

اثر روش اختلاط بر خواص مکانیکی کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک

مجید چهارمحالی^۱، سعید کاظمی نجفی^{۱*}، مهدی تجویدی^۲

۱ - تهران، دانشگاه تربیت مدرس، صندوق پستی ۴۶۴۱۴/۳۵۶

۲ - تهران، دانشگاه تهران، صندوق پستی ۱۱۳۶۵/۴۵۶۳

دریافت: ۸۵/۷/۱۷، پذیرش: ۸۶/۴/۱۷

چکیده

در این پژوهش، خواص مکانیکی تخته‌های چوب - پلاستیک ساخته شده با دو روش اختلاط مذاب و خشک مورد مقایسه قرار گرفت. تخته‌های چوب - پلاستیک با چگالی اسمی 1 g/cm^3 و ابعاد اسمی $35 \times 35 \times 1 \text{ cm}$ از ضایعات پلی اتیلن سنگین حاصل از بطری‌های شیر (به عنوان پلاستیک) و MDF (به عنوان آرد یا پرکننده) با نسبت وزنی ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد آرد ساخته و سپس خواص مکانیکی آنها مانند مدول کشسان خمشی، استحکام خمشی، قدرت نگهداری پیچ و میخ عمود بر سطح و مقاومت به ضربه بدون فاق اندازه‌گیری شد. در هر دو روش، بیشترین مقدار مدول خمشی در سطح ۷۰ درصد الیاف به دست آمد. استحکام خمشی، قدرت نگهداری پیچ و میخ عمود بر سطح و مقاومت به ضربه بدون فاق کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک با افزایش درصد آرد از ۶۰ به ۸۰ درصد کاهش یافت. در تمام ترکیب‌های مشابه خواص مکانیکی کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک ساخته شده به روش خشک به طور عمومی از روش مذاب بهتر بود.

واژه‌های کلیدی

کامپوزیت چوب - پلاستیک،
خواص مکانیکی، MDF،
اختلاط مذاب، اختلاط خشک

* مسئول مکاتبات، پیام‌نگار:

skazemi@modares.ac.ir

Effect of Blending Method on the Mechanical Properties of Wood-Plastic Composites

M. Chaharmahali¹, S. Kazemi Najafi¹ and M. Tajvidi²

1. Tarbiat Modares University, P.O. Box: 46414/356, Tehran, Iran

2. Tehran University, P.O. Box: 11365/4563, Tehran, Iran

Abstract

In this study, the possibility of producing wood-plastic panels was studied using two different blending methods including melt blend and dry blend. Wood-plastic panels were made from recycled high density polyethylene (as resin) and MDF waste (as natural fiber) at 60, 70 and 80% by weight filler loading. Nominal density and dimensions of the panels were 1 g/cm^3 and $35 \times 35 \times 1 \text{ cm}$, respectively. The mechanical properties of the panels including flexural elastic modulus, flexural strength, screw and nail withdrawal resistance, and impact strength were studied. Maximum values of flexural modulus of wood-plastic panels were found at 70% fiber content in both methods. Flexural strength, screw and nail withdrawal resistance and impact strength of wood-plastic composites reduced with the increase in fiber content from 60% to 80%. Mechanical properties of samples made with dry blend method were generally higher than those of samples made with melt blend method for all corresponding formulations.

Key Words

wood-plastic composite,
MDF, mechanical properties,
melt blend, dry blend

(*) To whom correspondence should be addressed.

E-mail: skazemi@modares.ac.ir

مقدمه

کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک که به اختصار WPC (wood-plastic composite) نامیده می‌شوند، گروه جدیدی از مواد هستند که در بسیاری از کشورهای پیشرفته در حال تولید و گسترش‌اند. در ساخت این کامپوزیت‌ها محدوده وسیعی از پلیمرها مثل پلی پروپیلن، پلی اتیلن، پلی وینیل کلرید و پلی استر به همراه پرکننده‌های سلولوزی شامل پودر و الیاف حاصل از مواد چوبی، پودر و الیاف حاصل از بقایای محصولات کشاورزی و ضایعات حاصل از انواع کاغذ قابل استفاده‌اند [۱].

