوره‌فرمالدئید (۵۰:۵۰) در خط چسب با مقدار ۴۰/۵۰ نیوتن بر میلی‌متر مربع است (شکل ۶). همچنین بیشترین مدول الاستیسیته برای تخته‌ردیفی ساخته‌شدهٔ موازی با اتصال نیم‌ونیم در لایه‌های میانی، گونهٔ روکش نراد در لایه‌های رویی و چسب ملامین‌اوره‌فرمالدئید (۵۰:۵۰) در خط چسب با مقدار 9150 نیوتن بر میلی‌متر مربع به‌دست آمده است.

باتوجه به شکل‌های ۵ و ۶ و آزمون t، تخته‌ردیفی متقاطع نسبت به تخته‌ردیفی موازی مقاومت خمشی بیشتری دارد. در جریان مونتاژ و ساخت تخته‌ها، عملاً هیچ‌گونه اتصال یا رزینی بین باریکه‌ها استفاده نشد (به‌استثنای دوخت پنوماتیک).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۶. اثر متقابل نوع اتصال، نوع گونهٔ روکش چوبی، و نوع چسب بر MOR تخته‌های موازی

طی بارگذاری خمشی، لایه‌های سطحی تخته‌های موازی درنتیجه ایجاد نیروی برشی ایجادشده در بین باریکه‌ها توان کمتری در تحمل بار کششی و فشاری ایجادشده در لایه‌های زیرین و رویی را دارند، زیرا به‌طورکلی مقاومت کششی لایه‌های چوبی در جهت عمود بر استقرار الیاف درنتیجه تأثیرگذاری تنها اتصال‌دهندهٔ طبیعی همچون لیگنین موجود بین الیاف، که ماده‌ای نه‌چندان محکم است، کم است. ازاین‌رو، لایه‌های سطحی در راستای استقرار الیاف با اعمال بار کمتر گسیخته خواهند شد. درحالی‌که در تخته‌های متقاطع به‌دلیل آنکه بار کششی و فشاری اعمال‌شده در آزمون خمش به لایه‌های سطحی پایینی و بالایی در جهت استقرار الیاف این لایه‌ها بوده و با توجه به اینکه الیاف چوبی به‌دلیل استقرار زنجیره‌های مستحکم سلولزی در راستای طول الیاف مقاومت بیشتری دارند [۱۸]، سبب خواهد شد تحمل بار برای این تخته‌ها افزایش یابد. درواقع، تنش ایجادشده درنتیجهٔ ضعف مقاومت چسبندگی بین الیاف و لایه‌های چوبی موجب می‌شود تنش برشی بین لایه‌ها (بین الیاف) به گسیختگی لایه در راستای استقرار طول الیاف [۱۹] در تخته‌های موازی منجر شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. گروه‌بندی دانکن مقاومت مکانیکی تخته‌ردیفی*

تیمار	متغیرهای مستقل			مدول الاستیسیته، N/mm^2		مدول گسیختگی، N/mm^2	
	گونه روکش	نسبت MF/UF	نوع اتصال	متقاطع	موازی	متقاطع	موازی
۱	نراد	UF	ساده	۵۵۴۰gh	۴۲۱۷l	۲۸/۴۹mn	۲۵/۴۴o
۲	راش			۳۷۰۹j	۲۷۱۳r	۲۷/۵۸no	۲۲/۳۲s
۳	بلوط			۴۰۰۴j	۲۲۲۶s	۲۶/۳۵o	۲۱/۲۹t
۴	نراد	MUF (۲۵:۷۵)		۶۱۱defg	۴۵۰۰i	۳۱/۱۶kl	۲۷/۱۷l
۵	راش			۴۴۱fj	۳۰۲۸q	۲۸/۴۵mn	۲۳/۴۹r
۶	بلوط			۴۱۹۵j	۲۱۴۸t	۲۷/۱۹no	۲۲/۴۷s
۷	نراد	MUF (۵۰:۵۰)		۶۹۹۹ cdef	۵۰۴۱de	۳۳/۴۱ghi	۳۱/۱۹i
۸	راش			۴۵۵۱hj	۳۹۳۳n	۳۱/۷۶ijk	۲۹/۰۸j
۹	بلوط			۴۵۲۲ hj	۳۶۲۷q	۳۰/۰۶kl	۲۳/۶۹r
۱۰	نراد	UF	مورب	۷۰۳۲ cdef	۴۹۲۴g	۳۴/۰۶fgh	۳۰/۰۳i
۱۱	راش			۶۴۹۴ defg	۴۷۰۷h	۳۲/۶۱hij	۲۸/۲۳k
۱۲	بلوط			۵۵۱۶gh	۳۶۱۴q	۲۷/۲۵no	۲۴/۲۳q
۱۳	نراد	MUF (۲۵:۷۵)		۷۰۳۱cdef	۵۰۶۴de	۳۵/۹۲ef	۳۱/۶۳i
۱۴	راش			۶۰۱۶efg	۴۵۳۸i	۳۲/۵۶hij	۲۶/۶۴m
۱۵	بلوط			۵۷۵۵fg	۳۵۶۸q	۳۱/۸۴ijk	۲۵/۱۰p
۱۶	نراد	MUF (۵۰:۵۰)		۷۳۷۲bcd	۵۱۰۷d	۳۸/۸۷c	۳۵/۳۸d
۱۷	راش			۶۶۷۴ cdefg	۵۰۲۱f	۳۵/۲۳efg	۳۱/۲۱h
۱۸	بلوط			۶۷۵۵ defg	۳۷۲۳o	۳۳/۷۱ghi	۲۹/۰۳j
۱۹	نراد	UF	نیم‌ونیم	۷۷۶۶bc	۵۶۵۵c	۳۸/۲۷cd	۳۳/۴۵de
۲۰	راش			۶۲۳۴ defg	۴۰۵۰m	۳۶/۷۵de	۲۶/۱۲n
۲۱	بلوط			۶۳۰۷ defg	۴۳۰۵k	۳۲/۴۴hij	۲۶/۴۲nm
۲۲	نراد	MUF (۲۵:۷۵)		۸۳۶۵ab	۵۷۳۰b	۴۰/۱۱bc	۳۵/۷۲c
۲۳	راش			۶۷۲۰ defg	۴۷۷۸h	۳۸/۴۵cd	۳۳/۱۶ef
۲۴	بلوط			۶۵۱۰ defg	۴۴۲۰j	۳۶/۴۱de	۲۸/۱۷k
۲۵	نراد	MUF (۵۰:۵۰)		۹۱۵۳a	۵۹۶۲a	۴۸/۴۸a	۴۰/۵۰ a
۲۶	راش			۷۱۶۵ cde	۵۶۱۸c	۴۱/۲۳b	۳۸/۰۱b
۲۷	بلوط			۶۵۵۸ cdefg	۳۶۴۰p	۳۹/۴۶bc	۳۳/۱۳g

