مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

ارزیابی امکان جایگزینی مغزی غیرچوبی در ساخت پانل ساندویچی چوبی با هدف کاهش مصرف منابع چوبی، حفظ محیط‌زیست و سلامت انسان

پانتهآ عمرانی*[۱]، حسین رنگ‌آور[۱]، افشین رحمتی طولارود پائین[۱]

۱- گروه مهندسی صنایع چوب، دانشکده مهندسی مواد و علوم میان رشته‌ای، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران*

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت:
۱۴۰۳/۱۱/۰۳
پذیرش:
۱۴۰۴/۰۲/۰۱

کلمات کلیدی:
پانل ساندویچی، فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای، محیط‌زیست، تخته‌فیبر دانسیته متوسط، سلامت انسان‌ها، توسعه پایدار

چکیده

مقدمه: با توجه به افزایش جمعیت جهان و به دنبال آن افزایش تقاضای چوب و فراورده‌های چوبی، هزینه بالای چوب، محدودیت منابع جنگلی، آسیب‌های وارده به جنگل‌ها، محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها، امروزه ایجاد راهکارهایی برای تأمین نیازهای جوامع بشری با هدف ایجاد توسعه پایدار، کاهش مصرف منابع جنگلی و حفظ محیط‌زیست برای سلامت انسان‌ها، بسیار مهم است. بنابراین در این پژوهش، امکان جایگزینی و استفاده از فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای سازگار با محیط‌زیست، عاری از گازهای مضر و نیز قابل بازیافت، در ساخت پانل ساندویچی چوبی (فراورده مرکب چوبی پرکاربرد در صنایع مختلف مانند چوب و مبلمان، ساختمان و غیره) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: این مطالعه، از نوع تجربی و در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. پانل‌های ساندویچی آزمونی از سه نوع تخته فیبر با جرم مخصوص متوسط و ضخامت ۳ میلی‌متر (با روکش طبیعی راش، روکش مصنوعی ملامینه و بدون روکش) به‌عنوان رویه و از فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای با ضخامت ۳۰ میلی‌متر و جرم مخصوص ۳۰ کیلوگرم بر متر مربع، به‌عنوان مغزی ساخته شدند (با استفاده از چسب پلی‌ونیل استات). سپس ویژگی‌های مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، مقاومت فشاری، مقاومت به ضربه و نیز جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج با آزمون ANOVA تحلیل شد.

نتایج: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر نوع روکش رویه بر ویژگی‌های مکانیکی (مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، مقاومت فشاری عمود بر سطح) و ویژگی‌های فیزیکی (جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت بعد از غوطه‌وری در آب) پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است، ولی اثر نوع روکش رویه بر مقاومت به ضربه معنی‌دار نیست. نتایج نشان داد استفاده از تخته فیبر با روکش طبیعی در رویه پانل ساندویچی، بیشترین مقاومت‌های مکانیکی را ایجاد کرده است. همچنین نتایج نشان داد کاربرد تخته فیبر دارای روکش مصنوعی ملامینه، درصد جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت پانل ساندویچی ساخته‌شده را کاهش می‌دهد.

بحث: نتایج نشان داد ساخت پانل ساندویچی با فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای امکان‌پذیر است. این فوم، سازگار با محیط‌زیست و عاری از گازهای مضر است. بنابراین امکان ساخت پانل ساندویچی با ویژگی دوستدار محیط‌زیست را فراهم می‌کند. ساخت پانل‌های ساندویچی با مغزی‌های غیرچوبی مانند فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای، با کاهش نیاز به منابع چوبی یا جنگلی که در کشور ایران و جهان کم هستند، سبب ایجاد توسعه پایدار، حفظ منابع جنگلی، حفظ محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها و نیز کاهش مشکلات تأمین مواد اولیه صنایع چوب و مبلمان و فراورده‌های مرکب چوبی شده است. همچنین ازلحاظ اقتصادی مقرون‌به‌صرفه است. ازطرف دیگر با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار زیاد فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای، استفاده از آن در مغزی پانل ساندویچی چوبی،

* پست الکترونیکی نویسنده مسؤول: pantea.omrani@gmail.com

کارایی‌های بسیار متنوعی برای پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده ایجاد می‌کند. خواص مختلف فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای مانند: مقاومت حرارتی (در مقابل گرما و سرما)، مقاومت شیمیایی، مقاومت در برابر رشد قارچ‌ها و حشرات، سمی نبودن، پایداری ابعادی مناسب، عایق رطوبت و صوت، سازگاری با محیط‌زیست و عاری بودن از گازهای مضر، نصب سریع و آسان و سهولت در حمل و نقل باعث کاربردهای بسیار آن در صنایع مختلف شده است؛ این کاربردها عبارت‌اند از: صنایع ساختمان (عایق کف، دیوار، سقف سوله، درزبندی پنجره‌ها و غیره)، خودرو، لوازم خانگی، بسته‌بندی، مبلمان (مبل‌ها و سرویس اتاق خواب) و غیره. فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای علاوه‌بر کاربردهای مذکور می‌تواند در ساخت پانل‌های ساندویچی مورد استفاده به‌عنوان دیوارجداکننده فضاهای داخلی، درهای داخلی ساختمان، درهای کمد دیواری، پوشش دیوارهای مشترک داخلی و غیره استفاده شود.

مقدمه

امروزه مسائل محیط‌زیستی دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشند که با توجه به در معرض خطر بودن محیط‌زیست و بحران‌های محیط‌زیستی کنونی اهمیت پرداختن به موضوع و ارائه راه حل‌هایی در این زمینه روشن است. در این بین، جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بخش‌های محیط‌زیستی دارای جایگاه ویژه‌ای می‌باشند که با وجود جنگل‌زدایی و کاهش سطح جنگل‌های طبیعی و نیاز روزافزون به خدمات حاصل از جنگل‌ها (محیط‌زیستی، اقتصادی- اجتماعی و غیره) نیاز به جنگل‌کاری، (حفظ و نگهداری جنگل‌ها و اقدامات لازم دیگر) به‌طور اساسی وجود دارد (Roshanzadeh & Ali Arab, 2013). محیط‌زیست سالم یکی از مؤلفه‌های رشد و توسعه‌یافتگی جوامع به‌حساب آمده و سهم زیادی در سلامت و شادابی افراد جامعه و ارتقاء روحیه زندگی در جامعه دارد. به جرأت می‌توان گفت که جنگل‌ها به‌عنوان ریه زمین نقش بی‌نظیری در سلامت محیط‌زیست داشته و علاوه‌بر حفظ رطوبت، تصفیه و کاهش آلودگی هوا، تثبیت خاک، تغذیه سفره‌های زیرزمینی، کاهش آلودگی‌های صوتی و غیره نقش زیادی در تلطیف روحیه شاداب‌سازی افراد جامعه بر عهده دارند (Dorostkar & Rafighi, 2015). حتی Zand Abbas Abadi و همکاران (۲۰۲۴) با ارزیابی قابلیت گونه‌های اقاقیا و کاج تهران برای پالایش زیستی عناصر سرب، کروم و نیکل در مناطق شهری همدان، غرب ایران، گزارش کردند که اقاقیا و کاج تهران از قابلیت پالایش عناصر بالقوه سمی از محیط برخوردار بوده و استفاده از آن‌ها به‌عنوان زیست‌نشانگر مناسب و کارآمد عناصر فلزی در اکوسیستم‌های آلوده توصیه می‌شود.