به دنبال افزایش نسبی قیمت پلاستیک‌ها در چند سال گذشته، افزودن الیاف و پرکننده‌های طبیعی به منظور کاهش هزینه‌ها در صنعت پلاستیک و در برخی موارد افزایش میزان تولید، مورد توجه قرار گرفت [۲]. همچنین، استفاده از این مواد مزایای دیگری نیز نسبت به پرکننده‌های معدنی (رس، تالک و آهک) و الیاف مصنوعی (شیشه و کربن) دارد که عبارتند از: قیمت کم، چگالی کم، قابلیت پرکنندگی زیاد، دسترسی به انواع مختلفی از الیاف در سرتاسر جهان، زیست تخریب پذیری، ضریب انبساط گرمایی کم، تجدید شونده‌گی، عدم سایش ماشین آلات و عدم تولید مواد سمی بعد از سوختن [۳،۴]. از این رو، با ورود الیاف و پرکننده‌های سلولوزی به صنعت پلاستیک کامپوزیت‌های چوبی متولد شدند که شامل الیاف چوب یا دیگر مواد لیگنوسلولوزی به عنوان پرکننده یا تقویت کننده و گرمانرم هستند. با توجه به ویژگی‌های بسیار خوب کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک، این مواد کاربردهای مختلفی یافته‌اند و استفاده از آنها به سرعت رو به افزایش و گسترش است. تجارت کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک از سال ۱۹۹۸ رشد ۲۵ درصدی داشته است.

تقاضا برای تولید کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک در آمریکای شمالی و اروپا از ۵۰۰۰۰ تن در سال ۱۹۹۵ به ۷۰۰۰۰ تن در سال ۲۰۰۲ رسیده است [۵]. پیش بینی شده است که WPC ها تا سال ۲۰۱۰ سالانه حدود ۱۴ درصد رشد داشته باشند. تجارت WPC ها بیشترین رشد را در بخش‌های مختلف صنعت پلاستیک داشته است. این مواد کاربردهای زیادی دارند و می‌توانند به راحتی در بیشتر موارد جایگزین تولیدات چوبی و پلاستیکی شوند.

ساختمان‌سازی، تزئینات داخلی و خارج ساختمان و خودروسازی بخش‌های اصلی هستند که این محصولات در آنها به کار گرفته می‌شوند. بزرگترین و سریع‌ترین رشد بازار برای WPC ها در کاربردهای خارج ساختمان و محصولات ساختمانی است که حدود ۷۰ درصد کل تولید WPC ها را به خود اختصاص می‌دهد. هیچ یک از محصولات ساختمانی به چنین تقاضایی نرسیده‌اند [۵،۶].

روش‌های مختلفی برای تولید کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک

وجود دارد از جمله: اکستروژن، تزریق، انتقال رزین و پرس گرم. محصول تولید شده از هر روش دارای خواص و کاربردهای متفاوتی است. در روش پرس گرم می‌توان تخته‌هایی با ابعاد بزرگ، چگالی متفاوت و حجم زیاد تولید کرد. ضمن این که می‌توان از حجم زیاد الیاف (بیشتر از ۸۰ درصد وزنی) در این روش استفاده کرد. بنابراین، محصولات تولیدی به دلیل داشتن درصد زیادی الیاف، زیست تخریب پذیر و بسیار سازگار با محیط هستند.

تخته‌های ساخته شده با روش پرس گرم رقیب جدی برای تخته‌های MDF (medium density fiberboard) و تخته خرده چوب (نئوپان) هستند، زیرا یکی از مهم‌ترین معایب این محصولات انتشار گاز فرمالدهید هنگام ساخت و حتی هنگام مصرف است (در ساخت این تخته‌ها اغلب از چسب اوره - فرمالدهید استفاده می‌شود) که با ورود تخته‌های چوب - پلاستیک این مشکل برطرف می‌شود. از طرف دیگر، در ساخت تخته‌های چوب - پلاستیک می‌توان حتی از ضایعات لیگنوسلولوزی، که قابل استفاده در ساخت تخته خرده چوب و MDF نیستند، مانند ذرات ریز حاصل از سمباده‌زنی مواد چوبی و خاک اوره استفاده کرد.

در روش پرس گرم ابتدا پلاستیک و پرکننده در دستگاه‌های مخصوص اختلاط با گرمادهی با یکدیگر مخلوط شده و سپس به دانه (pellet) تبدیل می‌شوند. دانه‌ها با پرس گرم به تخته‌های مورد نظر تبدیل می‌شود. چون در این روش پلیمر ذوب و در حالت مذاب با پرکننده مخلوط می‌شود. از این رو، به آن، روش اختلاط مذاب اطلاق می‌شود. در واقع، اختلاط بخش مهم و حساس و در عین حال هزینه بر تولید تخته‌های چوب - پلاستیک است. بنابراین، اگر بتوان با حذف این مرحله و با استفاده از روش‌های آسانتر و فنی تخته‌های چوب - پلاستیک با کیفیت مطلوب تولید کرد، می‌توان هزینه تولید این مواد و حجم سرمایه‌گذاری را به مقدار قابل توجهی کاهش داد.

