

بررسی استفاده از پلی‌وینیل کلراید (PVC) بازیافتی در ساخت چندسازه چوب-پلاستیک

حسین رنگ آور^{۱*}، عبدالرسول ارومیه‌ای^۲، ارسلان صفرپور^۳ و طاهره قلی‌پور^۴

*۱- نویسنده مسئول، استادیار گروه صنایع چوب، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

پست الکترونیک: hrrangavar@yahoo.com

۲- دانشیار پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

۳- کارشناس ارشد صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران

۴- دانشجوی کارشناس ارشد صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۰

چکیده

این بررسی با هدف استفاده از پلی‌وینیل کلراید (PVC) بازیافتی به همراه پودر چوب پهن‌برگ در ساخت چندسازه چوب-پلاستیک مورد ارزیابی قرار گرفت. از مخلوط پودر چوب پهن‌برگ به‌عنوان پرکننده و در سه سطح ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد بر اساس وزن تخته‌ها و با ابعاد مش ۱۵۰ و همچنین از PVC به‌عنوان پلیمر زمینه در سه نوع خالص، بازیافتی و مخلوط (۵۰ درصد خالص و ۵۰ درصد بازیافتی) استفاده شد. همچنین از انیدرید مالئیک پلی-پروپیلنی (MAPP) به‌عنوان جفت‌کننده به میزان ثابت ۵ درصد وزن PVC در تمامی تخته‌ها استفاده گردید. فرآورده چندسازه با روش اکستروژن و قالبگیری تزریقی تولید شد و خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌های آزمون مطابق با استاندارد ASTM مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از PVC بازیافتی به میزان ۵۰ درصد در ساخت چندسازه چوب-پلاستیک سبب افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته گردید. درحالی که مقاومت به ضربه ایزود و ازدیاد طول نمونه‌ها در نقطه تسلیم کاهش و جذب آب آنها افزایش یافت. افزایش میزان پودر چوب سبب کاهش ازدیاد طول و مقاومت به ضربه ایزود نمونه‌ها شد و استفاده از آن تا سطح ۴۰ درصد به دلیل محصور شدن تمامی ذرات چوبی باعث افزایش مقاومت خمشی گردید.

واژه‌های کلیدی: چوب-پلاستیک، پلی‌وینیل کلراید بازیافتی، خواص فیزیکی و مکانیکی، پودر چوب.

مقدمه

مواد مرکب نشانه گام‌های بزرگی هستند که در راه تکامل مواد مهندسی برداشته شده‌اند. آمیزه‌های چوب یا مواد سلولزی با پلیمرها در سه دهه اخیر مورد توجه پژوهشگران و صنعتگران قرار گرفته است. مواد مرکب

چوب-پلاستیک^۱ (WPC) اشاره به شماری از فرآورده‌هایی دارد که در آنها چوب به هر شکل ممکن با پلیمرهای مختلف ترکیب می‌شود. این مواد کاربردهای زیادی دارند و می‌توانند به راحتی در بیشتر موارد جایگزین

1- wood-plastic composite

Wechesler و همکاران (۲۰۰۷) تأثیر الیاف چوب کاج رادیاتا و پودر آن با مش ۱۰ تا ۱۰۰، در دو سطح ۶۰ و ۸۰ درصد را در ساخت کمپوزیت‌های چوب پلاستیک با استفاده از پلاستیک گرمانرم پلی‌پروپیلن مورد بررسی قرار دادند. نمونه‌ها به صورت صفحه‌ای، با فشار پرس ۴۰ بار و دمای ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۵ دقیقه، در یک محیط با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۵ درصد ساخته شدند. خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها شامل (مقاومت خمشی، مقاومت کششی و مقاومت به سختی) و همچنین جذب آب در ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری اندازه‌گیری شد. چندسازه‌های ساخته‌شده از ذرات چوب با مش ۱۰ تا ۱۰۰ و با درصد اختلاط ۶۰ و ۸۰ درصد در مقایسه با چندسازه‌های ساخته‌شده از الیاف با همان درصد اختلاط، دارای مقاومت‌های مکانیکی کمتری بوده‌اند.

نوربخش و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی تأثیر استفاده از میزان الیاف حاصل از ضایعات کارتن در ساخت چوب-پلاستیک به این نتیجه رسیدند که استفاده از ۷۰ درصد الیاف باعث افزایش مقاومت و مدول خمشی می‌گردد. همچنین دریافتند که چسبندگی داخلی، مقاومت و مدول کششی و واکنش‌پذیری ضخامت تا ۵۵ درصد الیاف سلولزی در حد مناسبی می‌باشد.