با توجه به نقش و اهمیت جنگل‌ها در زندگی بشر و دیگر موجودات زنده، افزایش جمعیت جهان و به دنبال آن افزایش تقاضا، هزینه بالای چوب، محدودیت منابع جنگلی یا چوبی، آسیب‌های وارده به محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها و غیره باعث شد محققان صنایع چوب به دنبال استفاده از ضایعات مختلف صنایع چوب و یا تبدیل چوب به شکل‌های مختلف (خرده‌چوب، الیاف، تکه‌ها، تراشه، روکش و لایه و غیره) برای تولید صفحات مرکب چوبی با ارزش افزوده بیشتر باشند. تحقیقات بسیاری در این زمینه انجام و منجر به تولید صفحات مرکب چوبی شده است. همچنین استفاده از ضایعات کشاورزی و ضایعاتی مثل کناره‌بری تخته‌فیبرها، پلاستیک‌ها، کارتن، کاغذ باطله و غیره در ساخت فراورده‌های مرکب چوبی (تخته فیبر، تخته خرده‌چوب یا نئوپان، چوب پلاستیک، پانل ساندویچی و غیره) مورد توجه قرار گرفته است که می‌تواند جایگزین مناسبی برای استفاده از مواد چوبی اولیه و کاهش مصرف آن شود؛ این مهم نه‌تنها به‌لحاظ اقتصادی و حفظ منابع طبیعی و محیط‌زیست مناسب‌تر است، بلکه در برخی موارد نیز استفاده از ضایعات می‌تواند سبب بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی فراورده‌های مرکب چوبی شود. در این راستا تحقیقات نشان داده است: MDF ساخته‌شده با الیاف چوب و پر مرغ (۱۰ درصد) را می‌توان در مبلمان ساخته‌شده با MDF استفاده کرد تا بخشی از مواد اولیه را تأمین کند (Omrani *et al.*, 2018). همچنین گزارش شده است ساخت MDF با الیاف ضایعات پارچه امکان‌پذیر است. استفاده از پسماندها مانند پارچه در تولید محصول کاربردی جدید می‌تواند یکی از راهکارهای کاهش پسماندها و در نتیجه حفظ بیشتر سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست باشد (Omrani *et al.*, 2022).

با توجه به اهمیت موضوع و مشکلات مذکور همچنان تلاش‌ها برای پیدا کردن منابع جدید به‌جای چوب درحال بررسی است. لذا نظرها به‌سوی استفاده از مواد سازه‌ای سبک با هدف مصرف هرچه کمتر چوب و منابع چوبی جلب شده است. در طی چندین سال اخیر تولیدکنندگان و صنعتگران صنعت چوب به ساخت پانل‌هایی با جرم مخصوص کم و خواص مقاومتی بالا توجه دارند (Saffari *et al.*, 2013). به‌طورکلی، با کاربرد این صفحات وزن سازه کاهش یافته و درنتیجه مواد اولیه کمتری مصرف می‌شود. این درحالی‌است که مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی را می‌توان درحد مطلوبی حفظ نمود (Nazeryan *et al.*, 2016). یکی از مهم‌ترین صفحات چندسازه (مرکب)، صفحات چندسازه‌ای سبک وزن با استحکام بالا یعنی پانل‌های ساندویچی است. پانل‌های ساندویچی درواقع نوعی از سازه‌های مرکب هستند که از دو لایه با ضخامت کم و استحکام بالا و یک لایه میانی بسیار سبک با ضخامت زیاد تشکیل می‌شوند. در یک پانل ساندویچی لایه‌های رویه سفت بوده و هسته به‌نسبت ضعیف و انعطاف‌پذیر است. اتصال (با چسب) لایه‌های رویه نازک و هسته ضخیم یک ساختار سفت، قوی و بسیار سبک وزن را ایجاد می‌کند (Rocca & Nanni, 2005). مواد سبک وزن با عملکرد سازه‌ای بالا از ویژگی‌های کلیدی هستند که صنایع مختلف به دنبال آن هستند. ازآنجایی‌که سازه‌های ساندویچی با هسته دارای جرم مخصوص کم یا هندسه‌های پروفیلی مانند شکل‌های موج‌دار (کنگره‌ای) و لانه زنبوری توانسته‌اند این دو عامل مهم را برآورده سازند، کاربردهای گسترده‌ای در صنایع هوافضا، خودروسازی و دریایی پیدا کرده‌اند (Castanie *et al.*, 2020; Chen & Das, 2022; Mohammadabadi *et al.*, 2023; Palomba *et al.*, 2022). پانل‌های ساندویچی از پیشرفته‌ترین اشکال سازه‌های کامپوزیتی هستند که در مقیاس وسیعی مصرف دارند (Mazinani *et al.*, 2007). همچنین در صنایع چوب، مبلمان و سازه‌های چوبی کاربردهای بسیاری دارند. در لایه‌های رویی یا پوسته پانل ساندویچی چوبی می‌توان از انواع فراورده‌های مرکب چوبی مانند تخته فیبر، تخته خرده‌چوب، تخته لایه، تخته تراشه جهت‌دار و غیره و در لایه‌های مغزی یا هسته از چوب (مثل بالزا)، چوب‌های مهندسی‌شده، انواع کاغذهای لانه‌زنبوری، فوم پلی‌اورتان، فوم پلی‌استایرن، فوم پلی‌اتیلن، فوم پلی‌وینیل کلراید و غیره استفاده کرد.