بدین منظور در پژوهش حاضر، اختلاط ساده فیزیکی پلیمر و پرکننده در حالت خشک (اختلاط خشک) در هم‌زن‌های مکانیکی معمولی مورد توجه قرار گرفت و کیفیت تخته‌های تولید شده با روش اختلاط مذاب مقایسه شد. با توجه با این که این تخته‌ها به منظور جای‌گزین تخته خرده چوب و MDF مدنظر هستند، کیفیت این تخته‌ها با تخته‌های رایج مصرفی نیز مقایسه شده است.

تجربی

مواد

در این پژوهش، از پلی اتیلن سنگین (HDPE) ضایعاتی تهیه شده از

شدند (جدول ۲). اختلاط پلی اتیلن ضایعاتی و آرد MDF به دو روش مختلف زیر انجام شد:

۱- روش اختلاط مذاب: آرد خشک شده MDF و پلی اتیلن (به شکل دانه) مورد نیاز برای هر ترکیب به وسیله اکسترودر دومارپیچ ناهمسوگرد با ۶ منطقه گرمایی در دمای متوسط 170°C و با سرعت 10 rpm با هم مخلوط و پس از اختلاط، به کمک آسیاب به دانه تبدیل شدند. صفحه‌ها قبل از مرحله پرس گرم در یک گرم‌خانه با دمای 80°C و به مدت 24 h خشک شدند.

۲- روش اختلاط خشک: برای اختلاط بهتر آرد و پلی اتیلن و به دست آوردن مخلوط همگن‌تر در ابتدا دانه‌های پلی اتیلن به پودر تبدیل شدند (ابعاد پودر پلاستیک در جدول ۱ آورده شده است). آرد MDF کاملاً خشک و پودر پلی اتیلن به کمک مخلوط‌کن آزمایشگاهی با سرعت 1500 rpm و به مدت 5 min با هم مخلوط شدند. در این مرحله پلی اتیلن ذوب نمی‌شود و هدف از آن به دست آوردن مخلوطی کاملاً همگن از آرد چوب و پودر پلاستیک بود.

ساخت تخته‌ها

از اختلاط انجام شده با استفاده از شابلون و به وسیله دستگاه پرس گرم هیدرولیک، صفحاتی (کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک) به ضخامت اسمی 1 cm و ابعاد $35 \times 35\text{ cm}$ تهیه شد. زمان و دمای پرس گرم به ترتیب 25 min و 195°C تنظیم شد.

یادآور می‌شود، برای خروج بخار حاصل از رطوبت احتمالی، گازهای فرار ناشی از تجزیه مواد چوبی یا گاز فرمالدهید (به دلیل وجود چسب اوره - فرمالدهید در آرد MDF) در 20 min اول پرس گرم از دو عدد فضا دهنده آهنی روی دو طرف شابلون استفاده شد. پس از اتمام زمان پرس گرم، تخته‌ها به مدت 5 min داخل پرس سرد قرار داده شدند، تا زیر فشار

جدول ۲- درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده نمونه‌های مختلف کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک.

شماره	روش اختلاط	درصد آرد MDF	درصد پلی اتیلن ضایعاتی
۱	خشک	۶۰	۴۰
۲		۷۰	۳۰
۳		۸۰	۲۰
۴	مذاب	۶۰	۴۰
۵		۷۰	۳۰
۶		۸۰	۲۰

بطری‌های شیر مستعمل استفاده شد. شاخص جریان مذاب پلی اتیلن سنگین ضایعاتی مورد استفاده $18\text{ g}/10\text{ min}$ بوده است. این شاخص در دمای 190°C و با وزنه $2/15\text{ kg}$ معین شد.