* ضریب تغییرات همهٔ تیمارها کمتر از ۰/۱ بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، در ساخت تخته‌ردیفی برای داشتن حداکثر ظرفیت تحمل بار بر روی محل اتصال، کاربرد تخته‌ردیفی متقاطع و اتصال سربه‌سر نیم‌ونیم در لایهٔ میانی، به کاربرد دو اتصال مورب و سادهٔ سربه‌سر ترجیح داده می‌شود. همچنین، استفاده از روکش یا لایهٔ حاصل از گونه‌های سبک همچون نراد برای لایه‌های بیرونی و به‌کارگیری چسب ملامین‌اوره‌فرمالدئید تا حد ۲۵ تا ۵۰ درصد نسبت به رزین‌اوره در خط چسب برای دستیابی به خواص مکانیکی مناسب جهت هم مصارف داخلی و هم بیرونی ایده‌آل‌ترین حالت ممکن است.

www.SID.ir

Archive of SID

References

[1]. Mantanis, G.I., and Birbilis, D. (2012). Experimental characterization of shrinkage and density of Tamarix aphylla wood. Cellulose Chemistry and Technology, 46(5-6): 369-373.

[2]. Laufenberg, T., Ayrilmis, N., and White, R. (2006). Fire and bending properties of blockboard with fire retardant treated veneers. Holz als Roh- und Werkstoff, 64: 137–143.

[3]. Tabarsa, T., and Farsi, M. (2003). Examine the possibility of making the beam layer (LVL) connections. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 1(3): 68-71.

[4]. Ozcifc, A. (2007). Effects of scarf joints on bending strength and modulus of elasticity to laminated veneer lumber (LVL). Building and Environment, 42: 1510–1514.

[5]. 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 L.). Forest Studies in China, 14(3): 246–250.

[6]. Walford, G.B., (2000). Effect of finger length on finger-joint strength in radiata pine. In: World Conference on Timber Engineering, Jul.-Aug. 31-3 Whistler Resort, British Columbia, Canada, pp. 1-8.

[7]. Vassilios, V., Ioannis, B., and Sotorios, K. (2007). Effect of PVAc bonding on finger-joint strength of steamed and unsteamed beech wood (Fagus sylvatica). Journal of Applied Polymer Science, 103(3): 1665-1669.

[8]. Nazerian, M. (2013). The lamination influence on properties of agro-based particleboard. Wood Material Science and Engineering, 8(2): 129-138.

[9]. Norvydas, V., and Minelga, D. (2006). Strength and stiffness properties of furniture panels covered with different coatings. Materials Science, 12(4): 328-332.

[10]. Mao, A., Hassan, E.B., and Kim, M.G. (2013). Investigation of low mole ratio UF and UMF resins aimed at lowering the formaldehyde emission potential of wood composite boards. BioResources, 8(2): 2453-2469.

[11]. Standard Test Method for Flexural Properties of Sandwich Constructions. Annual Books of ASTM Standards, C 393-00. 2000.

[12]. Nazerian, M., and Dahmardeh Ghalehno, M. (2011). Technology of Plywood Manufacturing. Jihad – e –Daneshgahii Press. Tehran.

[13]. Fan, D.B., Li, J.Z., and Mao, A. (2006). Curing characteristics of low molar ratio urea formaldehyde resins. Journal of Adhesive and Interfaces, 7(4): 45-52.

[14]. Zhang, J., Wang, X., Zhang, S., Gao, Q., and Li, J. (2013). Effects of melamine addition stage on the performance and curing behavior of melamine-urea-formaldehyde (MUF) resin. BioResources, 8(4): 5500-5514.

[15]. Hse, C.Y. (2009). Development of melamine modified urea formaldehyde resins based on strong acidic pH catalyzed urea formaldehyde polymer. Forest Products journal, 59(5): 19-24.

[16]. Forest Products Laboratory. (2010). Wood handbook—Wood as an engineering material. General technical report FPL-GTR-190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. PP 508.

[17]. Wang, X., Ross, R.J., Brashaw, B.K., Verhey, S.A., Formsan, J.W., and Ericson, J.R. (2003).

www.SID.ir

Archive of SID

Flexural properties of laminated veneer lumber manufactured from ultrasonically rated red maple veneer. Forest Product Laboratory, FPL-RN-0288.

[18]. Kretschmann, D.E., and Green, D.W. (1996). Modeling moisture content- property relationships for clear southern pine. Wood and Fiber Science, 28(3): 320-337.

[19]. Mark, R.E. (1967). Cell Wall Mechanics of Tracheids, Yale University Press, New Haven, USA.

www.SID.ir