قاسمی و همکاران (۱۳۷۵) اثر اندازه ذرات چوب را بر خواص فیزیکی و مکانیکی و رفتار رئولوژیکی چندسازه‌های چوب پلی‌پروپیلن، بررسی کرده و نتیجه گرفتند که با افزایش اندازه ذرات چوب، مدول کششی نمونه‌ها افزایش و استحکام کششی آنها کاهش می‌یابد. اما ازدیاد طول تا حد پارگی، تغییرات قابل ملاحظه‌ای را نشان نمی‌دهد. شاخص جریان مذاب با کاهش اندازه

تولیدات چوبی و یا پلاستیکی شوند. به‌عنوان مثال در ساختمان سازی، دکوراسیون داخل و خارج ساختمان، خودروسازی، پروفیل‌های در و پنجره و ... کاربرد فراوان دارد. بزرگترین و سریع‌ترین رشد بازار WPCها برای کاربردهای خارج ساختمان و محصولات ساختمانی می‌باشد که در حدود ۷۰ درصد کل تولید را به خود اختصاص می‌دهند. هیچ یک از محصولات ساختمانی به چنین تقاضایی نرسیده‌اند (Bledzki *et al.*, 1998), (Morton, (Clemons *et al.*, 2000), (Eckert, 2000), (2003).

همچنین چوب-پلاستیک در مقایسه با سایر مواد مرکب چوبی از قبیل MDF و تخته خرده چوب به علت عدم استفاده از چسب اوره فرمالدئید مشکل انتشار گاز فرمالدئید و در نتیجه آلودگی محیط زیست را ندارد، بنابراین در محیط‌های بسته کاربرد آن مناسب‌تر می‌باشد (چهارم‌حالی و همکاران، ۱۳۸۵).

به دنبال افزایش نسبی قیمت پلاستیک‌ها در چندین سال گذشته، افزودن الیاف و پُرکننده‌های طبیعی به منظور کاهش هزینه‌ها در صنعت پلاستیک و در برخی موارد افزایش تولید، مورد توجه قرار گرفت (Sanadi *et al.*, 1994). همچنین وجود ضایعات فراوان انواع پلاستیک در طبیعت، مشکلات تخریب محیط زیست را به دنبال دارد و استفاده از آنها در کاهش قیمت تمام شده این محصول می‌تواند نقش به‌سزایی داشته باشد. با توجه به اینکه PVC بعد از پلی‌اتیلن دومین بسپار گرمانرم مورد استفاده در صنعت پلاستیک می‌باشد؛ بنابراین استفاده از آن و ضایعاتش در صنایع چوب-پلاستیک بسیار حائز اهمیت است. در خصوص استفاده از مواد پلیمری و شرایط ساخت WPC تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفته که در زیر به شرح برخی از آنها اشاره می‌شود.

مواد و روشها

مواد مورد استفاده در این تحقیق شامل پودرچوب پهن‌برگان به صورت مخلوط به‌عنوان فیلر و فاز پراکنده، با مش ۱۵۰ و دانسیته ۰/۶۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب، در سه سطح ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد و گرانول پلی‌وینیل‌کلراید (PVC) به‌عنوان پلیمر زمینه و فاز پیوسته با دانسیته ۱/۳۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب در سه نوع خالص، بازیافتی و مخلوط آن دو (۵۰ درصد خالص و ۵۰ درصد بازیافتی) به‌عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شدند. همچنین مواد افزودنی شامل مالئیک‌انیدرید غنی‌شده با پلی‌پروپیلن (MAPP) به مقدار ۵ درصد وزن PVC به‌عنوان اتصال‌دهنده بین فاز پراکنده و پلیمر و پایدارکننده‌های حرارتی شامل (استئارات روی، استئارات کلسیم و رنوسرب) به مقدار ۱ درصد وزنی نمونه‌ها به‌عنوان عوامل ثابت می‌باشند. درجه حرارت شرایط فرایندی دستگاه اکسترودر ۱۳۵، ۱۳۷، ۱۳۹، ۱۴۱، ۱۴۳ و ۱۴۷ درجه سانتی‌گراد، سرعت چرخش آن ۷۰ دور در دقیقه (rpm) و درجه حرارت شرایط فرایندی دستگاه تزریق ۱۳۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، سرعت چرخش دستگاه تزریق ۶۰ دور در دقیقه (rpm)، زمان تزریق ۵۰ ثانیه و زمان خنک کردن قالب ۸۰ ثانیه می‌باشد.

