Archive of SID

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ٦٩، شماره ١، بهار ١٣٩٥

تاریخ دریافت: ١٣٩٣/٠٣/٢٣
تاریخ پذیرش: ١٣٩٣/١١/٠٦

ص ١٩٩-٢١٤

خصوصیات مکانیکی پانل‌ساندویچی سبک ساخته‌شده از ساقهٔ آفتابگردان و ضایعات لایهٔ صنوبر

❖ **محمد شمسیان***؛ استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه زابل، زابل، ایران
❖ **طه سخندان؛** دانشجوی کارشناسی ارشد فراورده‌های چندسازهٔ چوبی دانشگاه زابل، زابل، ایران
❖ **حمیدرضا منصوری؛** استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه زابل، زابل، ایران
❖ **علی بیات کشکولی؛** دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه زابل، زابل، ایران

چکیده

پانل‌های ساندویچی چوبی به‌دلیل ساختار منحصربه‌فرد خود، ویژگی‌های خاصی دارند که مهم‌ترین آنها را می‌توان مقاومت مکانیکی زیاد نسبت به وزن کم دانست. این پانل‌ها می‌توانند جایگزین مناسبی برای سیستم‌های سنتی ساختمان در ایران باشند. هدف این پژوهش بررسی خصوصیات مکانیکی پانل ساندویچی سبک‌وزن ساخته‌شده از پسماند ساقهٔ آفتابگردان و ضایعات لایهٔ صنوبر است. برای ساخت این نوع پانل از چسب ملامین/اوره فرمالدئید با نسبت‌های (٨٠:٢٠، ٦٥:٣٥، ٥٠:٥٠)، خرده‌های ساقهٔ آفتابگردان و ضایعات لایهٔ صنوبر با نسبت اختلاط (١٠٠:٠، ٧٥:٢٥، ٥٠:٥٠، ٢٥:٧٥، ٠:١٠٠) و لایهٔ صنوبر ١/٨ میلی‌متری برای سطوح پانل و پرس یک‌مرحله‌ای استفاده شد. آزمون‌های مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی و مقاومت به فشار موازی الیاف به‌ترتیب مطابق با استاندارد ASTM آیین‌نامهٔ C393، D1037 و C364 انجام گرفته است. نتایج آزمون‌های مکانیکی توسط تجزیهٔ واریانس و گروه‌بندی میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن با سطح اطمینان ٩٥ درصد تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج بیانگر این بود که با افزایش نسبت ملامین به اوره فرمالدئید مقاومت‌ها به‌صورت چشمگیری افزایش پیدا کرد. پانل‌ها با مغزی خالص ساقهٔ آفتابگردان و لایهٔ صنوبر به‌ترتیب بیشترین مقاومت خمشی ١٩ و ٢٥ مگاپاسکال، مدول الاستیسیتهٔ ٦٠٠٣ و ٨٠٠٤ مگاپاسکال و چسبندگی داخلی ٠/٣١ و ٠/٤٣ مگاپاسکال را داشتند. در زمینهٔ مقاومت به فشار موازی، الیاف پانل ساندویچی با مغزی خالص ساقهٔ آفتابگردان با ٦/٩ مگاپاسکال بیشترین مقاومت را داشت و با افزایش نسبت اختلاط ساقهٔ آفتابگردان با خرده لایهٔ صنوبر در مغزی، مقاومت‌ها کاهش یافت.

واژگان کلیدی: پانل ساندویچی، پانل سبک‌وزن، خصوصیات مکانیکی، ساقهٔ آفتابگردان، ملامین/اوره فرمالدئید.

*نویسنده مسئول، تلفن: ٠٩١٢٣٣٢٧٨٠٥
Email: mohammadshamsian@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

با افزایش روند مصرف فراورده‌های چوبی در بخش‌های مختلف ساختمان‌ها، نیاز به تأمین منابع اولیهٔ صنایع تولیدکنندهٔ پانل‌های ساختمانی بیشتر به‌چشم می‌خورد؛ مواد اولیهٔ گسترده‌ای در ساخت انواع پانل ساختمانی استفاده می‌شود که مواد لیگنوسلولزی از مهم‌ترین آنها به‌شمار می‌روند و بیشترین سهم از این گروه متعلق به چوب است.

با توجه به محدود بودن منابع جنگلی ایران و سیاست حفظ محیط زیست و صیانت از جنگل‌های تأمین‌کنندهٔ چوب در کشور، بدیهی است یکی از چالش‌های مهم صاحبان صنعت ساخت صفحات فشرده و پانل‌های چوبی، تأمین حجم مورد نیاز مواد اولیهٔ خط تولید و کاهش هزینهٔ تهیهٔ مواد اولیه در دوره‌های مختلف زمانی است که نیازمند برنامه‌ریزی گسترده و همه‌جانبه به‌منظور جبران کمبود مواد چوبی است. در این میان استفادهٔ بهینه از مواد اولیهٔ لیگنوسلولزی کشور ضروری و اجتناب‌ناپذیر است. ازاین‌رو با توجه به این محدودیت‌ها، استفاده از مواد لیگنوسلولزی به‌دست‌آمده از پسماندهای کشاورزی و شناخت منابع لیگنوسلولزی کشور و نحوهٔ کاربرد اصولی آنها، قبل از هر اقدامی، ضروری و اجتناب‌ناپذیر است.

یکی از منابع لیگنوسلولزی به‌دست‌آمده از پسماندهای کشاورزی، پسماند ساقهٔ گیاه آفتابگردان است که هم‌اکنون در بخش بزرگی از اراضی کشاورزی ۲۲ استان کشت می‌شود. برپایهٔ آمارهای سال ۱۳۸۸ وزارت جهاد کشاورزی، سطح کل برداشت آفتابگردان در سال زراعی ۱۳۸۷ در کشور ٦٣٩٦٨ هکتار بوده که از این سطح، در کل ۸۹٤٤۰ تن آفتابگردان برداشت شده است [۱]. ساقهٔ آفتابگردان به‌دلیل ارزش غذایی اندک، برای تغذیهٔ دام مناسب نیست. این حجم چشمگیر سالانه بعد از برداشت محصول مدت زیادی در زمین کشاورزی بدون استفاده باقی می‌ماند و در نهایت توسط کشاورزان با صرف هزینه های بسیار زیاد سوزانده و به خاکستر تبدیل شده یا در فرایند شخم‌زنی دفن می شود؛ درصورتی که از این ماده می‌توان به‌عنوان جزء اصلی تشکیل‌دهندهٔ پانل‌های ساختمانی چوبی سبک‌وزن استفاده کرد.

پانل‌های ساندویچی سبک و عایق ساخته‌شدهٔ حاصل از منابع لیگنوسلولزی، در بسیاری از کشورهای صنعتی و در حال توسعه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است که دلیل آن را می‌توان تنوع کاربرد در قسمت‌های مختلف اجزای ساختمان، فرایند به‌نسبت سادهٔ تولید، انعطاف‌پذیری بسیار زیاد در مواد اولیه و همچنین پتانسیل زیاد در ایجاد اشتغال ذکر کرد. بدین سبب استفادهٔ مطلوب از منابع لیگنوسلولزی و بهبود کیفیت فراورده‌های تولیدی صنایع تولیدکنندهٔ پانل‌های چوبی که تأکید ویژه‌ای بر مصرف پسماند، پوست درختان و مواد لیگنوسلولزی حاصل از مزارع کشاورزی و درختان باغی کم‌ارزش دارند، جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است.