Shamsian و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی برای ساخت پانل‌های ساندویچی سبک از چسب اوره/ملامین فرمالدئید با نسبت‌های مختلف، خاک اره و ضایعات لاستیک با نسبت اختلاط مختلف و دمای پرس (۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد) استفاده و همچنین لایه چوبی صنوبر ۲ میلی‌متر را روی سطوح پانل پرس کرده و مورد آزمون قرار دادند. نتایج نشان داد افزایش میزان لاستیک تا ۱۰ درصد موجب افزایش حداکثری مقاومت فشاری، مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی شد و تخته‌های فاقد لاستیک حداکثر مدول الاستیسیته را دارا بودند. Khaki و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی برای ساخت پانل‌های ساندویچی از دو نوع پوسته شامل تخته فیبر با جرم مخصوص متوسط و تخته خرده‌چوب با ضخامت ۸ میلی‌متر و مغزی از جنس لوله (بوبین)های مقوایی با ارتفاع‌های ۳۰ و ۵۰ میلی‌متر، در سه نوع چیدمان (زیگزاگی فشرده، مشبک ردیفی و زیگزاگی فاصله‌دار) استفاده کردند. چسب مصرفی اوره فرمالدئید بود. نتایج نشان داد امکان استفاده از لوله‌های مقوایی به‌عنوان مغزی پانل ساندویچی وجود دارد که بهترین نتایج مربوط به نمونه‌های ساخته‌شده با پوسته تخته فیبر با جرم مخصوص متوسط و مغزی با ضخامت ۳۰ میلی‌متر در چیدمان زیگزاگی فشرده بود. همچنین در پژوهشی Rangavar و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر نوع چسب و روکش پوشش داده شده در روی تخته خرده‌چوب بر خواص فیزیکی و مکانیکی آن صفحات را مورد بررسی قرار دادند. در این خصوص دو نوع روکش شامل: روکش طبیعی راش و روکش مصنوعی فرمیکا و سه نوع ترکیب چسب شامل: ۱۰۰٪ اوره فرمالدئید، ۱۵٪ پلی‌وینیل استات و ۸۵٪ اوره، ۲۵٪ پلی‌وینیل استات و ۷۵٪ اوره برای چسباندن روکش‌ها بر روی تخته خرده‌چوب استفاده گردید. نتایج آزمون‌ها نشان داد افزایش چسب پلی‌وینیل استات در مخلوط با چسب اوره‌فرمالدئید در پوشش روکش‌های طبیعی و مصنوعی سبب بهبود کلیه خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها می‌شود. تخته‌های روکش‌شده با روکش راش چسبندگی عمود بر سطح بیشتری از فرمیکا داشتند اما مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌های روکش‌شده با روکش فرمیکا بیشتر از راش بوده است (روکش فرمیکا

متشکل از اوراق کاغذ کرافت آغشته به رزین‌های فنولیک در لایه‌های میانی و تحتانی بوده و در لایه سطحی از کاغـذ تزئینی (دکور) آغشته به رزین‌های آمینوپلاستیک مانند ملامین فرمالدئید و تحت فشار بالا تولید می‌شود. همین کار باعث افزایش مقاومت‌های مکانیکی تخته‌های روکش‌شده با فرمیکا در مقایسه با نمونه‌های روکش طبیعی راش شده است). همچنین میزان جذب آب و واکشیدگی ضخامت در تخته‌های با روکش مصنوعی فرمیکا کمتر از روکش راش بودند. با توجه به اینکه روکش فرمیکا از اوراق آغشته به رزین‌های فنولیک و یا رزین‌های آمینوپلاستیک ساخته شده است، از این رو جذب آب را به داخل تخته خرده‌چوب به تأخیر انداخته، بنابراین باعث کاهش واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته‌ها شده اسـت. Najafi و همکاران (۲۰۱۲) نیز در بررسی و ارزیابی مشخصه‌های خزش خمشی تخته خرده‌چوب با روکش طبیعی و ملامینه به این نتیجه دست یافتند که مقدار مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی تخته‌های دارای روکش طبیعی بیشتر از تخته‌های دارای روکش ملامینه و تخته‌های بدون روکش است.

بنابراین با توجه به مشکلات موجود، برای توسعه پایدار و حفظ منابع طبیعی و محیط‌زیست که رابطه مستقیم با حفظ سلامتی انسان‌ها و دیگر موجودات زنده دارد، بسیار ضروری است علاوه‌بر انجام تحقیقات، برنامه‌ریزی‌ها و اقداماتی چون حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست، اجرای طرح‌های جنگل‌کاری، کنترل برداشت از جنگل‌ها، کاشت گونه‌های درختان تندرشد و غیره، تحقیقات و اقداماتی برای یافتن راهکارهای مناسب دیگر صورت گیرد. یکی از این راهکارها یافتن و جایگزینی مواد غیرچوبی جدید به‌جای چوب در تولید فراورده‌های مرکب و محصولات مختلف چوبی است؛ لذا این پژوهش با هدف بررسی امکان استفاده از پلی‌اتیلن شبکه‌ای در مغزی پانل ساندویچی با رویه‌هایی از تخته فیبرهای با روکش مختلف انجام شده است.

مواد و روش‌ها

برای ساخت پانل‌های ساندویچی آزمونی از سه نوع تخته فیبر با جرم مخصوص متوسط[1] دارای روکش‌های طبیعی راش، روکش مصنوعی ملامینه و بدون روکش (خام) (با ضخامت‌های یکسان ۳ میلی‌متر و میانگین جرم مخصوص $700\ kg/m^3$) به‌عنوان رویه و همچنین از فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای[2] معروف به فوم XPE، طوسی رنگ به شکل صفحات با ضخامت ۳۰ میلی‌متر و جرم مخصوص $30\ kg/m^3$، ساخت شرکت سپهر فوم (جدول ۱)، به‌عنوان لایه مغزی استفاده شد (شکل ۱). فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای به‌دلیل وجود اتصالات عرضی و ساختار متخلخل آن دارای خواص و ویژگی‌های منحصربه‌فرد است. علاوه‌بر موارد ذکر شده در جدول ۲، فوم‌های پلی‌اتیلن شبکه‌ای دارای خواص مناسبی برای سلامت انسان‌ها و محیط‌زیست هستند. این فوم‌ها سازگار با محیط‌زیست بوده و عاری از گازهای فریون[3] و گازهای مضر هستند که بر محیط‌زیست و لایه اُزن تأثیرگذار است و هیچ نوع گردوغبار در محیط کار از خود ساطع نمی‌کنند. این فوم‌ها مقاومت شیمیایی بسیارخوبی در برابر روغن، اسیدها، بازها و آب دریا از خود نشان می‌دهند. فوم‌های پلی‌اتیلن شبکه‌ای مقاومت خوبی در برابر رشد قارچ‌ها، حشرات خورنده و فرسودگی به مدت طولانی تحت شرایط عادی از خود نشان می‌دهند. این فوم‌ها عایق صدا هستند و از افزایش آلودگی صوتی جلوگیری می‌کنند. همچنین سمی نبودن در مقایسه با پشم سنگ و الیاف شیشه، مقاومت حرارتی به‌نسبت بالا، عایق در مقابل گرما و سرما، رطوبت و نم و غیره از دیگر خواص فوم‌های پلی‌اتیلن شبکه‌ای هستند.