درصد وزنی مواد به‌کار رفته در ساخت چندسازه چوب-پلاستیک این تحقیق، در جدول ۱ ارائه شده است.

ذرات چوب کاهش می‌یابد که آزمون‌های رئولوژیکی نیز این مطلب را تأیید کرده است. بدین ترتیب که گرانروی مخلوط با کاهش اندازه ذرات افزایش یافته است. همچنین استحکام ضربه‌ای نمونه‌ها با کاهش اندازه ذرات افزایش می‌یابد.

شاکری و همکاران (۱۳۸۱) در بررسی استفاده از بازیافت پلی‌استایرن و تعیین درصد مناسب مقدار ایاف روزنامه باطله در ساخت فراورده مرکب به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار ایاف روزنامه، مدول-الاستیسیته فراورده مرکب افزایش پیدا می‌کند. همچنین چندسازه حاوی ۲۰ درصد ایاف روزنامه و ۲ درصد جفت‌کننده از مقاومت به ضربه شکاف‌دار بالاتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود.

Stark و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از دستگاه اکسترودر دومادون همسوگرد و در دمای 190°C ، تأثیر اندازه و توزیع ذرات چوب را بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب-پلاستیک مطالعه و مورد ارزیابی قرار دادند و تغییرات این خواص را با تغییرات اندازه ذره گزارش دادند و به این نتیجه رسیدند که هر چه ذرات کوچکتر باشند باعث بروز خواص مکانیکی بهتری خواهند شد و مدول و استحکام کششی بالاتری را ایجاد می‌کنند. همچنین آنها بهینه‌ترین اندازه ذرات برای یک فرایند خوب و خواص مناسب را مش ۱۰۰ اعلام کردند.

با توجه به مطالب ذکر شده هدف از این تحقیق بررسی تأثیر استفاده از PVC بازیافتی در خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های چوب-پلاستیک می‌باشد.

جدول ۱- درصد وزنی هر یک از مواد تشکیل‌دهنده چندسازه چوب-پلاستیک

مواد تشکیل‌دهنده (%)		
۱	۲	۳
۳۰	۴۰	۵۰
۶۲	۵۲	۴۲
۵	۵	۵
۱	۱	۱
۱	۱	۱
۱	۱	۱

پودر چوب

پلی‌وینیل کلراید (PVC)

انیدرید مالئیک پلی‌پروپیلن دار شده (MAPP)

استنارات کلسیم

استنارات روی

رنو سرب

بررسی میزان جذب آب تهیه گردیدند. همچنین نمونه‌های لازم برای انجام آزمایش مقاومت‌خمش بر اساس استاندارد ASTM D ۷۹۰ تهیه شدند. به‌منظور بررسی پیوند ذرات چوب با پلیمر زمینه، تصاویری توسط میکروسکوب الکترونی (SEM) از نوع Cambridge ۳۶۰ Stereoscan S مدل S ۴-۱۰S با ولتاژ ۱۰ KV تهیه گردید.

در این مطالعه از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. اثر مستقل و متقابل هر یک از عوامل با استفاده از جدول تجزیه واریانس در سطح ۱ درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌های مربوط به هر یک از عوامل از آزمون چند دامنه دانکن استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر مستقل و متقابل بر ویژگی‌های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است.

برای تهیه مخلوط اولیه چوب و گرانول (PVC) با توجه به درصدهای لازم از مواد ذکر شده در هر ترکیب که در جدول ۱ به آنها اشاره شده است، هر یک از مواد را آماده، و درون یک ظرف پلاستیکی ریخته و کاملاً به هم زده شدند تا یک مخلوط ساده یکنواخت تهیه شود. مخلوط تهیه شده به محفظه تغذیه دستگاه اکسترودر دو-مارپیچه ریخته تا با درجه حرارت شرایط فرایندی ذکر شده و سرعت چرخش ۷۰ rpm عملیات مخلوط‌سازی انجام پذیرد. برای از بین بردن رطوبت ناشی از مرحله خنک‌سازی، گرانول‌های حاصل در درون آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. سپس با استفاده از قالب‌های استاندارد گرانول‌های حاصل توسط دستگاه تزریق و با فشار ۹۰ بار و سرعت ۶۰ rpm به نمونه‌های آزمونی مختلف برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی تبدیل شدند. بدین منظور بر اساس استاندارد ASTM D ۶۳۸ نمونه‌های دمبلی شکل برای بررسی مقاومت کششی و نمونه‌های دارای شکاف مطابق ASTM D ۲۵۶ برای آزمایش ضربه و قطعاتی با وزن و ابعاد یکسان مطابق با استاندارد ASTM D ۵۷۰ برای