ضایعات تخته فیبر با چگالی متوسط که از کارخانه خزر چوب تهیه شدند، شامل دو بخش بودند:

۱- خاک اره حاصل از کناره‌بری تخته‌های تولید شده برای صاف کردن لبه تخته‌ها و

۲- قطعات حاصل از کناره‌بری تخته‌ها، که این قطعات ابتدا خرد و سپس به وسیله آسیاب چکشی به پودر تبدیل شدند. بعد از آن پودر و خاک اره به دست آمده با نسبت‌های وزنی مساوی با هم مخلوط شدند. مشخصات ذرات این مخلوط (آرد MDF) در جدول ۱ آورده شده است. تخته‌های MDF و تخته خرده چوب به ترتیب از کارخانه‌های خزر چوب و نئویان گنبد تهیه شدند. این صفحات به منظور تهیه نمونه‌های شاهد برای مقایسه خواص مورد مطالعه آنها با کامپوزیت‌های چوب - پلاستیک ساخته شده در آزمایشگاه، استفاده شدند.

دستگاه‌ها

اکسترودر دومارپیچ ناهمسوگرد مدل WPC-۴۸۵۱ ساخت شرکت برنا پارس مهر، دستگاه پرس گرم هیدرولیک، ماشین آزمون Dratec برای آزمون خمشی، دستگاه ضربه نوع ایزود و دستگاه آزمون مکانیکی Instron به کار گرفته شد.

روش‌ها

آماده‌سازی مواد اولیه

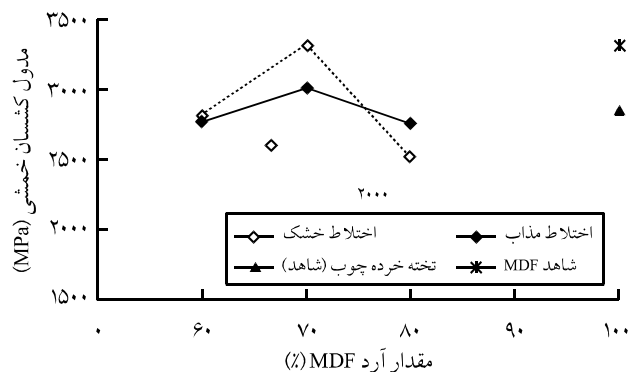
آرد MDF در گرم‌خانه با دمای 80°C به مدت 24 h خشک و برای جلوگیری از جذب رطوبت داخل کیسه‌های پلاستیکی ریخته شد.

فرایند اختلاط

آرد MDF خشک شده و پلی اتیلن ضایعاتی با نسبت درصد وزنی مورد نظر مطابق جدول ۲ برای ساخت تخته‌ها مخلوط شدند. هر یک از نمونه‌ها بر اساس مقدار آرد MDF مصرفی و روش اختلاط کدگذاری

جدول ۱- مشخصات ذرات ضایعات MDF و پلی اتیلن.

مش	< ۳۰	۳۰-۴۰	۴۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	> ۱۰۰
نوع ماده	MDF	پودر پلی اتیلن			
	۱۲/۵	۱۹	۲۷	۳۵	۹



شکل ۲- اثر روش اختلاط و مقدار آرد چوب بر مدول کشسان خمشی تخته‌های چوب-پلاستیک.

تخته کامپوزیتی چوب-پلاستیک نشان می‌دهد. با افزایش درصد آرد از ۶۰ به ۷۰ درصد مدول کشسان نمونه‌های ساخته شده به هر دو روش اختلاط افزایش می‌یابد (این افزایش در روش اختلاط خشک معنی دار و در روش اختلاط مذاب معنی دار نیست). پس از آن با افزایش درصد الیاف به ۸۰ درصد مدول کشسان به طور معنی داری در هر دو روش کاهش می‌یابد که مقدار کاهش برای روش اختلاط خشک بیشتر است، به طوری که مدول کشسان تخته‌های ساخته شده به روش اختلاط مذاب در ۸۰ درصد آرد بیشتر از روش اختلاط خشک می‌شود (برخلاف ۶۰ و ۷۰ درصد). نتایج سندی (Sanadi) و همکاران نیز نشان می‌دهد که مدول کشسان کامپوزیت ساخته شده با ۸۰ درصد آرد چوب از ۶۰ درصد کمتر است [۱۰].