[1] Medium density fiberboard: MDF

[2] Cross-linked polyethylene

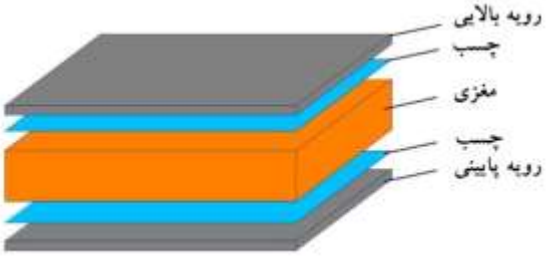
[3] Chlorofluorocarbons: CFC

جدول ۱- مشخصات فنی فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای موردِاستفاده در ساخت پانل ساندویچی

خاصیت	استاندارد	واحد	مقدار
دانسیته	ASTM D3575-W	Kg/m^3	۳۰-۲۰۰
مانایی فشاری (برگشت‌پذیری)	ASTM D3575-B	٪	۲۰<
ضریب هدایت حرارتی	ASTM C335	W/m° K	۰/۰۳۳
میزان جذب آب	ASTM D3575-L	Kg/m^2	۰/۰۳
استحکام کششی	ASTM D412	MPa	۰/۳
افزایش طول	ASTM D412	٪	۱۱۰
تحمل حرارتی	-	°C	۹۰
اشتعال پذیری	DIN 4102	-	کلاس B2
δ، نفوذپذیری بخار آب	استاندارد ملی ایران شماره ۷۲۹۹	mg/hmpa	۰/۰۰۳
Z، ضریب مقاومت بخار آب	استاندارد ملی ایران شماره ۷۲۹۹	mm^2pa/mg	۶/۷۸۸
W، ضریب نفوذ بخار آب	استاندارد ملی ایران شماره ۷۲۹۹	mg/hm^2pa	۰/۱۶۹
G، میزان انتقال آب	استاندارد ملی ایران شماره ۷۲۹۹	mg/hm^2	۲۰۴/۲۶

الف) تخته فیبر mm ۳ از راست به چپ: با روکش طبیعی، بدون روکش، با روکش ملامینه

ب) فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای



ج) طرح شماتیک ساختار پانل ساندویچی (Li & Ma, 2020)

د) نمونه پانل ساندویچی ساخته‌شده

شکل ۱- مواد مصرفی، نمونه ساخته‌شده و طرح شماتیک ساختار پانل ساندویچی

از چسب پلی‌وینیل استات نیز با مشخصات رنگ سفید شیری، نیمه‌شفاف، گرانروی در ۲۱°C (۴۵۰۰۰- ۴۰۰۰۰ cpc)، جرم مخصوص در ۲۰°C (۱/۰۵ g/cm^3)، PH (۵-۴)، میزان مصرف به‌تقریب (۲۵۰-۱۵۰ g/m^2) و مدت زمان امکان استفاده در دمای اتاق (۱۵ min)، ساخت شرکت تولیدی صنایع شیمیایی ممتاز بل گستر (دلتا)، برای اتصال رویه‌ها به مغزی پانل ساندویچی استفاده شد.

برای ساخت پانل‌های ساندویچی، ابتدا رویه‌ها و مغزی‌ها به ابعاد ۴۰×۴۰ cm برش داده شدند. بعد از آن در هر پانل ساندویچی یک سطح رویه بالا و پایینی و سطوح مغزی با چسب پلی‌وینیل استات (به مقدار ۲۰۰ g/m^2) چسب‌زنی شد. سپس مغزی بین دو رویه بالا و پایینی قرار گرفته و پانل ساندویچی به پرس گرم آزمایشگاهی با شرایط ثابت شامل زمان ۱۲ min، فشار ۳۰ kg/cm^2 و دمای ۸۰ °C منتقل شد. پس از فرایند پرس، پانل‌های ساخته‌شده برای متعادل‌سازی به مدت دو هفته در شرایط آزمایشگاهی (رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ ٪ و دمای ۱°C ± ۲۰) نگهداری و بعد از آن کناره‌بری شدند. بعد از این مرحله، برای تهیه نمونه‌ها و انجام آزمون‌های مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته، مقاومت به فشار عمود بر

سطح، مقاومت به ضربه و جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت، به ترتیب از استانداردهای ASTM C-393-00، استاندارد ASTM C-365-03، DIN 52189-1 و ASTM C-272-01 استفاده شد.

درکل با توجه به متغیر نوع روکش لایه و سطوح مختلف آن و نیز ۳ تکرار، پانل‌های ساندویچی آزمونی ساخته شده و موردآزمون قرار گرفتند. برای انجام آزمون‌های مکانیکی از دستگاه Tensile Tester مدل STT-5T استفاده شد. نتایج حاصله در نرم‌افزار سس (SAS 9.1.3)، با آزمون تجزیه‌وتحلیل واریانس یک‌طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها براساس روش دانکن و معناداری در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شد.