پژوهش حاضر به بررسی خصوصیات مکانیکی و امکان استفاده از ضایعات ساقهٔ آفتابگردان و لایهٔ صنوبر در ساخت پانل ساندویچی سبک می‌پردازد. به‌واسطهٔ استفاده از پسماندهای لیگنوسلولزی کشاورزی، می‌توان پانل‌های ساندویچی با اجزا و مواد اولیهٔ سبک و مقاوم در برابر تنش ساخت؛ علاوه‌بر این، با انتخاب نسبت صحیح مواد اولیه، می‌توان پانل‌هایی به‌دست آورد که در برابر رطوبت، عوامل جوی و ...

www.SID.ir

Archive of SID

مقاوم باشند. همچنین اتصال مغزی به سطوحی باکیفیت بهتر، راهکار کارامدی برای مقاومت مطلوب پانل‌ها در برابر خمش و بارهاست. سختی و مقاومت زیاد نسبت به وزن پانل ساندویچی تولیدشده، موجب استفاده از آن در فضاپیماها، ساختمان هواپیماها، کشتی‌های نیروی دریایی، قطارها و کامیون‌ها، تانک‌ها، کانتینرها و اجزای بدنهٔ ماشین و نیز در ساختمان‌سازی شده است. این پانل‌ها به‌واسطهٔ نوع کاربرد در قسمت‌های مختلف اجزای ساختمان، فرایند به‌نسبت سادهٔ تولید و همچنین انعطاف‌پذیری بسیار زیاد در مواد اولیهٔ لازم، برای استفاده در ساختمان‌ها مناسب است و در صنعت ساختمان به‌صورت وسیعی در دیواره‌ها، سقف، کف و رویهٔ درها کاربرد زیادی دارد.

تحقیقات متعددی در زمینهٔ ساخت پانل‌های ساندویچی و استفاده از ضایعات ساقهٔ آفتابگردان صورت گرفته است که به مرور برخی از مهم‌ترین آنها پرداخته می‌شود.

جرت ججنسن (۱۹۷۷) پژوهشی در مورد استفاده از ساقهٔ آفتابگردان در ساختن تخته خرده‌چوب انجام داد؛ وی با روش‌های مختلف ساقهٔ آفتابگردان را مغزگیری کرد و با مخلوط آنها و خرده‌چوب‌های صنوبر، اقدام به ساخت تخته کرد. نتایج تحقیق وی نشان داد که خواص فیزیکی و مکانیکی تختهٔ ساخته‌شده با افزوده شدن ساقهٔ آفتابگردان به ترکیب مادهٔ چوبی افزایش یافت و تخته‌هایی که از اختلاط ۵۰ درصد صنوبر و ۵۰ درصد ساقهٔ آفتابگردان مغزگیری‌شده بودند، بیشترین افزایش را نشان دادند [۲].

کریستوا و همکاران (۱۹۹۸) بیان داشتند که تخته‌های ساخته‌شده از ساقهٔ آفتابگردان بدون مغز با دانسیتهٔ متوسط، دارای ویژگی‌های مقاومتی استاندارد است و برای مصارف مبلمان و تزیینی توصیه می‌شود [۳].

اینس و همکاران (۲۰۰۵) مقاومت خمشی، مدول کشسانی و مقاومت به نیروی کششی ساقهٔ آفتابگردان با کمترین میزان مغز ساقه (۲۰ درصد) را برای به‌کارگیری در ترکیب تخته‌های با دانسیتهٔ متوسط بررسی کردند. نتایج نشان داد تخته‌های به‌دست‌آمده، ویژگی‌های مقاومتی ضعیفی برای ساخت مبلمان و بسته‌بندی داشتند [٤].

رسام و همکاران (۲۰۱۲) امکان استفاده از ساقهٔ آفتابگردان به‌منظور ساخت تخته خرده‌چوب سبک با دانسیتهٔ کم را بررسی کردند. نتایج این پژوهش بیانگر این بود که استفاده از خرده‌های ساقهٔ آفتابگردان در تخته سبب افزایش واکشیدگی ضخامت طی ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب، میرایی صوتی، همچنین افزایش مقاومت خمشی، مدول کشسانی و چسبندگی درونی شد. با استفاده از ۷۰ درصد ساقهٔ آفتابگردان و رزین ایزوسیانات تخته‌هایی با ویژگی‌های کاربردی قابل قبول و مناسب برای مصارف داخلی ساختمان تولید می‌شود [۱].

دوایگاو و همکاران (۲۰۱۱) خصوصیات مکانیکی مواد ساندویچی را بررسی کردند که هر کدام صددرصد از منابع زیستی بودند و با روش قالب‌گیری کیف خلأ[1] ساخته شده بودند. زمان قالب‌گیری و دمای مطلوب برای اطمینان از اشباع خوب و اجتناب از تخریب، به‌ترتیب ٦۰ دقیقه و ۱۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد بود. خصوصیات مکانیکی پانل‌های ساندویچی از منابع

1. Vacuum bag moulding

www.SID.ir

Archive of SID

زیستی نسبت به پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده از الیاف شیشه‌ای سنتی، پلی‌استر و بالزا مطلوب‌تر بود. همچنین میانگین مقاومت خمشی ۳۰ درصد کمتر از پیش‌بینی‌ها بود [۵].

سمپاترجن و ویجی یارگاون (۱۹۹۲) بررسی‌هایی را به‌منظور ساخت تخته خرده‌چوب عایق با استفاده از پنج نوع از ضایعات لیگنوسلولزی کشاورزی انجام دادند و مشاهده کردند که تخته‌های ساخته‌شده از ساقهٔ ذرت دارای حداکثر عامل تصفیه و حذف سر و صدای مزاحم (نویز) صوت بودند، به‌طوری که ساخت تخته خرده‌چوب معمولی از همین ضایعات نشان داد که تخته‌های ساخته‌شده از ساقهٔ ذرت، کیفیت بهتری ازنظر خواص مکانیکی و مقاومت به نگهداری پیچ و میخ نسبت به بقیهٔ تخته‌ها دارند و برای استفاده در داخل ساختمان پیشنهاد می‌شوند [٦].

باربا‌تس و واسیلیو (۲۰۰۵) با بررسی خواص مقاومتی پانل ساندویچی با مغزی لانه‌زنبوری کاغذی و سطوحی از جنس تخته خرده‌چوب، نتیجه گرفتند که مقاومت به ضربهٔ خمشی پانل‌های ساخته‌شده بسیار زیاد است. همچنین توان خمشی در مقابل ضربهٔ این پانل نسبت به دانسیته و ضخامتش زیاد و قابل قبول بوده و بیشتر از توان خمشی تخته خرده‌چوب است [۷].

شالبافان و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی پانل‌های چوبی سبک‌وزن ساخته‌شده از مغزی‌های فومی، تأثیر ضخامت پوسته و نوع مغزی بر مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی و مقاومت ویژهٔ پانل‌های تولید شده را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش ضخامت سطح، مقاومت خمشی پانل‌ها افزایش می‌یابد [۸].

چن و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی مدول الاستیسیتهٔ پانل ساندویچی ساخته‌شده از مغزی لانه زنبوری کاغذ کرافت و پوسته از جنس MDF پرداختند. نتایج تحلیل نشان می‌دهد که کاهش نسبت ضخامت مغزی به پوسته در این پانل‌ها موجب افزایش مدول الاستیسیته می‌شود و نمونه‌های ساخته شده با ضخامت مغزی کمتر و ضخامت پوستهٔ بیشتر، مدول الاستیسیتهٔ بیشتری دارند [۹].

خطیبی و رحیمی (۲۰۰٤) خواص فیزیکی و مکانیکی پانل ساندویچی ساخته‌شده از مغزی پلی‌پروپیلن و پوسته‌هایی از جنس کامپوزیت‌های چوبی را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که این ساختارها در مقابل فشار همانند فنر عمل می‌کنند و برای تغییر شکل آنها انرژی به‌نسبت زیادی لازم است. براساس نتایج این تحقیق، افزایش ضخامت لایهٔ میانی اثر چندانی بر خواص فشاری ندارد، اما خواص خمشی با افزایش ضخامت تا حد زیادی افزایش می‌یابد [۱۰].