جدول ۲ - جدول تجزیه واریانس برای ویژگی‌های مختلف

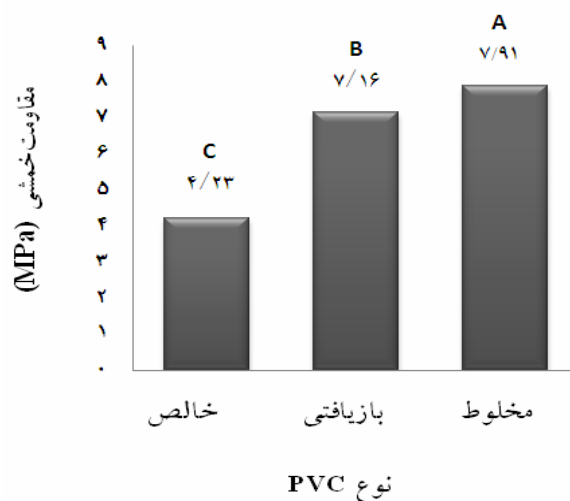
عوامل متغیر مستقل و متقابل	مقاومت خمشی (MPa)	مقاومت کششی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	مقاومت به ضربه ایزود (J/m)	ازدیاد طول در نقطه تسلیم (mm)	جذب آب پس از ۲۴ ساعت (%)
اثر مستقل نوع PVC	۱۰۸/۸**	۱/۰۳ ^{ns}	۳۵/۱۳**	۱۵/۷۶**	۱۳/۵۸**	۲۸/۹۴**
اثر مستقل مقدار پودرچوب	۱۸/۲۰**	۰/۹۹ ^{ns}	۱/۰۶ ^{ns}	۱۲/۴۱**	۲۷/۶۲**	۹/۰۶ ^{ns}
اثر متقابل نوع PVC و مقدار پودرچوب	۲۶ ^{ns}	۰/۹۸ ^{ns}	۱۹/۳۰ ^{ns}	۰/۴۵ ^{ns}	۰/۷۳ ^{ns}	۰/۲۰ ^{ns}

**معنی‌دار در سطح ۱ درصد. ^{ns}عدم معناداری

همان طور که جدول تجزیه واریانس ۲ نشان می‌دهد، تأثیر مستقل نوع PVC بر روی مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته، مقدار جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری، مقاومت به ضربه ایزود و بالاخره ازدیاد طول در نقطه تسلیم در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. اما تأثیر مستقل نوع PVC بر مقاومت کششی در سطح ۱ درصد معنی‌دار نیست.

شکل ۱ اثر مستقل نوع PVC بر روی مقاومت خمشی را نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌شود حداکثر

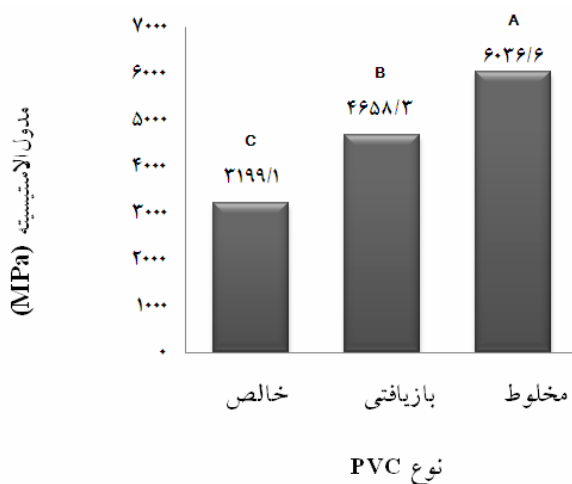
مقاومت خمشی در هنگام استفاده از PVC مخلوط (۵۰ درصد خالص و ۵۰ درصد بازیافتی) به دست می‌آید. به طوری که مقدار مقاومت خمشی MPa ۷/۹۱ بوده که در مقایسه با چوب-پلاستیک ساخته شده با PVC بازیافتی ۱۰/۴۷ درصد و نسبت به PVC خالص ۸۶/۹۹ درصد افزایش را نشان می‌دهد. گروه بندی میانگین‌ها به روش دانکن، چوب-پلاستیک ساخته شده با PVC مخلوط را در گروه برتر A قرار داده است.