نتایج

جدول ۲ میانگین نتایج حاصله از آزمون‌های خواص مکانیکی و فیزیکی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه‌های تخته فیبر ۳ میلی‌متر (بدون روکش، با روکش ملامینه و با روکش طبیعی) و مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۲- میانگین نتایج خواص مکانیکی و فیزیکی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده

	ویژگی‌های پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده	تخته فیبر ۳ میلی‌متری بدون روکش	تخته فیبر ۳ میلی‌متری با روکش ملامینه	تخته فیبر ۳ میلی‌متری با روکش طبیعی
مکانیکی	مقاومت خمشی (MPa)	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۵۲
	مدول الاستیسیته (MPa)	۹/۲۳	۸/۹	۱۳/۲۶
	مقاومت فشاری (MPa)	۰/۰۴۲	۰/۰۳۸	۰/۰۵۱
	مقاومت به ضربه (Kj/m^2)	۵۹/۵	۴۹/۳۳	۶۳/۵
فیزیکی	جذب آب ۲ ساعت (٪)	۳/۵۴	۱/۳۸	۵/۰۷
	جذب آب ۲۴ ساعت (٪)	۶/۰۱	۴/۱	۶/۶۲

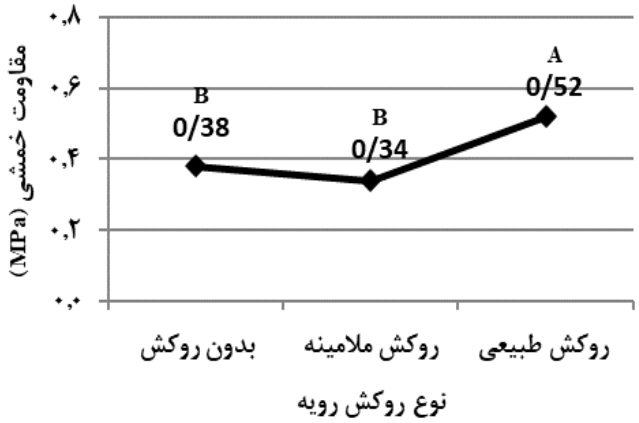
جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس اثر نوع روکش رویه بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده را نشان می‌دهد. مطابق این جدول، اثر نوع روکش رویه بر مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، مقاومت فشاری (عمود بر سطح) و جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است، ولی اثر نوع روکش رویه بر مقاومت به ضربه معنی‌دار نیست.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده

منبع تغییرات	ویژگی‌های پانل‌های آزمونی	F	Sig
نوع روکش رویه	مقاومت خمشی	۱۰/۶۰۸	*۰/۰۱۱
	مدول الاستیسیته	۱۲/۷۷۷	*۰/۰۰۷
	مقاومت فشاری	۸/۷۳۷	*۰/۰۱۷
	مقاومت به ضربه	۲/۶۲۱	۰/۱۶۰
	جذب آب ۲ ساعت	۱۶/۷۵۷	*۰/۰۰۴
	جذب آب ۲۴ ساعت	۴/۳۲۰	*۰/۰۱۹

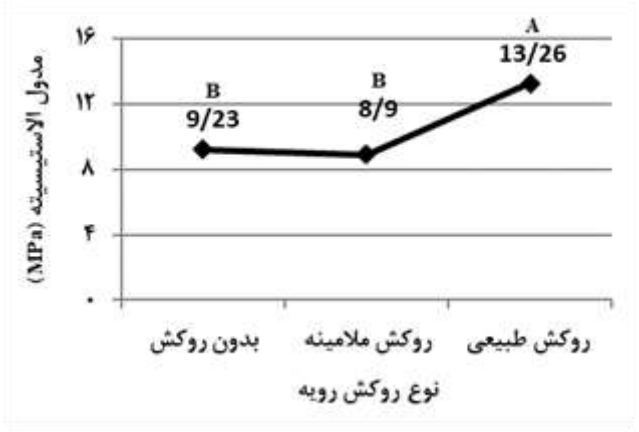
*: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد

شکل ۲ اثر استفاده از رویه با روکش مختلف بر مقاومت خمشی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای را نشان می‌دهد. در این شکل پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش طبیعی و مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای با ۰/۵۲ MPa بیشترین مقدار مقاومت خمشی را دارند و طبق گروه‌بندی دانکن در گروه A قرار گرفته‌اند. این شکل نشان می‌دهد مقاومت خمشی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش طبیعی به ترتیب حدود ۱/۵۳ و ۱/۳۷ برابر پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش ملامینه و بدون روکش است.



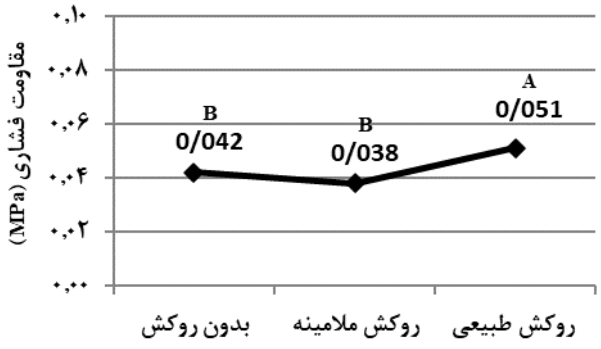
شکل ۲- اثر استفاده از رویه با روکش مختلف بر مقاومت خمشی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای

شکل ۳ اثر استفاده از رویه با روکش مختلف بر مدول الاستیسیته پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای را نشان می‌دهد. بیشترین مدول الاستیسیته مربوط به پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش طبیعی است که به ترتیب حدود ۱/۴۹ و ۱/۴۴ برابر پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش ملامینه و رویه بدون روکش است.



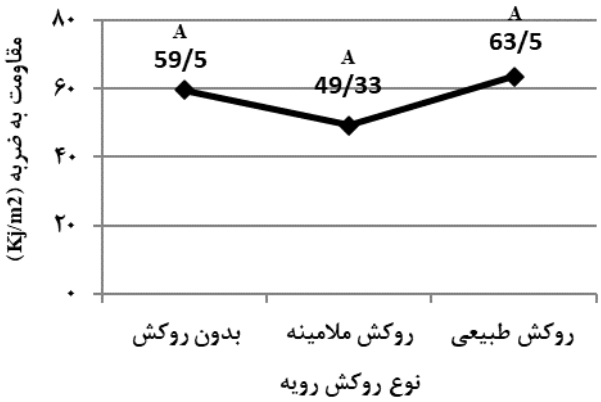
شکل ۳- اثر استفاده از رویه با روکش مختلف بر مدول الاستیسیته پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای

شکل ۴ اثر استفاده از رویه با روکش مختلف بر مقاومت فشاری پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای را نشان می‌دهد. بیشترین مقاومت فشاری مربوط به پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش طبیعی است که به ترتیب حدود ۱/۳۴ و ۱/۲۱ برابر پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش ملامینه و رویه بدون روکش است.