غفرانی و همکاران (۲۰۱٤) به بررسی اثر نوع مغزی و پوسته بر مقاومت‌های مکانیکی پانل ساندویچی سبک‌وزن پرداختند. نتایج نشان داد که مقاومت‌های مکانیکی پانل ساخته شده از مغزی فوم پلی‌اورتان، به‌دلیل تراکم بیشتر و سطح اتصال مناسب با پوسته، نسبت به پانل سبک‌وزن ساخته‌شده از مغزی لانه‌زنبوری کاغذ کرافت بیشتر بود. در نمونه‌های ساخته‌شده از پوستهٔ MDF، با افزایش ضخامت پوسته، مقاومت‌های پانل ساندویچی افزایش یافت و بهترین نتایج در پانل ساندویچی ساخته‌شده از پوستهٔ تخته لایه و مغزی فوم پلی‌اورتان به‌دست آمد [۱۱].

www.SID.ir

Archive of SID

صفاری و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تأثیر نوع پوسته و نوع چسب مصرفی بر خواص مکانیکی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده از کاغذ لانه‌زنبوری دریافتند که بیشترین مقادیر خواص مکانیکی متعلق به تیمارهای تخته فیبر سخت و با استفاده از چسب اپوکسی، و بهترین ترکیب برای ساخت پانل‌های ساندویچی چوبی، ترکیب چسب اپوکسی و تخته فیبر سخت دورو صاف بدون روکش است [۱۲].

مزینانی و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی، پانل‌های ساندویچی با مغزی بالزا و شبکهٔ لانه‌زنبوری را از دیدگاه نظری و تجربی مقایسه کردند. آنان از بالزا و لانه‌زنبوری در لایهٔ میانی استفاده کردند. وزن سازهٔ پانل را توسط مغزی بالزا کاهش دادند و بهترین خواص را از نظر سبکی و افزایش استحکام به‌دست آورند. مغزی بالزا در مقایسه با مغزی لانه زنبوری دارای مزایای بیشتری مانند استحکام کششی و فشاری زیاد، تنش برشی و مدول برشی و سفتی خمشی زیاد بوده و نسبت استحکام به وزن مغزی بالزا نسبت به لانه‌زنبوری بیشتر از پنج برابر است. آنان با توجه به مقایسهٔ نتایج کاهش مصرف سوخت، ویژگی‌هایی مانند افزایش توان باربری با توجه به کاهش وزن مواد مصرفی در ساخت شناور (که یکی از عامل‌های بسیار مهم در شناورهای تندرو با کاربری نظامی است)، افزایش شتاب، استحکام بدنهٔ شناور و در نتیجه قابلیت افزایش عملیات در فشارهای شدید را عنوان کردند [۱۳].

نو و کیم (۲۰۰۷) ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب ساخته شده از رزین اوره ملامین فرمالدئید را بررسی و با تخته خرده‌چوب ساخته‌شده از اوره فرمالدئید مقایسه کردند. یافته‌های آنها نشان می‌دهد که تخته‌های حاصل از رزین اوره ملامین فرمالدئید خصوصیات فیزیکی بهتری دارند و سبب کاهش انتشار فرمالدئید تخته خرده‌چوب و تخته‌های مشابه می‌شوند [۱٤].

تام یورا و همکاران (۲۰۰۱) اثر مقدار ملامین موجود در رزین ملامین اوره فرمالدئید را بر ساختار رزین گیرا شده بررسی کردند. آنها نتیجه گرفتند که با افزایش نسبت ملامین به دلیل افزایش پیوند عرضی در ساختار نهایی رزین گیراشده، قدرت اتصال بهبود می‌یابد [۱۵].

مطابق با موارد ذکرشده هدف از این پژوهش بررسی خواص مکانیکی پانل ساندوچی سبک و تعیین حد مطلوب نسبت‌های چسب ملامین/اوره فرمالدئید و همچنین ساقهٔ آفتابگردان به ضایعات لایهٔ صنوبر در لایهٔ میانی است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش به‌منظور ساخت پانل ساندویچی سبک، از ضایعات ساقهٔ آفتابگردان و ضایعات لایهٔ صنوبر برای مغزی و لایهٔ صنوبر برای رویه استفاده شده است. خرده‌های ضایعات ساقهٔ آفتابگردان و ضایعات لایهٔ صنوبر در پنج سطح (۰:۱۰۰، ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و ۱۰۰:۰) با همدیگر مخلوط و استفاده شد. به‌منظور چسباندن خرده‌ها از ۳ نسبت چسب ملامین – اوره فرم الدئید (۸۰:۲۰، ۶۵:۳۵ و ۵۰:۵۰) استفاده شد (جدول ۱). بنابراین ۱۵ (۳×۵) تیمار وجود دارد که هر کدام با سه تکرار انجام گرفته و در کل ٤۵ پانل ساخته شده است.

مواد استفاده‌شده به شرح زیر است:

www.SID.ir

Archive of SID

ضـایعات سـاقهٔ آفتـابگردان: سـاقهٔ آفتـابگردان از زمین‌های کشاورزی روستای بدل‌آباد شهرستان خـوی تهیه و به‌منظور خشک شدن دو هفته در معـرض نـور خورشـید در هـوای آزاد قـرار داده شـد. سـاقه‌هـا بـا استفاده از دستگاه خرمن‌کـوب خـرد و تـا رطوبـت ٦ درصد تحـت تـابش آفتـاب شهرسـتان زابـل خشـک شدند. برای اطمینان از خشک شدن خرده‌هـای سـاقهٔ آفتابگردان به میـزان ٦ درصـد، رطوبـت خـرده‌هـا بـا استفاده از دستگاه اتوو اندازه‌گیری شد. سپس خرده‌ها همراه با مغزی ساقه با اسـتفاده از الـک آزمایشـگاهی دانشگاه زابل الک شد. در ایـن مرحلـه الـک‌هـایی بـا سوراخ‌های ۱۰ میلی‌متری و ٦ میلـی‌متـری و هـر بـار به‌مدت ۳ دقیقه به‌کار گرفته شد و از ذرات باقی‌مانـده بر روی الک ٦ میلی‌متری در این پژوهش استفاده شد.

لایهٔ صنوبر: لایه‌هـا از کارخانـهٔ بـرادران گوشـچی شهرستان خوی فراهم شد. لایه‌ها با دستگاه لوله‌بر بـه ضخامت ۱/۸ میلـی‌متـر تهیـه شـد و سـپس در اتـاق خشک‌کنی کارخانه به‌مدت دو روز بـه‌منظـور کـاهش رطوبت تا ۸ درصد قرار گرفت. پس از خشک شـدن، لایه‌ها به ابعاد ٦۲×۵۲ سانتی‌متر برش خوردند و آمادهٔ استفاده شدند. همچنین ضایعات لوله‌بری صـنوبر نیـز از این کارخانه تهیه و با استفاده از خرمن‌کوب و الک آزمایشگاهی مشابه سـاقه‌هـای آفتـابگردان فـراوری و برای استفاده آماده شد.

چسب: چسب اوره فرمالدئید پـودری از کارخانـهٔ چسب سامد مشهد و چسب ملامین فرمالدئید پودری از کارخانهٔ چسب شیراز تهیه و با نسبت‌های ذکرشـده با هم مخلوط و بدون اسـتفاده از هـاردنر در سـاخت پانل‌ها استفاده شد. جـدول ۲ مشخصـات رزیـن‌هـای مایع به‌کاررفته در سطوح لایه‌ها را به‌اختصـار نمـایش می‌دهد.