شکل ۱- اثر مستقل نوع PVC بر مقاومت خمشی نمونه‌های آزمایشی

ساخته شده با PVC بازیافتی ۲۹/۵ درصد و نسبت به تیمار خالص ۸۸ درصد افزایش را نشان می‌دهد (شکل ۲).

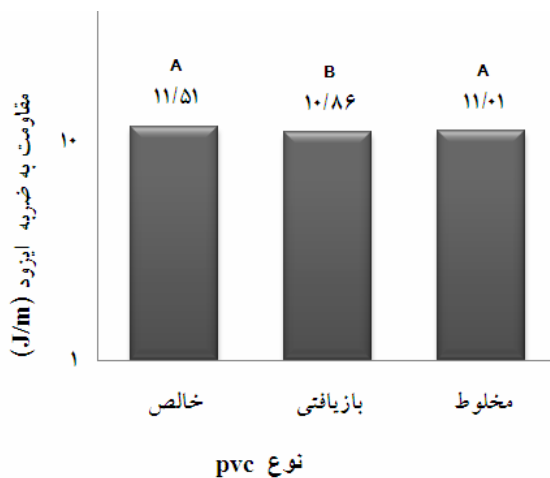
بیشترین مقدار مدول الاستیسیته مربوط به چندسازه‌های ساخته شده با PVC مخلوط (۵۰ درصد خالص + ۵۰ درصد بازیافتی) بوده که در مقایسه با چوب-پلاستیک



شکل ۲- اثر مستقل نوع PVC بر مدول الاستیسیته نمونه‌های آزمونی

بر متر) که در مقایسه با چوب-پلاستیک ساخته شده با PVC بازیافتی ۶ درصد و نسبت به تیمار مخلوط (۵۰ درصد خالص و ۵۰ درصد بازیافتی) ۴/۵ درصد افزایش را نشان می‌دهد (شکل ۳).

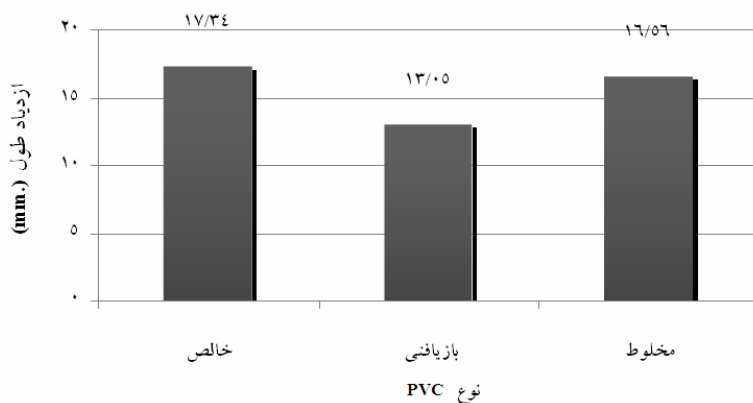
همان گونه که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مشخص است بین مقاومت به ضربه نمونه‌های مختلف در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طوری که بیشترین مقدار مقاومت به ضربه مربوط به چندسازه‌های ساخته شده با PVC خالص بوده (۱۱/۵ ازول



شکل ۳- اثر مستقل نوع PVC بر مقاومت به ضربه ایزود

نمونه ساخته شده با PVC مخلوط (۵۰ درصد خالص + ۵۰ درصد بازیافتی) ۴/۷ درصد افزایش را نشان می دهد (شکل ۴).