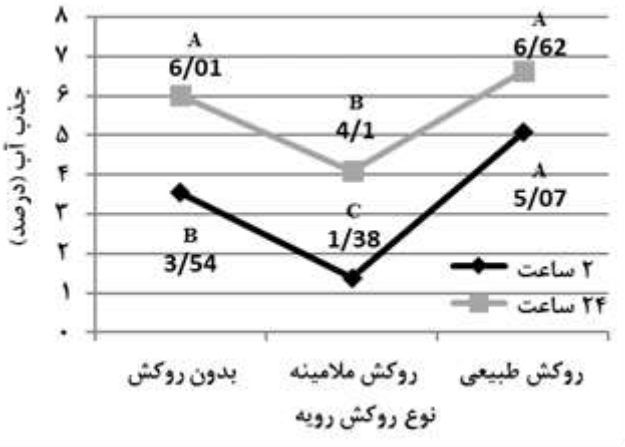
شکل ۴- اثر استفاده از رویه با روکش مختلف بر مقاومت فشاری پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای

شکل ۵ نیز اثر استفاده از رویه با روکش مختلف بر مقاومت به ضربه پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای را نشان می‌دهد. بیشترین مقاومت فشاری مربوط به پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش طبیعی است که به ترتیب حدود ۱/۲۹ و ۱/۰۶ برابر پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش ملامینه و رویه بدون روکش است.



شکل ۵- اثر استفاده از رویه با روکش مختلف بر مقاومت به ضربه پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای

شکل ۶ اثر استفاده از رویه با روکش مختلف بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش مصنوعی و رویه بدون روکش، مقدار جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب کمتری نسبت به رویه با روکش طبیعی دارند. همچنین شکل ۵ نشان می‌دهد کمترین جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت مربوط به پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش ملامینه است که در جذب آب ۲ ساعت به ترتیب حدود ۳/۶۷ و ۱/۴۳ برابر و در جذب آب ۲۴ ساعت به ترتیب حدود ۱/۶۱ و ۱/۱ برابر پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش طبیعی و رویه بدون روکش، کاهش یافته است.



شکل ۶- اثر استفاده از رویه با روکش مختلف بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با مغزی پلی‌اتیلن شبکه‌ای

بحث

نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از تخته فیبر ۳ میلی‌متر دارای روکش طبیعی راش به‌عنوان رویه پانل ساندویچی، مقادیر مقاومت‌های مکانیکی (مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، مقاومت فشاری و مقاومت به ضربه) بیشتر و معنی‌داری نسبت به استفاده از رویه با روکش مصنوعی ملامینه و رویه بدون روکش دارد. این نتایج مطابق نتایج پژوهش Najafi و همکاران (۲۰۱۲) است که نشان دادند مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی تخته‌های دارای روکش طبیعی راش بیشتر از تخته‌های دارای روکش ملامینه و تخته‌های بدون روکش بوده است. در پژوهشی دیگر Ayrilmis و همکاران (۲۰۰۸) نیز گزارش کردند که استفاده از روکش در سطح پانل ساخته‌شده از ضایعات کارتن موردِاستفاده در بسته‌بندی مواد غذایی، موجب افزایش مقاومت‌های مکانیکی و فیزیکی می‌گردد.

نتایج نشان داد کاربرد تخته فیبر ۳ میلی‌متر دارای روکش مصنوعی ملامینه، درصد جذب آب به‌خصوص در ۲ ساعت را کاهش می‌دهد. چنانچه در پژوهشی دیگر Rangavar و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که روکش مصنوعی ملامینه از کاغذ تزئینی (دکور) آغشته به رزین‌های آمینوپلاستیک مانند ملامین فرمالدئید و تحت فشار بالا تولید می‌شود، ازاین‌رو جذب آب را به تأخیر انداخته، باعث کاهش جذب آب پانل‌ها شده است.

لازم به ذکر است در بین قسمت‌های مختلف پانل ساندویچی، مغزی مهم‌ترین بخش است و تغییرات در این بخش (اعم از شکل، جنس، ضخامت) تأثیر زیادی بر خواص نهایی محصول می‌گذارد (Bahrami *et al.*, 2020). فوم‌های پلی‌اتیلنی دراصل دارای ساختمان با سلول بسته و چندحفره‌ای هستند و میزان جذب آب در آن‌ها بسیار ناچیز است. همچنین خصوصیات عایقی در مقابل یخزدگی و فرسایش ناشی از آن در برابر نفوذ رطوبت و آب باران است که کاربرد آن جهت مناطق مرطوب به‌ویژه شمال کشور را فراهم می‌کند. بنابراین دلیل کم بودن جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده، به‌خصوص پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده با رویه دارای روکش مصنوعی ملامینه، پلی‌اتیلن شبکه‌ای استفاده شده به‌عنوان مغزی پانل‌های ساندویچی است که دارای جذب آب کم می‌باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد امکان استفاده از فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای در ساخت پانل ساندویچی چوبی یا دکوراتیو وجود دارد. همچنین خواص مختلف پلی‌اتیلن شبکه‌ای مانند: مقاومت حرارتی (در مقابل گرما، سرما)، مقاومت شیمیایی، مقاومت در برابر رشد قارچ‌ها، حشرات خورنده و فرسودگی به مدت طولانی تحت شرایط عادی، سمی نبودن در مقایسه با پشم سنگ و الیاف شیشه، مانایی فشاری (برگشت‌پذیری) و پایداری ابعادی بالاتر نسبت به فوم پلی‌اتیلن معمولی و فوم پلی‌استایرن (یونولیت)، عایق بودن در مقابل رطوبت و صوت (جلوگیری از آلودگی صوتی برای انسان)، سازگاری با محیطِ‌زیست و عاری بودن از گازهای مضر، نصب سریع و آسان و سهولت در حمل‌ونقل که هزینه کمتری را نسبت به دیگر قطعات دارد، باعث کاربردهای بسیار آن در صنایع مختلف مانند: ساختمان (عایق کف، دیوار، سقف سوله،

درزبندی پنجره‌ها، عایق‌بندی کانال کولر و غیره)، خودرو، لوازم ورزشی، شیمیایی، نفت، گاز و پتروشیمی، لوازم خانگی، بسته‌بندی، مبلمان (مبل‌ها و سرویس خواب) و غیره شده است. فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای در صنایع چوب و مبلمان و ساختمان نیز علاوه‌بر کاربردهای مذکور می‌تواند در ساخت پانل‌های ساندویچی موردِاستفاده به‌عنوان دیوارجداکننده فضاهای داخلی (پارتیشن)، درهای داخلی ساختمان و کمد دیواری، پوشش دیوارهای مشترک داخلی و غیره استفاده شوند.