تجزیه‌وتحلیل آماری در قالب طرح بلوک‌های کـاملاً تصادفی و طرح فاکتوریل برای تعیین اخـتلاف معنـی‌دار در سطح اطمینـان ۹۵ درصـد و بـا اسـتفاده از نـرم‌افـزار SPSS (نسـخهٔ ۲۰) انجـام گرفـت و بـرای مقایسـهٔ میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

جدول ۱. سطوح و علامت‌های متغیرهای پژوهش

نسبت ساقهٔ آفتابگردان به ضایعات لایهٔ صنوبر	نسبت رزین ملامین به اوره فرمالدئید		
	۲۰:۸۰	۳۵:٦۵	۵۰:۵۰
۰:۱۰۰	P100-M20	P100-M35	P100-M50
۲۵:۷۵	P75-M20	P75-M35	P75-M50
۵۰:۵۰	P50-M20	P50-M35	P50-M50
۷۵:۲۵	P25-M20	P25-M35	P25-M50
۱۰۰:۰	S100-M20	S100-M35	S100-M50

S: خرده ساقهٔ آفتابگردان، P: خرده لایهٔ صنوبر، M: ملامین فرمالدئید

جدول ۲. ویژگی رزین‌های استفاده‌شده

نوع رزین	دانسیته (gr/cm^3)	ویسکوزیته (cps)	زمان ژله‌ای شدن (s)	اسیدیته (pH)
اوره فرمالدئید	۱/۲۷	۳۵۰	۵۵	۷/۶
ملامین فرمالدئید	۱/۲۱	۴۴۵	۵۸	۹/۱

cps: centipoise

www.SID.ir

Archive of SID

ساخت پانل ساندویچی

بعد از تهیهٔ مواد، قالبی به ابعاد ۵۰ × ۶۰ سانتی‌متر برای تشکیل کیک ساخته شد. دانسیتهٔ هدف g/cm^3 ۰/٤ برای لایهٔ میانی پانل ساندویچی ثابت درنظر گرفته شد. خرده‌های ساقهٔ آفتابگردان و ضایعات لایهٔ صنوبر با نسبت‌های مذکور مخلوط شده و در دستگاه چسب‌زن آزمایشگاهی دانشگاه زابل با ۱۲ درصد چسب ملامین/اوره فرمالدئید و به‌صورت اسپری آب تا رساندن رطوبت کیک به ١٤ درصد و به‌صورت پودری به‌مدت ۱ دقیقه چسب‌زنی شد. دو لایهٔ صنوبر با ابعاد ۵۲ × ٦٢ سانتی‌متر برای هر پانل با استفاده از همان نسبت ملامین به اوره و با غلظت ۷۰ درصد و برمبنای ۱۰۰ گرم پودر چسب برای هر متر مربع رزین مایع آماده‌شده بر روی لایه‌ها با کاردک به‌صورت همسان و یکنواخت پخش شد. سپس قالب بر روی لایهٔ چسب‌زنی‌شده قرار گرفت و کیک لایهٔ میانی تشکیل و پیش‌پرس شد و لایهٔ صنوبر دوم بعد از برداشتن قالب بر روی لایهٔ میانی قرار گرفت. سپس کیک نهایی ۱۵ دقیقه در داخل پرس گرم آزمایشگاهی دانشگاه زابل با دمای ۱۸۰ درجه، فشار kg/cm^2 ۳۰ بر روی پانل قرار گرفت. از دو شابلون به ضخامت ۲۵ میلی‌متر در فرایند پرس استفاده شد. پانل ساخته‌شده ۱۰ روز در محیط آزمایشگاه برای متعادل‌سازی باقی ماند و سپس برای تهیهٔ نمونهٔ آزمایشگاهی پانل‌ها برش خورد و آماده شد.

رطوبت

رطوبت کیک پانل ساندویچی متشکل از رطوبت خرده‌های ساقهٔ آفتابگردان و صنوبر، لایهٔ چوبی صنوبر سطوح پانل ساندویچی و همچنین رطوبت رزین مایع استفاده‌شده در سطح لایهٔ صنوبر و آب اسپری‌شده بر روی خرده‌ها در لایهٔ مغزی است. همچنین شایان ذکر است که رطوبت پانل بعد از پرس و متعادل‌سازی به‌صورت میانگین در حدود ٦ درصد اندازه‌گیری شد.

دانسیته

افزایش دانسیته عامل بسیار تأثیرگذاری بر بهبود ویژگی‌های مکانیکی پانل‌های ساختمانی سبک از جمله پانل‌های ساندویچی است؛ اما افزایش وزن در اجزای ساختمان‌ها موجب بروز مشکلاتی همچون برشکاری و ماشین‌کاری دشوار، افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل، زمان نصب و تحمیل بار مرده به سازهٔ ساختمان‌ها و ... می‌شود. یکی از راه‌های کاهش وزن و سبک‌سازی استفاده از مواد اولیهٔ سبک و فوق‌سبک در ساخت این گروه از پانل‌ها به‌خصوص در قسمت مغزی آنهاست. ساقهٔ آفتابگردان با دانسیتهٔ ۰/۳٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب و لایهٔ صنوبر و خرده‌های آن با دانسیتهٔ ۰/٤۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب در ساخت پانل ساندویچی با دانسیتهٔ هدف ۰/٤ گرم بر سانتی‌متر مکعب استفاده شد. بعد از ساخت پانل‌ها و متعادل‌سازی میانگین دانسیتهٔ نهایی پانل‌ها ۰/۳۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد.

ضریب فشردگی

محاسبهٔ ضریب فشردگی در همهٔ پانل‌های چوبی به‌خصوص پانل‌های دانسیتهٔ کم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ضریب فشردگی عبارت است از دانسیتهٔ پانل ساخته‌شده به دانسیتهٔ مادهٔ اولیهٔ لیگنوسلولزی مورد استفاده که در این پژوهش شامل خرده ساقهٔ آفتابگردان و ضایعات لایهٔ صنوبر است. پانل‌های ساخته‌شده دارای دانسیتهٔ ۰/۳۸ گرم بر

www.SID.ir

Archive of SID

سانتی‌متر مکعب بود و پانل‌هایی که از نسبت بیشتر ذرات ساقهٔ آفتابگردان تشکیل شده بودند ضریب فشردگی بالاتری داشتند.

آزمون‌های مکانیکی

در پانل‌های ساندویچی سطوح، مقاومت خمشی و لایهٔ مغزی، مقاومت برشی را تأمین می‌کند. مقاوم بودن در برابر تنش‌های واردشده به‌هنگام مصرف و اندازه‌گیری این مقاومت‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. با توجه به اینکه در برخی از موارد پانل‌های ساندویچی نقش دیوار باربر را دارند، در این پانل‌ها مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، چسبندگی داخلی و مقاومت به فشار موازی الیاف از ضروریات کار است که باید اندازه‌گیری شود. در آیین‌نامه‌های منتشرشدهٔ استاندارد آمریکا نیز این گروه از مقاومت‌ها به‌عنوان آزمون‌های اصلی معرفی شده است. بنابراین متناسب با هدف و استاندارد آمریکا آزمون‌های مقاومت به برش عمود بر الیاف (چسبندگی داخلی) و مقاومت به خمش و مدول الاستیسیته و مقاومت به فشار متناسب با کاربرد این پانل در این تحقیق مدنظر قرار گرفت.