یکی از مهم‌ترین عوامل که بر مدول کشسان کامپوزیت اثر می‌گذارد، مدول کشسان اجزای تشکیل‌دهنده آن است. مدول کشسان چوب از پلی‌اتیلن بیشتر است [۱۱]؛ بنابراین با افزایش مقدار آرد از ۶۰ به ۷۰ درصد مدول کشسان نمونه‌های چوب-پلاستیک افزایش می‌یابد، ولی با بیشتر شدن مقدار آرد تا ۸۰ درصد به دلیل افزایش بحرانی مقدار آرد و کاهش مقدار پلاستیک، کامپوزیت به خوبی قابلیت تحمل نیروهای تغییر شکل را ندارد، زیرا در کامپوزیت چوب-پلاستیک ساخته شده با درصد زیادی آرد همانند این تخته‌ها، پلاستیک نقش چسب را برای چسباندن ذرات چوب ایفا می‌کند. در سطح ۸۰ درصد آرد مقدار کافی پلاستیک برای چسباندن مناسب ذرات چوب وجود ندارد، بنابراین افزایش آرد چوب تا این سطح به جای این که اثر مفیدی در افزایش مدول کشسان داشته باشد، نتیجه عکس دارد و نمونه‌ها با وارد شدن بار به راحتی تغییر شکل می‌دهند.

شکل ۲ همچنین نشان می‌دهد که مدول کشسان تخته‌های چوب-پلاستیک ساخته شده از ۷۰ درصد آرد قابل مقایسه با مدول کشسان تخته‌های MDF و تخته خرده چوب است.



شکل ۱- چند نمونه از تخته‌های چوب-پلاستیک به ابعاد ۱۳۳۵×۳۵ cm.

سرد شوند. تعدادی از تخته‌های ساخته شده در شکل ۱ نشان داده شده‌اند.

تهیه نمونه‌های آزمون

صفحات ساخته شده پس از این که به مدت دو هفته در آزمایشگاه شرایط دهی شدند، به منظور تهیه نمونه‌های آزمون با توجه به آزمایش‌های پیش‌بینی شده برش داده شدند.

اندازه‌گیری خواص مکانیکی

آزمون خمش سه نقطه‌ای مطابق استاندارد ۳۱۰ DIN-EN [۷] با ماشین آزمون Dartec، آزمون ضربه مطابق استاندارد ASTM D۲۵۶ با دستگاه ضربه و آزمون‌های قدرت نگهداری پیچ و میخ عمود بر سطح به ترتیب مطابق با استانداردهای ۳۲۰ DIN-EN [۸] و ASTM D۱۰۳۷ [۹] و با دستگاه آزمون مکانیکی انجام شدند.

پردازش آماری داده‌ها

برای بررسی و مقایسه خواص مکانیکی تخته‌ها از آزمون تجزیه واریانس تک راهی (one way) در قالب طرح کاملاً تصادفی در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. در مواردی که تفاوت نمونه‌های مختلف مورد مقایسه معنی دار تشخیص داده شدند، با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن مقایسه چندگانه میانگین‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

مدول کشسان خمشی

شکل ۲ اثر روش ساخت و مقدار آرد MDF را بر مدول کشسان خمشی

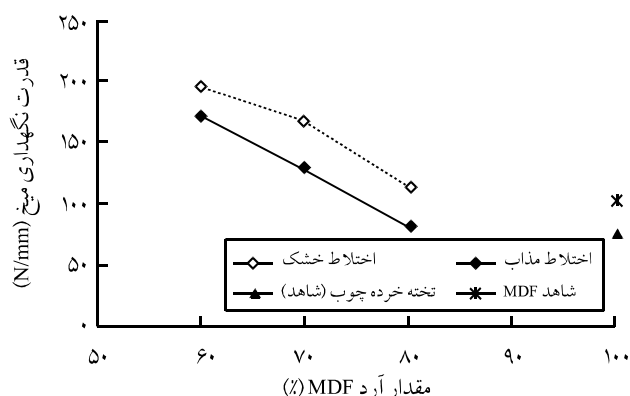
پلاستیک باعث ایجاد اتصال بین آنها می‌شود، ولی در روش اختلاط خشک عامل اتصال دانه‌های ریز پلی اتیلن هستند که در زمان پرس ذوب شده و باعث ایجاد اتصال بین ذرات چوب می‌شوند و هر چه شاخص جریان مذاب پلیمر بیشتر باشد، پلیمر در زمان پرس روان تر است. به همین دلیل سطح بیشتری را پوشش می‌دهد و اتصال بهتری را ایجاد می‌کند. ولی، از آن جا که اضافه کردن الیاف به پلاستیک شاخص جریان مذاب آن را کاهش می‌دهد و روانی آن را در زمان پرس کم می‌کند [۱۲،۱۳] در نتیجه در هم‌رفتگی ذرات صفحه در زمان پرس کاهش می‌یابد که این عامل نیز در ایجاد اتصالات ضعیف تر مؤثر است.