به‌طور قطع اگر در مغزی پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده به جای فوم از چوب یا هر نوع دیگری از فراورده‌های مرکب چوبی استفاده شود، نیاز به ماده اولیه چوبی بیشتری خواهد بود؛ به‌عنوانِ‌مثال در پژوهش حاضر (با توجه به دانسیته و ابعاد ذکر شده)، اگر به‌جای فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای مورداستفاده در مغزی پانل ساندویچی، از همان تخته فیبر بدون روکش به کار برده شده در رویه‌ها استفاده می‌شد، در هر یک از تخته‌های ساخته‌شده حدود ۳/۳۶ kg یعنی در حدود ۲۳/۲۳ برابر نیاز به تخته فیبر بیشتری بود. اگر این مقدار را در مقیاس یک متر مکعب یا بیشتر در نظر بگیریم خواهیم دید چه مقدار بسیار زیادی در مصرف ماده چوبی یا فراورده چوبی صرفه‌جویی خواهد شد؛ بنابراین می‌توان گفت نتایج نشان داد ساخت پانل‌های ساندویچی با مغزی‌های غیرچوبی مانند فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای، با کاهش نیاز به منابع چوبی یا جنگلی که در کشور ما بسیار محدود است، سبب حفظ منابع طبیعی و جنگلی، حفظ محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها، کاهش مشکلات تأمین مواد اولیه صنعت چوب و مبلمان و نیز فراورده‌های مرکب چوبی شده و از لحاظ اقتصادی نیز مقرون‌به‌صرفه است. ازطرف‌دیگر با توجه به خواص فیزیکی و مکانیکی بسیار فوم پلی‌اتیلن شبکه‌ای، استفاده از آن در مغزی پانل ساندویچی چوبی، کارایی‌های بسیار متنوعی برای پانل‌های ساندویچی ساخته‌شده ایجاد می‌کند.

با توجه به نوع کاربرد یا به‌عبارتی کارایی موردنظر برای پانل ساندویچی ساخته‌شده، به منظور افزایش مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی آن مانند مقاومت خمشی و غیره، می‌توان از همین رویه‌ها و مغزی مصرفی با دانسیته و ضخامت بیشتر، از نوع یا جنس رویه‌ها و مغزی‌های مقاوم‌تر دیگر و نیز از تقویت‌کننده‌هایی مانند پلیمرهای تقویت‌شده با الیاف (FRP)[4] (بسیار مقاوم، سبک و نازک هستند) و غیره استفاده کرد. البته باید در نظر داشت که درکل افزایش دانسیته و ضخامت رویه و مغزی تا حد موردقبول و استاندارد باشد، یعنی خارج از اهداف تولید پانل‌های ساندویچی سبک وزن که در مقدمه نیز تشریح شده است، نباشد.

پانل‌های ساندوچی با مغزی غیرچوبی مانند انواع فوم‌های پلیمری، بسته به نوع کاربرد، محل و نحوه استفاده از آن‌ها، می‌توانند حتی تا چند دهه مورداستفاه قرار گیرند؛ اما اگر در هر صورت آسیب دیده و از چرخه مصرف خارج شوند، برای بازچرخانی مواد آن‌ها به‌عنوانِ‌مثال می‌توان رویه‌های دیگری را مجدد روی آن‌ها چسبانده یا جایگزین کرده و مورداستفاده قرار داد. همچنین در مورد استفاده مجدد از پسماند آن‌ها، می‌توان گفت قابلیت استفاده مجدد نیز دارند، مانند استفاده از مغزی پلیمری آن‌ها در تولید انواع فراورده مرکب چوب- پلاستیک که سال‌ها است علاوه‌بر مواد خام اولیه، از مواد پلیمری ضایعاتی دیگر نیز در تولید آن‌ها استفاده می‌شود. به‌طور قطع مورد اشاره شده امری است که امروزه در جوامع بشری برای حفظ محیط‌زیست و توسعه پایدار بسیار مهم و ضروری است و می‌بایست در زمان پژوهش و صنعتی کردن محصولات، مورتوجه قرار گیرد.

منابع

1. **ASTM International, 2000.** ASTM C 393-00: Standard Test Method for flexural properties of sandwich constructions. United States: ASTM International.
2. **ASTM International, 2001.** ASTM C 272-01: Standard Test Method for Water Absorption of Core Materials for Structural Sandwich Constructions. United States: ASTM International.
3. **ASTM International, 2003.** ASTM C 365-03: Standard Test Method for Flatwise Compressive Properties of Sandwich Cores. United States: ASTM International.
4. **Ayrilmis, N., Candan, Z. and Hiziroglu, S., 2008.** Physical and mechanical properties of cardboard panels made from used beverage carton with veneer overlay. Materials and Design. 29(10):1897-903.
5. **Bahrami, M., Farrokhpayam, S.R., Mansouri, H.R., Shamsian, M., Saneii, E. and Karimi, A., 2020.** Mechanical properties of light weight sandwich panel with recycled

[4] Fiber Reinforced Polymer

16. **Omrani, P., 2022.** Utilisation possibilities of textile waste for the production of medium density fiberboard. Iranian Journal of Health and Environment. 14(4):695-708. (In Persian with English abstract)
17. **Omrani, P., Taghiyari, H.R. and Zolghadr, M., 2018.** Effects of nano-clay on physical and mechanical properties of medium-density fiberboards made from wood and chicken-feather fibers and two types of resins. Drvna industrija: Znanstveni časopis za pitanja drvne tehnologije. 69(4):329-37.
18. **Palomba, G., Epasto, G. and Crupi, V., 2022.** Lightweight sandwich structures for marine applications: a review. Mechanics of Advanced Materials and Structures. 29(26):4839-64.
19. **Rangavar, H., Kargarfard, A. and Hamedbazzi, M., 2015.** The effect of decorative coatings by mixing of poly vinyl acetate and urea-formaldehyde on physical and mechanical properties particleboard. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 30(2):194-206. (In Persian with English abstract)
20. **Rocca, S. and Nanni, A., 2005.** Mechanical characterization of sandwich structure comprised of glass fiber reinforced core: Part: 1. In Third International Conference Composites in Construction, 11 Jul; Lyon, France.
21. **Roshanzadeh, M. and Ali Arab, A., 2013.** Effects of forests and afforestation on the environment. In The first national conference on environmental research, 31 October, Hamedan, Iran.
22. **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):141-52. (In Persian with English abstract)
23. **Shamsian, M., Shahreki, A., Hemati, T., Nosrati, B. and Bayat kashkoli, A., 2020.** Mechanical properties of light weight sandwich panel made of sawdust and waste rubber. Iranian Journal of Wood and Paper Industries. 10(4):521-3. (In Persian with English abstract)
24. **Zand Abbas Abadi, A., Cheraghi, M., Sobhanardakani, S., Lorestani, B. and Kiani Sadr, M., 2024.** Evaluation of the capability of Robinia pseudoacacia and Pinus eldarica for bioremediation of heavy metals (Pb, Cr and Ni) in urban areas of Hamedan, west of Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 16(4):607-28. (In Persian with English abstract)