نمونه‌های آزمون مکانیکی با استفاده از دستگاه تست مکانیکی (HounSFIELD-H25KS) گروه صنایع چوب دانشگاه زابل با سه تکرار مطابق شرایط زیر آزمایش شدند:

- نمونه‌های مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته مطابق استاندارد ASTM C393 و با طول و عرض به‌ترتیب ٤٢ و ۷/۵ سانتی‌متر با سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر در دقیقه آزمایش شدند [١٦].
- نمونه‌های چسبندگی داخلی مطابق استاندارد ASTM D1037 و با طول و عرض ۵ سانتی‌متر و با سرعت بارگذاری ۱ میلی‌متر در دقیقه آزمایش شدند [۱۷].
- نمونه‌های فشار موازی الیاف مطابق استاندارد ASTM C364 و با طول و عرض به‌ترتیب ۱۵ و ۵ سانتی‌متر آزمایش شدند [۱۸].

نتایج و بحث

نتایج مقاومت‌های مکانیکی توسط تجزیهٔ واریانس و گروه‌بندی میانگین‌ها با آزمون دانکن و با سطح اطمینان ۹۹ درصد تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج تجزیهٔ واریانس و میزان معنی‌داری در جدول ۲ ارائه شده است. در این جدول نسبت اختلاط ساقهٔ صنوبر و نسبت رزین ملاین اوره فرمالدئید و اثرگذاری متقابل آنها قرار داده شده است. همچنین جدول ٤ ضریب فشردگی لایهٔ میانی پانل ساندویچی ساخته‌شده را ارائه می‌کند.

جدول ۳. نتایج جدول‌های تجزیهٔ واریانس اثر عوامل مختلف بر مقاومت‌های مکانیکی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده

عوامل متغیر مستقل و متقابل	مقادیر F و معنی‌داری در آزمون‌های مکانیک			
	مقاومت خمشی	مدول الاستیسیته	چسبندگی داخلی	فشار موازی الیاف
نسبت ملامین به اوره فرمالدئید	۱۱۰/۵۴**	۲۵۶/۸۱**	۶۵/۲۴**	۲/۸۵ (ns)
نسبت آفتابگردان به صنوبر	۹۰۴/۷۳**	۲۷۳۳/۳۹**	۶۶۵/۸۱**	۳۲/۸۳**
نسبت رزین × نسبت اختلاط مادهٔ اولیه	۲/۸۹*	۸/۸۲**	۲/۲۹*	۰/۶۲ (ns)
ضریب تغییرات	۰/۹۹۲	۰/۹۹۷	۰/۹۸۹	۰/۸۲۶

*معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد، **معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد، (ns) فاقد اثر معنی‌دار

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤. چگالی ذرات و ضریب فشردگی مواد لایهٔ میانی در دانسیتهٔ $0/38\ g/cm^3$

نوع مادهٔ اولیه	میانگین دانسیته	ضریب فشردگی
ساقهٔ آفتابگردان	۰/۳۶	۱/۰۵۵
ضایعات لایهٔ صنوبر	۰/۴۹	۰/۷۷۵

مقاومت خمشی

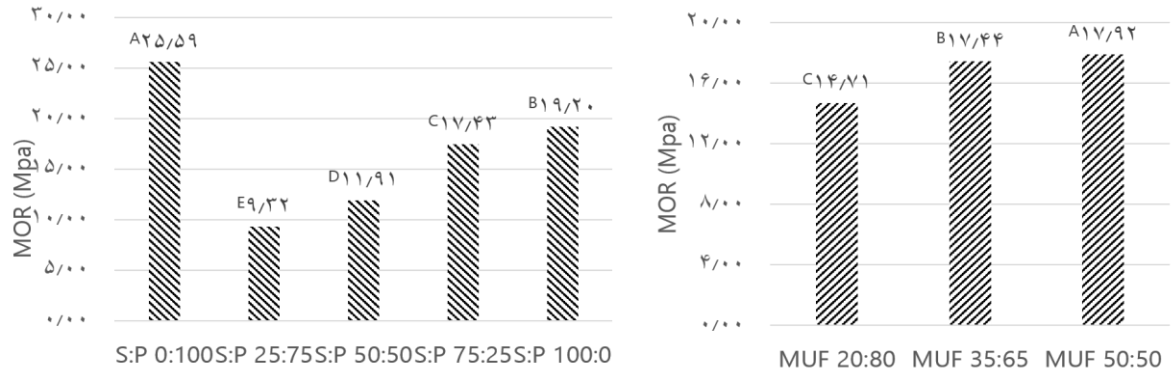
آزمون مقاومت خمشی یکی از مهم‌ترین آزمون‌های تعیین کیفیت و مقاومت پانل‌های ساختمانی چوبی از جمله پانل‌های ساندویچی است. این آزمون نشان‌دهندهٔ تحمل پانل در برابر نیروی خمش است و ارتباط تنگاتنگی با مادهٔ اولیهٔ لایهٔ میانی و رویی، ضریب فشردگی آن و به‌صورت خاص با کیفیت اتصال رویه به مغزی و فیلم چسب رویه در پانل‌های ساندویچی دارد. مقاومت خمشی پوسته و خزش خمشی پانل ساندویچی سبک‌وزن رابطه‌ای نزدیک با یکدیگر دارند و با افزایش مقاومت خمشی پوسته‌ها در لایه‌های سطحی پانل مقاومت بیشتری نسبت به تغییر شکل از خود نشان می‌دهد [۹]. همچنین افزایش ضخامت پوسته در پانل سبک‌وزن، موجب افزایش مقاومت خمشی می‌شود [۸]. استفاده از لایهٔ صنوبر ۱/۸ میلی‌متری در سطوح پانل ساندویچ سبب پوشش مقاومت خمشی پایین لایهٔ میانی شد و مقاومت‌های حاصل در همهٔ سطوح بسیار بالاتر از استاندارد ملی آمریکا بود، به‌گونه‌ای که مقدار ۵ MPa اعلام‌شدهٔ استاندارد ملی آمریکا برای مقاومت خمشی پانل‌هایی با دانسیتهٔ کمتر از ۰/٦٤ گرم بر سانتی‌متر مکعب را به‌دست آورد [۱۹]. شکل ۱ اثر مستقل نسبت رزین و اختلاط ساقهٔ آفتابگردان با ضایعات لایهٔ صنوبر بر مقاومت خمشی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده را نشان می‌دهد.

اتصال رویه‌ها و لایهٔ میانی در پانل‌هایی که از صنوبر یا آفتابگردان خالص بودند، از کیفیت بهتری برخوردار بود و تحمل تنش بیشتری را داشتند. پانل‌هایی که در لایهٔ میانی از درصد بیشتری ساقهٔ آفتابگردان تشکیل شده بودند به‌واسطهٔ نفوذ چسب و فشردگی بیشتر، مقاومت بهتری داشتند. به‌واسطهٔ استفاده از خرده‌های درشت با ضریب لاغری بالا در همهٔ تیمارها خواص خمشی افزایش داشت.

مطابق نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری رزین ملامین/ اوره فرمالدئید با نسبت ملامین فرمالدئید بیشتر، مقاومت خمشی بیشتری داشت و تیمار نسبت اختلاط رزین در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شد. در تیمار مادهٔ اولیهٔ لایهٔ میانی، نسبت اختلاط صنوبر و آفتابگردان خالص بهترین مقاومت خمشی را ایجاد کرد و با افزایش نسبت اختلاط مقاومت خمشی کاهش چشمگیری یافت، به‌گونه‌ای که اختلاط ۲۵ درصد ساقهٔ آفتابگردان با ۷۵ درصد خرده لایهٔ صنوبر کمترین مقاومت را داشت که در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثرهای متقابل دو تیمار یادشده در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار شد. گرتیه‌جانسن (۱۹۷۷)، کریستوا و همکاران (۱۹۹۸) و رسام و همکاران (۲۰۱۲) نیز در مطالعات خود به نتایج مشابهی دست یافتند [۱، ۲ و ۳].

www.SID.ir

Archive of SID



(حروف غیرمشابه نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد است).