شکل ۳ نشان می‌دهد که تخته‌های چوب - پلاستیک ساخته شده نسبت به تخته‌های MDF استحکام کمتری دارند، ولی نسبت به تخته خرده چوب استحکام خمشی بیشتری نشان می‌دهند (به ویژه در روش اختلاط خشک).

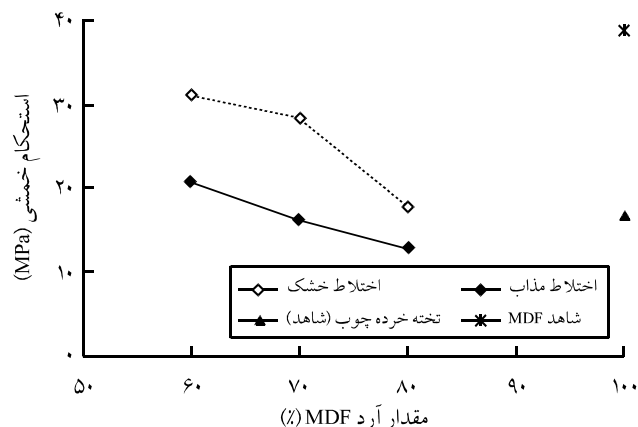
قدرت نگهداری پیچ عمود بر سطح

قدرت نگهداری پیچ از خواص مهم و کاربردی کامپوزیت چوبی است. در شکل ۴ به وضوح مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار الیاف از ۶۰ به ۸۰ درصد قدرت نگهداری پیچ نمونه‌ها به طور معنی داری کاهش می‌یابد، که دلیل آن کاهش چسبندگی بین آرد در نتیجه کاهش پلاستیک است. در تمام ترکیب‌های مشابه مقاومت به پیچ عمود بر سطح نمونه‌های ساخته شده به روش اختلاط خشک نسبت به روش اختلاط مذاب بیشتر است.

فالک (Falk) و همکاران دلیل کاهش مقاومت به پیچ تخته‌های چوب - پلاستیک با افزایش مقدار الیاف را به قابلیت تبعیت پلاستیک از رزوه‌های پیچ و انتقال پیوسته بار در طول رزوه پیچ نسبت داده‌اند [۷]، زیرا پلاستیک انعطاف پذیرتر از چوب است، بنابراین افزایش مقدار آن



شکل ۴- اثر روش اختلاط و مقدار آرد چوب بر مقاومت به پیچ عمود بر سطح تخته‌های چوب - پلاستیک.



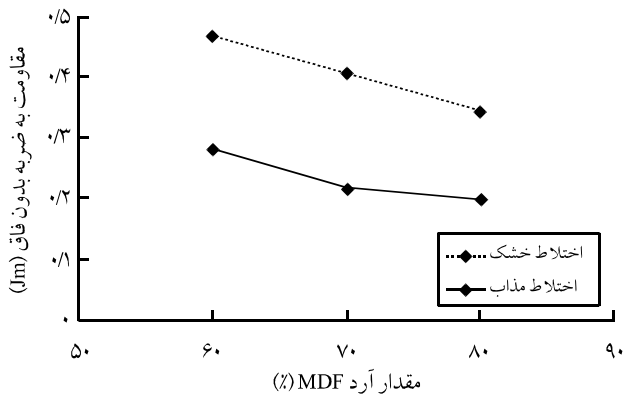
شکل ۳- اثر روش اختلاط و مقدار آرد چوب بر استحکام خمشی تخته‌های چوب - پلاستیک.

استحکام خمشی

شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش درصد آرد چوب از ۶۰ به ۸۰ درصد استحکام خمشی کاهش می‌یابد. به طور کلی، در کامپوزیت چوب - پلاستیک دارای مقادیر زیادی الیاف، پلاستیک نقش چسب را برای اتصال ذرات چوب به هم ایفا می‌کند. البته اتصالی را که با آرد چوب ایجاد می‌کند، از نوع مکانیکی است. عدم ایجاد پیوندهای شیمیایی به دلیل ماهیت غیرقطبی پلاستیک و ماهیت قطبی الیاف چوب است. این اتصال در نتیجه ذوب شدن پلاستیک به وجود می‌آید و باعث اتصال آرد چوب به یکدیگر می‌شود، بنابراین با کاهش درصد پلاستیک مقدار این اتصالات نیز کاهش می‌یابد که در نتیجه آن مقاومت‌های مکانیکی کاهش می‌یابد. علاوه بر این، استحکام خمشی کامپوزیت ساخته شده با روش اختلاط خشک در همه سطوح آرد به طور معنی داری از روش اختلاط مذاب بیشتر است.