paper core. Forest and Wood Products. 73(1):39-49.
6. **Castanie, B., Bouvet, C. and Ginot, M., 2020.** Review of composite sandwich structure in aeronautic applications. Composites Part C: Open Access. 1:100004.
7. **Chen, Y. and Das, R., 2022.** A review on manufacture of polymeric foam cores for sandwich structures of complex shape in automotive applications. Journal of Sandwich Structures and Materials. 24(1):789-819.
8. **Dorostkar, A. and Rafighi, A., 2015.** Afforestation and it's effect on environmental health. In Third National Conference on Environmental and Agricultural Research in Iran, 13 August, Hamedan, Iran.
9. **European Committee for Standardization, 1981.** DIN 52189-1: Testing of wood; determination of impact bending strength (Prüfung von Holz; Schlagbiegeversuch; Bestimmung der Bruchschlagarbeit). Brussels: European Committee for Standardization (CEN).
10. **Khaki, A., Yazdi Mymand, A.A., MirHoseini Taba, M. and Gohari, S., 2020.** Influence of sheet type, layout, and height of cardboard tubes as cores on the mechanical properties of the sandwich panel. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 34(4):563-71. (In Persian with English abstract)
11. **Li, Z. and Ma, J., 2020.** Experimental study on mechanical properties of the sandwich composite structure reinforced by basalt fiber and nomex honeycomb. Materials. 13(8):1870.
12. **Mazinani, M., Rezaei, H. and Nikfarjam, M., 2007.** Comparison between theory and experiment and bals sheet honeycomb sandwich construction with cerebral vessels extremist. In 9th National Symposium of Marine Industries, 23 October, Mazandaran, Noor.
13. **Mohammadabadi, M., Miller, J., Street, J., Kim, Y. and Ragon, K., 2023.** Wood-based corrugated core sandwich panels manufactured using a wooden mold. BioResources. 18(2):3033.
14. **Najafi, A., Musavi, T., Kord, B. and Besharati Far, K., 2012.** Study on flexural creep parameters of overlayed particleboard by natural and melaminated veneers. Iranian Journal of Wood and Paper Industries. 3(1):119-28. (In Persian with English abstract)
15. **Nazeryan, M., Moazemi, V. and Mohebi Gargari, R., 2016.** The effect of core layer treatment and almond shell powder content in the glue line on the pull off adhesion sandwich panel. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 31(1):141-53. (In Persian with English abstract)

2025, The Author(s). Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

Environment & Interdisciplinary Development
Journal homepage: https://www.envjournal.ir

Evaluating the Possibility of Replacing Non-Wood Core in the Make of Wooden Sandwich Panel to Reduce the Consumption of Wood Resources, Preserve the Environment and Human Health

Pantea Omrani[1*], Hosein Rangavar[1], Afshin Rahmati Tula Rud-e Pain[1]

1*- Department of Wood Industry Engineering, Faculty of Materials Engineering & Interdisciplinary Sciences, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran, Iran

Original Article

Received: 2025.01.22

Accepted: 2025.04.21

Keywords: Sandwich Panel, Cross-Linked Polyethylene Foam, Environment, Medium Density Fiberboard, Human Health, Sustainable Development

Abstract

Introduction: Given the increase in the world's population and the subsequent increase in demand for wood and wood products, the high cost of wood, limited forest resources, damage to forests, the environment, and human health, today it is very important to create solutions to meet the needs of human societies with the aim of creating sustainable development, reducing the consumption of forest resources, and preserving the environment for human health. Therefore, this research investigated the possibility replacement and using environmentally friendly cross-linked polyethylene foam, free of harmful gases and recyclable, in the manufacture of wooden sandwich panels (A composite wood product widely used in various industries such as wood and furniture, construction, etc.).

Materials and Methods: This study was experimental and performed on a lab scale. The test sandwich panels were made from three types of medium-density fiberboards and 3 mm thickness (with natural beech veneer, synthetic melamine veneer, and no veneer) as skin and from cross-linked polyethylene foam with 30 mm thickness and 30 kg/m^3 density as core (with the use of polyvinyl acetate glue). Then, were measured properties of bending strength, modulus of elasticity, compressive strength, impact strength, and also water absorption of 2 and 24 hours. The results were analyzed with an ANOVA test.

Results: The results of ANOVA showed the effect of the skin veneer type on the mechanical properties (bending strength, modulus of elasticity, compressive strength perpendicular to the surface) and the physical properties (water absorption 2 and 24 hours after immersion in water) of the sandwich panels made at a 5% probability level was significant, but the effect of skin veneer type on impact strength is not significant. Results showed that the use of fiberboard with natural veneer on the skin of the sandwich panel has created the highest mechanical strength. The results also showed that the use of fiberboard with synthetic melamine veneer reduces the water absorption percentage of 2 and 24 hours of the made sandwich panel.

Discussion: The results showed that it is possible to make sandwich panel

* Corresponding Author's email: pantea.omrani@gmail.com

with cross-linked polyethylene foam. The cross-linked polyethylene foam is environmentally friendly and free of harmful gases, thus providing the manufacture of sandwich panel with an environmentally friendly characteristic. The manufacture of sandwich panels with non-wooden cores such as cross-linked polyethylene foam, by reducing the need for wood or forest resources that are low in Iran and the world, has led to sustainable development, preservation of forest resources, preserving the environment and human health, as well as reducing the problems of providing raw materials for the wood and furniture industries and composite wood products. It is also economically viable. On the other hand, due to the very high physical and mechanical properties of cross-linked polyethylene foam, its use in the core of a wood sandwich panel creates a wide variety of functionalities for the made sandwich panels. The various properties of cross-linked polyethylene foam, such as thermal strength (against heat and cold), chemical strength, strength to the growth of fungi and insects, non-toxicity, proper dimensional stability, moisture and sound insulation, compatibility with the environment and being free from harmful gases, quick and easy installation, and ease of transportation, have led to its many applications in various industries. These applications include: construction industries (insulation of floors, walls, shed roofs, window sealing, etc.), automotive, home appliances, packaging, furniture (sofas and bedroom service), etc. In addition to the aforementioned applications, cross-linked polyethylene foam can be used in the manufacture of sandwich panels used as interior space partitions, Interior doors of the building, wall cupboard doors, covering interior common walls, etc.