شکل ۱. اثر مستقل نسبت رزین (راست) و اختلاط ساقهٔ آفتابگردان با ضایعات لایهٔ صنوبر (چپ) بر مقاومت خمشی پانل‌ها

مدول الاستیسیته

در پانل‌های ساختمانی ارتجاعی بودن[1] و انعطاف‌پذیری زیاد در برابر بارهای دینامیکی به‌ویژه زلزله و شوک جزو مزایای شایان توجه آنهاست. اغلب پانل‌های ساختمانی برپایهٔ مواد لیگنوسلولزی نیز قابلیت جذب انرژی زیادی در شوک‌های وارد بر اثر زلزله دارند. از مزایای مهم دیگر پانل‌ها ساختمانی سختی و مقاومت زیاد در برابر بارها و تنش‌های واردشده است که باید ارزیابی شود. مدول الاستیسیته در پانل‌ها ارتباط زیادی به تنش و کرنش حد تناسب دارد و با افزایش مدول الاستیسیته مقاومت نمونه‌ها به‌طور معمول افزایش پیدا می‌کند. در شکل ۲ اثر مستقل نسبت رزین و اختلاط ساقهٔ آفتابگردان با ضایعات لایهٔ صنوبر بر مدول الاستیسیتهٔ پانل‌های ساخته‌شده نمایش داده شده است. مطابق نتایج حاصل رزین ملامین اوره فرمالدئید با نسبت ۵۰:۵۰ و پانل‌های ساخته‌شده با ضایعات لایهٔ صنوبر خالص و ساقهٔ آفتابگردان خالص بیشترین مقاومت‌ها را به خود اختصاص دادند و از نظر آماری تیمار رزین و مادهٔ اولیهٔ لایهٔ میانی و اثرهای متقابل آنها در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود. استفاده از اوراق لایه‌ای و چوب مدول الاستیسیتهٔ بیشتری را ایجاد می‌کند و استفاده از آنها در لایهٔ سطحی مدول الاستیسیتهٔ پانل سبک‌وزن را افزایش می‌دهد [۲۰]. پانل‌های ساندویچی توپر در مقایسه با پانل‌های ساندویچی لانه‌زنبوری مدول الاستیسیتهٔ بیشتری دارند [۱۱].

مطابق با استاندارد ملی آمریکا مقدار مجاز مدول الاستیسیته برای پانل‌هایی با دانسیتهٔ کمتر از ۰/٦٤ گرم بر سانتی‌متر مکعب، MPa ۵۵۰ است که همهٔ تیمارها مقدار مجاز اعلام‌شده را کسب کردند.

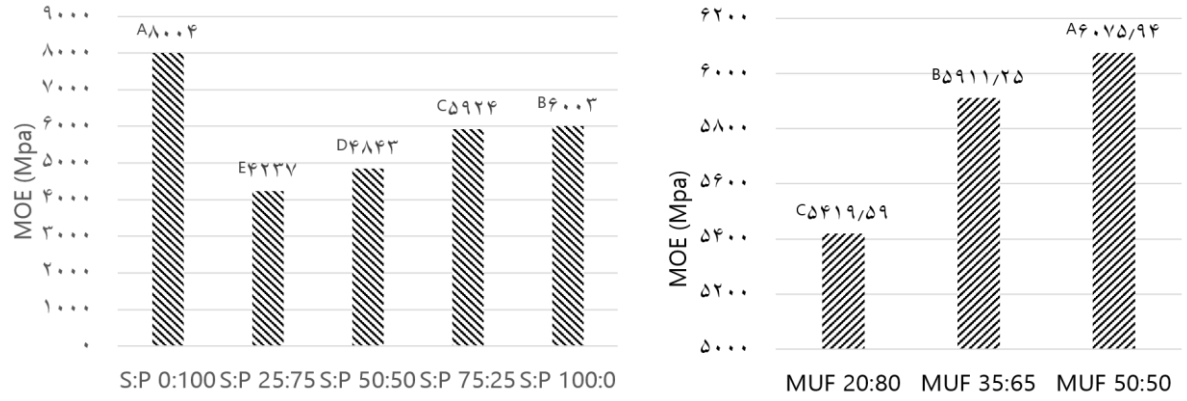
فیبرهای طویل محصولات کشاورزی بهبود سیستم شبکه‌ای را فراهم می کنند و خواص خمشی چندسازه را افزایش می‌دهد [۲۱]. همچنین به‌دلیل پرس یک‌مرحله‌ای لایه‌های سطحی و میانی، پانل‌های ساندویچی ساخته‌شدهٔ فیلم چسب قوی و مطلوب داشتند. تر شدن کامل رویه‌های پانل ساندویچی توسط چسب، سبب ایجاد برهمکنش‌های قوی بین رویه‌های چوبی و چسب می‌شود [۲۲]. گاهی علت مقاوم بودن برخی از چسب‌ها، کوچک‌تر بودن مولکول‌های چسب، توزیع یکنواخت‌تر آن روی ذرات و کیفیت مطلوب چسبندگی شیمیایی و مکانیکی آن است [۲۲]. همچنین روش چسب‌زنی

1. Ductility

www.SID.ir

Archive of SID

پودری سبب یکنواختی و پخش مناسب رزین در سطوح خرده‌ها شد و هیچ گونه ضعف اعم از ایجاد حباب یا چسبندگی نامناسب بین ذرات لایهٔ میانی (ساقهٔ آفتابگردان و لایهٔ صنوبر) و رزین پودری ملامین/اوره فرمالدئید وجود نداشت. با کاهش نسبت ملامین فرمالدئید در ترکیب رزین ملامین فرمالدئید به اوره فرمالدئید مقاومت‌های مکانیکی کاهش یافت که دلیل آن، مقاومت کم رزین اوره فرمالدئید نسبت به رزین ملامین فرمالدئید بود. رزین ملامین اوره فرمالدئید در ساختار خود دارای پیوندهایی با گروه آمین بیشتری است، به‌طوری که در چسب اوره دو گروه آمین و در چسب ملامین سه گروه آمین وجود دارد. پیوندهای آمین بسیار محکم‌اند و به‌راحتی هیدرولیز و شکسته نمی‌شوند و هرچه تعداد گروه‌های آمین در چسب بیشتر باشد، پیوندهای برقرارشده بیشتر و محکم‌تر خواهند بود [۲۳].



(حروف غیرمشابه نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد است).

شکل ۲. اثر مستقل نسبت رزین (راست) و اختلاط ساقهٔ آفتابگردان با ضایعات لایهٔ صنوبر (چپ) بر روی مدول الاستیسیتهٔ پانل‌ها