دلایل احتمالی بیشتر بودن مدول کشسان و استحکام خمشی کامپوزیت ساخته شده با روش اختلاط خشک نسبت به روش اختلاط مذاب را می‌توان این طور بیان کرد:

- ۱ - شکستگی، له شدن و نیز تخریب گرمایی الیاف در مرحله اکستروژن و هم چنین آسیب دیدن آرد در نتیجه خرد کردن محصول خروجی از اکسترودر.
- ۲ - کمتر بودن چگالی حجمی مواد مخلوط شده با روش اختلاط خشک در مقایسه با مواد مخلوط شده به روش اختلاط مذاب. یعنی در وزنی مشخص حجم مواد مخلوط شده در روش خشک بیشتر از روش مذاب است. این امر سبب می‌شود که فشردگی و درهم رفتگی مواد در زیر پرس در روش اختلاط خشک بیشتر شود.
- ۳ - در روش اختلاط مذاب، ذوب شدن صفحه‌های چوب -



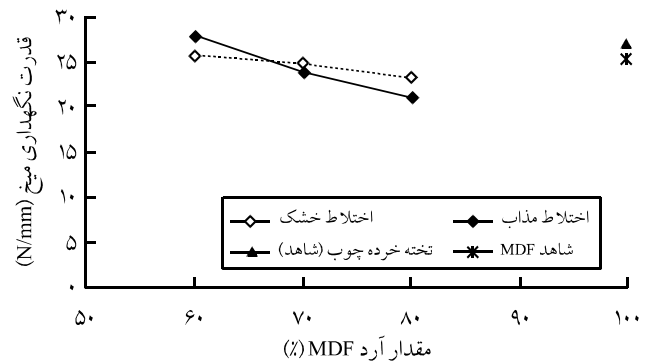
شکل ۶- اثر روش اختلاط و مقدار آرد چوب بر مقاومت به ضربه بدون فاق تخته‌های چوب - پلاستیک.

مقاومت‌های مکانیکی است. افزون بر این، در تمام سطوح یاف مقاومت به ضربه کامپوزیت ساخته شده با روش اختلاط خشک به طور معنی داری از روش اختلاط مذاب بیشتر است و این اختلاف در سطح ۶۰ درصد بیشتر و با افزایش درصد یاف این اختلاف کمتر می‌شود.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، اثر روش اختلاط پلی اتیلن سنگین بازیافتی و آرد MDF بر خواص مکانیکی کامپوزیت ساخته شده با روش پرس گرم مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که در هر دو روش بیشترین مقدار مدول کشسان در سطح ۷۰ درصد یاف به دست آمده است. در هر دو روش با افزایش مقدار یاف از ۶۰ به ۸۰ درصد استحکام خمشی، مقاومت به پیچ و میخ عمود بر سطح و مقاومت به ضربه ایزود بدون فاق کاهش می‌یابد. مدول کشسان، استحکام خمشی، مقاومت به پیچ عمود بر سطح و مقاومت به ضربه نمونه‌های ساخته شده به روش اختلاط خشک در تمام سطوح ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درصد یاف از روش اختلاط مذاب بیشتر است. خواص مکانیکی کامپوزیت ساخته شده در اکثر موارد بهتر از تخته‌های رایج مورد استفاده (تخته خرده چوب و MDF) به ویژه در درصدهای کمتر آرد مشاهده شده است.

به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که نمونه‌های ساخته شده به روش خشک خواص مکانیکی بهتری در مقایسه با نمونه‌های تهیه شده به روش مذاب نشان می‌دهند و قابل رقابت با تخته‌های کامپوزیتی چوبی رایج هستند. با توجه به سادگی روش، هزینه سرمایه‌گذاری کم و هزینه تولید کمتر، این روش می‌تواند به عنوان صنعتی کوچک و زود بازده مورد توجه قرار گیرد.



شکل ۵- اثر روش اختلاط و مقدار آرد چوب بر مقاومت به میخ عمود بر سطح تخته‌های چوب - پلاستیک.

در کامپوزیت چوب - پلاستیک انعطاف‌پذیری این مواد را افزایش می‌دهد.

شکل ۴ نشان می‌دهد که در درصدهای کمتر آرد، قدرت نگهداری پیچ در تخته‌های کامپوزیتی چوب - پلاستیک بیشتر از تخته‌های MDF و تخته خرده چوب است.