مقاومت چسبندگی داخلی

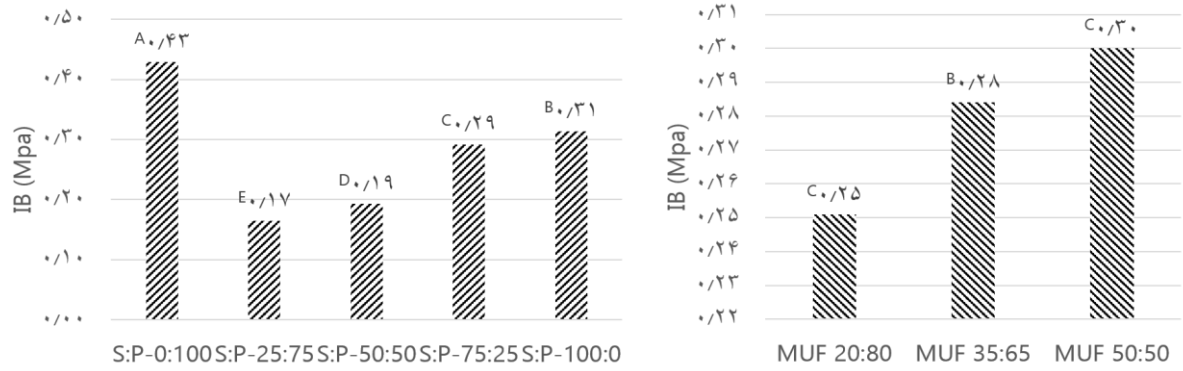
آزمون چسبندگی داخلی، مربوط به لایهٔ میانی تخته و بیانگر توانایی چسبندگی ذرات ساقهٔ آفتابگردان و لایهٔ صنوبر به همدیگر در مرکزی‌ترین نقطهٔ تخته است. شرایط مطلوب دمایی در پرس و کیفیت مناسب چسب‌زنی و چسب مصرفی تأثیر زیادی در موفق بودن نتایج این آزمون دارد. در شکل ۳ اثر مستقل نسبت رزین و اختلاط ساقهٔ آفتابگردان با ضایعات لایهٔ صنوبر بر چسبندگی داخلی پانل‌های ساخته‌شده نمایش داده شده است. نتایج تجزیه‌وتحلیل‌ها بیانگر این است که تیمار نسبت رزین و اختلاط آفتابگردان و صنوبر در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است، اما اثرهای متقابل آنها در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است.

مطابق استاندارد ملی آمریکا، مقدار مجاز مقاومت چسبندگی داخلی برای پانل‌هایی با دانسیتهٔ کمتر از ۰/٦٤ گرم بر سانتی‌متر مکعب ۰/۱۵ MPa است که همهٔ تیمارها مقدار مجاز اعلام‌شده را کسب کردند. مقاومت چسبندگی داخلی نسبت اختلاط ۲۵:۷۵ و ۵۰:۵۰ ساقهٔ آفتابگردان و خرده لایهٔ صنوبر کمترین حد را به خود اختصاص داد. اغلب ضایعات کشاورزی لایه‌ای مومانند و شفاف دارند که نفوذ مکانیکی اندکی در برابر چسب دارند. در کل ناسازگاری بین لایهٔ مومی و رزین

www.SID.ir

Archive of SID

مایع در سطح ضایعات کشاورزی وجود دارد. ساقهٔ آفتابگردان نیز دارای لایهٔ شفافی است، اما میزان آن از نظر وزنی بسیار کم و از نظر ضخامت نیز نازک است. محلول بودن چسب در آب و از طرفی ناسازگاری آن با لایهٔ مومی سبب می‌شود که ساختار تخته در اثر قرار گرفتن در آب باز شود و خلل‌وفرج آن افزایش یابد. افزایش خلل‌وفرج و باز شدن آنها موجب نفوذ بیشتر در خرده‌های لایهٔ صنوبر شده و ممکن است سبب ایجاد خط چسب گرسنه(کمبود میزان چسب) و کاهش چسبندگی با ساقه‌های آفتابگردان شود. به‌علاوه وجود قسمت مغزی ساقه در ترکیب با صنوبر سبب ناسازگاری و کاهش چسبندگی در نسبت‌های بالای صنوبر شده است. از سوی دیگر، پیوند بسیار قوی بین رزین ملامین فرمالدئید / اوره فرمالدئید و نفوذ مکانیکی مطلوب رزین بر ذرات ساقهٔ آفتابگردان و صنوبر به‌واسطهٔ دانسیتهٔ کم و ساختار متخلخل چوب، سبب ورود بسیاری از زنجیره‌های پلیمری به درون این ساختار و در نتیجه خیس شدن چوب توسط رزین می‌شود، درحالی که به‌دلیل انرژی زیاد زنجیره‌های پلیمری، که با افزایش دما همراه است بسیاری از آنها می‌توانند در درون چوب که انرژی سطحی پایینی دارد نفوذ کنند. قفل شدن مکانیکی بسیاری از زنجیره‌های پلیمری در خلل‌وفرج چوب نیز به‌آسانی رخ می‌دهد که می‌توان انتظار داشت فصل مشترکی قوی در سطح تماس رزین و چوب صنوبر ایجاد شود [۱۲]. رسام و همکاران (۲۰۱۲) نیز بیان داشتند که با افزایش نسبت ساقهٔ آفتابگردان، چسبندگی داخلی تخته افزایش پیدا می‌کند [۱].



(حروف غیرمشابه نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد است).

شکل ۳. اثر مستقل نسبت رزین (راست) و اختلاط ساقهٔ آفتابگردان با ضایعات لایهٔ صنوبر (چپ) بر چسبندگی داخلی پانل‌ها

مقاومت فشار موازی الیاف

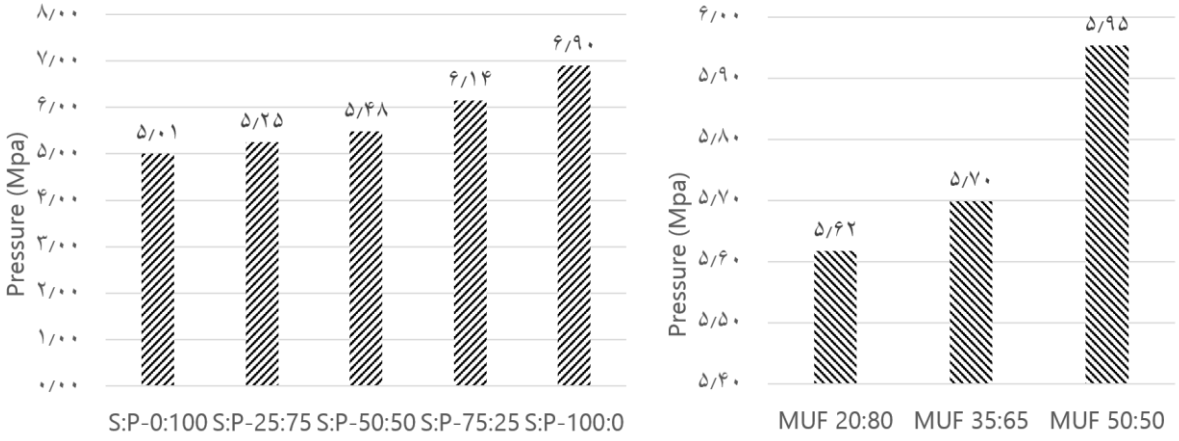
آزمون مقاومت به فشار در پانل‌های ساختمانی که تحت بارهای مردهٔ ساختمان واقع می‌شوند، مهم تلقی می‌شود. این آزمون رابطهٔ مستقیمی با دانسیته و نوع مادهٔ اولیه دارد. در دانسیته‌های کم، این مقاومت زیاد نیست. اثر مستقل نسبت رزین و اختلاط ساقهٔ آفتابگردان با ضایعات لایهٔ صنوبر بر مقاومت فشار موازی الیاف پانل‌های ساندویچی سبک ساخته‌شده، در شکل ٤ ارائه شده است. مطابق نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری نسبت رزین ملامین فرمالدئید به اوره فرمالدئید معنی‌دار نبود. رزین‌های ملامین فرمالدئید با شیمی مشابه اوره فرمالدئید و ساختار مولکولی متفاوت با آن، عملکرد

www.SID.ir

Archive of SID

اتصال بهبودیافته ای همانند رزین‌های فنلی دارند. بدین سبب در نسبت‌های ملامین فرمالدئید بیشتر روند افزایشی مشخصی در مقاومت فشاری در جهت موازی الیاف مشهود بود. در پژوهش حاضر نسبت اختلاط مادهٔ اولیهٔ لایهٔ مغزی در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شد، اما اثر متقابل دو تیمار معنی‌دار نشد.