قدرت نگهداری میخ عمود بر سطح

همان‌طور که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود با افزایش درصد یاف، قدرت نگهداری میخ عمود بر سطح نمونه‌ها کاهش می‌یابد. دلایل این امر را می‌توان به ضعیف‌تر شدن اتصال بین یاف و کاهش انعطاف‌پذیری نمونه‌ها با کاهش پلاستیک نسبت داد (زیرا انعطاف‌پذیری سبب می‌شود که بعد از وارد شدن میخ به درون نمونه به خوبی احاطه شود، در نتیجه هنگام خارج کردن آن انرژی بیشتری صرف شود). به جز در سطح ۶۰ درصد یاف در بقیه سطوح مقاومت به میخ کامپوزیت ساخته شده به روش اختلاط خشک از اختلاط مذاب بیشتر است، ولی این اختلاف در هیچ یک از سطوح معنی دار نیست.

قدرت نگهداری میخ در تخته‌های کامپوزیتی چوب - پلاستیک در حد تخته‌های MDF و تخته خرده چوب مشاهده شده است (شکل ۵).

استحکام به ضربه ایزود بدون فاق

مقاومت به ضربه بدون فاق معرف مقاومت ماده در برابر ایجاد شکست است. بنابراین، بیشتر بودن مقاومت به ضربه بدون فاق نشان دهنده انرژی جذب شده بیشتر است [۱۴].

شکل ۶ نشان می‌دهد که با افزایش درصد یاف استحکام به ضربه کاهش می‌یابد. نتایج مشابهی نیز در استحکام خمشی و مقاومت پیچ و میخ عمود بر سطح به دست آمد که نشان دهنده اثر زیاد آرد چوب بر

مراجع

1. Standard Test Methods of Evaluating the Properties of Wood-base Fiber and Particle Panel Material, Annual Book of ASTM D 1037-96a, 1999.
2. Bledzki A.K., Reihmane S. and Gassan J., Thermoplastics Reinforced with Wood Fillers: A Literature Review, *Polym. Plast. Technol. Eng.*, **37**, 451-68, 1998.
3. Eckert C., Opportunities for Natural Fiber in Plastic Composites, Progress in Wood Fiber-Plastic Composites Conference, 2000.
4. Espert A., Vilaplana F. and Karlsson S., Comparison of Water Absorption in Natural Cellulosic Fibers from Wood and One-Year Crops in Polypropylene Composites and Its Influence on their Mechanical Properties, *Composites, Part A*, **35**, 1267-1276, 2004.
5. European Standard Determination of Modulus of Elasticity in Bending and Bending Strength, DIN EN 310, 1993.
6. European Standard Determination of Resistance to Axial Withdrawal of Screw, DIN EN 320, 1993.
7. Falk R.H., Vos D.G., Cramer S.M. and English B.W., Performance of Fasteners in Wood Flour-Thermoplastic Composite Panel, *Forest Product J.*, **51**, 55-61, 2001.
8. Kamdem D.P., Jiang H., Cui W., Freed J. and Matuana L.M., Properties of Wood Plastic Composites Made of Recycled HDPE and Wood Flour from CCA-treated Wood Removed from Service, *Composites, Part A*, **35**, 347-355, 2004.
9. Ichazo M.N., Albano C., Gonzalez G., Perera R. and Candal M.V., Polypropylene/Wood Flour Composites: Treatments and Properties, *Compos. Struct.*, **54**, 207-214, 2001.
10. Sanadi A.R., Caulfield D.F. and Rowell R.M., Reinforcing Polypropylene with Natural Fiber, *Plast. Eng.*, **1**, 27-28, 1994.
11. Kazemi Najafi S., Hamidinia E. and Tajvidi M., Mechanical Properties of Composites from Sawdust and Recycled Plastics, *J. Appl. Polym. Sci.*, **100**, 3641-3645, 2006.
12. Morton J., Current and Emerging Application for Natural and Wood Fiber Composite, *Presentation in the 7th International Conference of Wood Fiber-Plastic Composite*, Madison. May 19-20, 2003.
13. Sanadi A.R., Hunt J.F., Caulfield D.F., Kovacsvolgyi G. and Destree B., High Fiber-low Matrix Composites: Kanaf Fiber/Polypropylene, *The Sixth International Conference on Wood-Fiber Composites*, Forest Product Society, 121-124, 2001.
14. Tajvidi M., *Study on the Engineering and Viscoelastic Properties of Composites Made from Thermoplastics Polymer and Natural Fiber Using Dynamically-Mechanically Analysis*, PhD Thesis, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran, 2003.