پانل‌های ساندویچی با رویهٔ لایه‌ای و چوبی نسبت به رویه‌های فیبری و خرده‌ای فشار بیشتری را تحمل می‌کنند و پانل‌های ساندویچی با مغزی توپر در مقایسه با پانل‌های ساندویچی لانه‌زنبوری مقاومت بیشتری به فشار دارند [۱۱]. تراکم بیشتر لایهٔ مغزی موجب تحمل بار بیشتر در پانل‌های ساندویچی می‌شود. بهبود اندک برخی ویژگی‌های تخته ها به‌ویژه واکشیدگی ضخامت با افزایش مقدار ملامین، ممکن است به‌دلیل پیوندهای محکم‌تر رزین ملامین فرمالدئید و مقاومت به رطوبت این نوع رزین نسبت به رزین اوره فرمالدئید باشد [۱٤، ۱۵]. جرت ججنسن (۱۹۷۷) نیز بیان داشت که با افزایش خرده های ساقهٔ آفتابگردان در ترکیب مادهٔ چوبی، ویژگی‌های مکانیکی آن افزایش یافت [۲].



(حروف غیرمشابه نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار آماری در سطح اطمینان ۹۵ درصد است).

شکل ٤. اثر مستقل نسبت رزین (راست) و اختلاط ساقهٔ آفتابگردان با ضایعات لایهٔ صنوبر(چپ) بر مقاومت فشار موازی الیاف پانل‌ها

نتیجه‌گیری

نتایج نهایی آزمون‌های مکانیکی پانل‌های ساخته‌شده از ساقهٔ آفتابگردان و ضایعات لایهٔ صنوبر نشان داد که استفاده از ساقهٔ آفتابگردان و ضایعات لایهٔ صنوبر به‌صورت خالص بهترین مقاومت‌های خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی را دارد و دیگر نسبت‌های اختلاط مادهٔ اولیهٔ لایهٔ میانی در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند؛ اما با وجود کاهش مقاومت‌ها چشمگیر نیست و به جز نسبت ۲۵:۷۵ همگی نسبت‌ها در حد استانداردند. استفاده از ضایعات ساقهٔ آفتابگردان در لایهٔ میانی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده نتایج مطلوبی در برابر فشار دارد و با افزایش نسبت آن همواره مقاومت در برابر فشار افزایش می‌یابد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از اختلاط ساقهٔ آفتابگردان و ضایعات لایهٔ صنوبر در نسبت‌های بالای ساقه و به‌صورت خالص، خواص مکانیکی

www.SID.ir

Archive of SID

مطلوب‌تری دارد. پانل سبک‌وزن ساخته‌شده از ضایعات لیگنوسلولزی به‌دلیل تراکم مناسب، ایجاد سطح تماس بیشتر با پوسته، توزیع مناسب بار و کاهش تنش وارد شده به سطح دارای برتری محسوسی نسبت به پانل توخالی است و در کاربردهای ساختمانی غیرباربر به‌عنوان پانل‌های مورد مصرف در دیواره‌ها، سقف، کف، رویهٔ درها و ... به‌عنوان نوعی پانل سبک و زیست‌محیطی کاربرد دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

References

[1]. Rassam, G., Rangavar, H., Taghiary, HR., and Taheri, A. (2012). Study on the possibility of using sunflower stalk in particleboard production. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 2(2): 83-97.

[2]. Gertjejansen, R. O. (1977). Properties of particleboard from sunflower stalks and aspen Planer shavings. Technical. Bulletin, 311 (24): 1-8.

[3]. Khristova, P., Yussifou, N., Gabir, S., Glavche, I., and Osman, Z. (1998). Particleboards from sunflower stalks and tannin modified UF resin. Cellulose Chemistry and Technology, 32: 327-337.

[4]. Ince, A., Ugurluay, S., Guzel, E., and Ozcan, M. T. (2005). Bending and shearing characteristics of sunflower stalk residue. Biosystem Engineering, 92(2): 175-181.

[5]. Duigou, A. L., Deux, J. M., Davies, P., and Baley, C. (2011). PLLA/flax mat/balsa bio-sandwich manufacture and mechanical properties. Applied Composite Materials, 18(5): 421-438.

[6]. Sampathrajan, A., and Vijayaraghavan, N. C. (1992). Mechanical and thermal properties of particle boars made from farm residues. Bioresources Technology Journal, 40(3): 249-251.

[7]. Barboutis, I., and Vassiliou, V., (2005). Strength properties of lightweight paper honeycomb panels for furniture. In :Proceedings of International Scientific Conference, 10th Anniversary of Engineering Design. 17-18 October, Sofia, pp. 1-6.

[8]. Shalbafan, A., Luedtke, J., Welling, J., and Thoemen, H. (2012). Comparison of foam core materials in innovative lightweight wood-based panels. European Journal of Wood and Wood Products, 70(1-3): 287-292.

[9]. Chen, Z., Yan, N., Deng, J., and Smith, G. (2011). Flexural creep behavior of sandwich panels containing Kraft paper honeycomb core and wood composite skins. Materials Science and Engineering, 528(16): 5621–5626.

[10]. Khatibi, M. A., and Rahimi, H. (2004). Fabrication process and an investigation of properties of thermoplastic honeycomb sandwich panels. Iranian Journal of Polymer Science and Technology, 17(6): 345-351.

[11]. Ghofrani, M., Pishan, S., and Talaei, A. (2014). The effect of core type and skin on the mechanical properties of lightweight sandwich Panels. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 28(4): 720-731.

[12]. Saffari, M., Jabbari, M., Najafi, A., Tatari, A., and Ghaffari, M. (2013). The effect of face and adhesive types on mechanical properties of sandwich panels made from honeycomb paper. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 4(2): 157-169.

[13]. Mazinani, M., Rezaei, H., and Nikfarjam, M. (2007). Comparison between theory and experiment and Balsa sheet honeycomb sandwich construction with cerebral vessels Extremist. In :Ninth Conference on Maritime, , pp. 1-13

[14]. No, B. Y., and Kim, M. G. (2007). Evaluation of melamine-modified urea-formaldehyde resins as particleboard binders. Journal of Applied Polymer Science, 106(6): 4148–4156.

[15]. Tohmura , S., Inoue, A., and Sahari, S. H. (2001). Influence of the melamine content in melamine-ureaformaldehyde resins on formaldehyde emission and cured resin structure. Journal of Wood Science, 47(6): 451-457.

[16]. ASTM. (2004). Standard test method for flexural properties of sandwich constructions, Annual book of ASTM standard, C 393-00, 2004.

www.SID.ir

Archive of SID

[17]. ASTM. (2004). Standard test methods for evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials, Annual Book of ASTM Standard, D 1037-99, 1999.

[18]. ASTM. (2004). Standard test method for edgewise compressive strength of sandwich constructions, Annual Book of ASTM Standard, C 364-99, 1999.

[19]. Amerian Natinal Standard for Particleboard. Composite panel association, Gaithersburg, A208.1, 1999.

[20]. Cai, Z., and Ross, R. G. (2010) Mechanical propertoies of woodbased composites materials. Forest Products Laboratory, General Technical Report, 12.1-12.12.

[21]. Mo, X., Cheng, F., Wang, D., and Sun, X. S. (2003). Physical properties of mediumdensity wheat straw particleboard using different adhesives. Industrial Crops and Products 18(1): 47-53.

[22]. Zanneti, M., and Pizzi, A. (2004). Dependance on the adhesive formulation of the upgrading of MUF particleboard adhesives and decrease of melamine content by buffer and additives. Holz Roh Werkst, 62: 445-451.

[23]. Tasooji, M., Tabarsa, T., and Mohamadi, A. (2010). Manufacturing of wheat straw particleboards based on the mixture of MF and UF resins. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 25(2): 291-301.

www.SID.ir