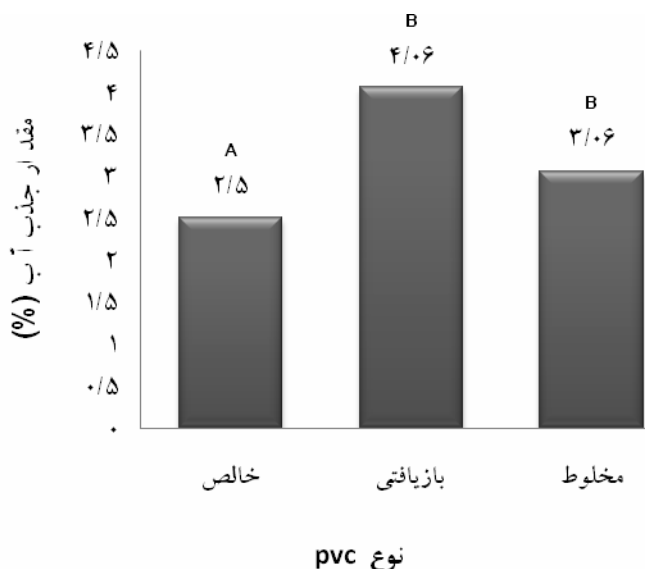
بیشترین میزان ازدیاد طول در نقطه تسلیم مربوط به چندسازه های ساخته شده با PVC خالص بوده (۱۷/۳۴ میلی متر) که در مقایسه با چوب-پلاستیک ساخته شده با PVC بازیافتی ۳۲/۸ درصد و نسبت به



شکل ۴- اثر مستقل نوع PVC بر ازدیاد طول در نقطه تسلیم

در مقایسه با نمونه های ساخته شده با PVC بازیافتی ۳۸/۴ درصد و نسبت به تیمار مخلوط (۵۰ درصد خالص + ۵۰ درصد بازیافتی) ۱۸/۳ درصد کاهش را نشان می دهد.

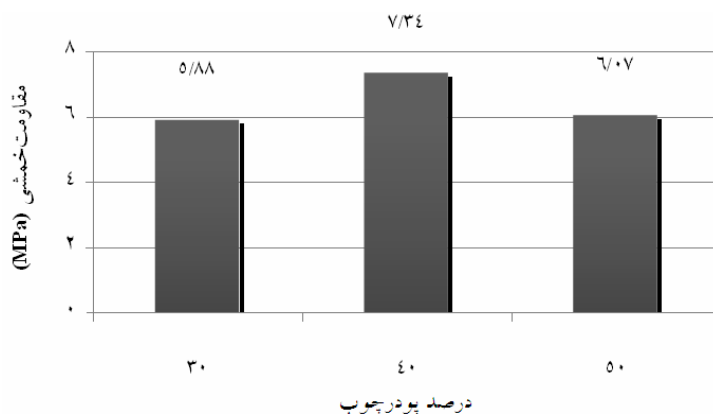
شکل ۵ اثر مستقل نوع PVC بر جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه وری را نشان می دهد. کمترین مقدار جذب آب مربوط به چندسازه های ساخته شده با PVC خالص بوده که



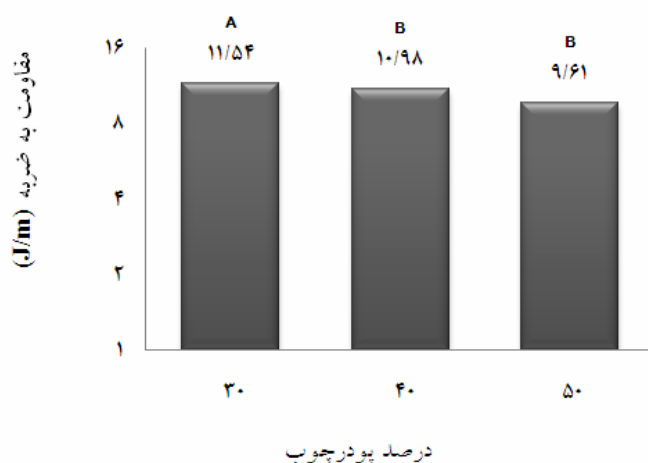
شکل ۵- اثر مستقل نوع PVC بر جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه وری

در شکل ۶ اثر مستقل مقدار پودرچوب بر مقاومت خمشی به همراه گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن نشان داده شده‌است. همانطور که شکل ۶ نشان می‌دهد بیشترین مقاومت خمشی مربوط به چندسازه‌های ساخته‌شده با ۴۰ درصد پودرچوب بوده (۷/۳۴ مگاپاسکال) که در مقایسه با چوب-پلاستیک ساخته‌شده با ۵۰ درصد پودرچوب ۲۱ درصد و نسبت به تیمار ۳۰ درصد پودرچوب ۲۴/۸۲ درصد افزایش را نشان می‌دهد.

جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر مستقل مقدار پودرچوب بر مقاومت خمشی، مقاومت به ضربه ایزود و ازدیاد طول در نقطه تسلیم چندسازه‌های ساخته‌شده در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده و نشان می‌دهد که به احتمال ۹۹ درصد، تغییر مقدار پودرچوب باعث تغییر مقادیر این صفات در چندسازه چوب‌پلاستیک می‌شود. همچنین اثر مستقل همین متغییر بر مدول الاستیسیته، مقدار جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری و مقاومت کششی چندسازه‌های ساخته‌شده در سطح ۱ درصد معنی‌دار نمی‌باشد.



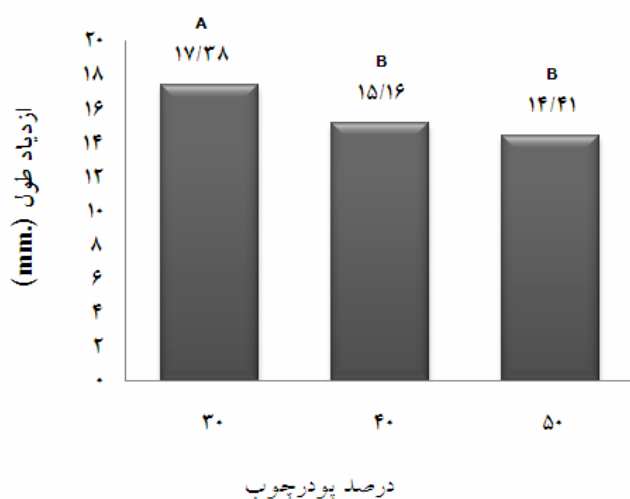
شکل ۶- اثر مستقل مقدار پودرچوب بر مقاومت خمشی نمونه‌های آزمونی



شکل ۷- اثر مستقل مقدار پودرچوب بر مقاومت به ضربه ایزود

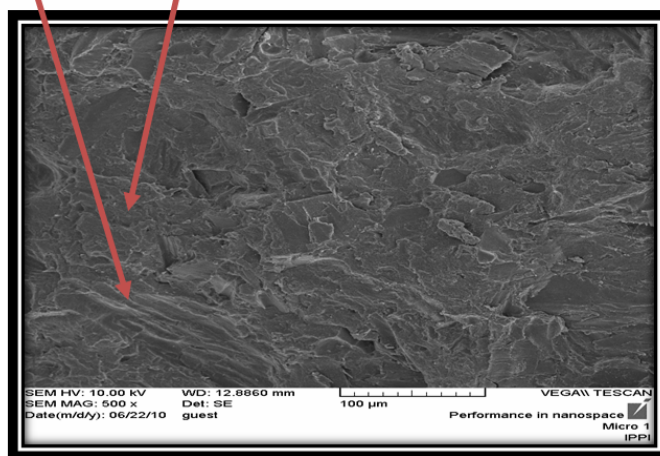
افزایش پودرچوب از ۳۰ تا ۵۰ درصد سبب کاهش مقدار ازدیاد طول در نقطه تسلیم می‌گردد. به طوری که بیشترین مقدار ازدیاد طول مربوط به چندسازه‌های ساخته شده با ۳۰ درصد پودرچوب بوده (۱۷/۳۸ میلیمتر) که در مقایسه با چوب-پلاستیک ساخته شده با ۴۰ درصد پودرچوب ۱۴/۶ درصد و نسبت به تیمار ۵۰ درصد پودرچوب، ۲۰/۶ درصد افزایش را نشان می‌دهد.

همان طور که ملاحظه می‌شود افزایش پودرچوب از ۳۰ تا ۵۰ درصد باعث کاهش مقاومت به ضربه ایزود می‌گردد. به طوری که بیشترین مقاومت به ضربه ایزود مربوط به چندسازه‌های ساخته شده با ۳۰ درصد پودرچوب بوده (۱۱/۵۴ امگا پاسکال) که در مقایسه با چوب-پلاستیک ساخته شده با ۴۰ درصد پودرچوب، ۵ درصد و نسبت به تیمار ۵۰ درصد پودرچوب، ۲۰ درصد افزایش را نشان می‌دهد.



شکل ۸- اثر مستقل مقدار پودرچوب بر ازدیاد طول در نقطه تسلیم

پلیمر زمینه فاز پراکنده (پودر چوب)

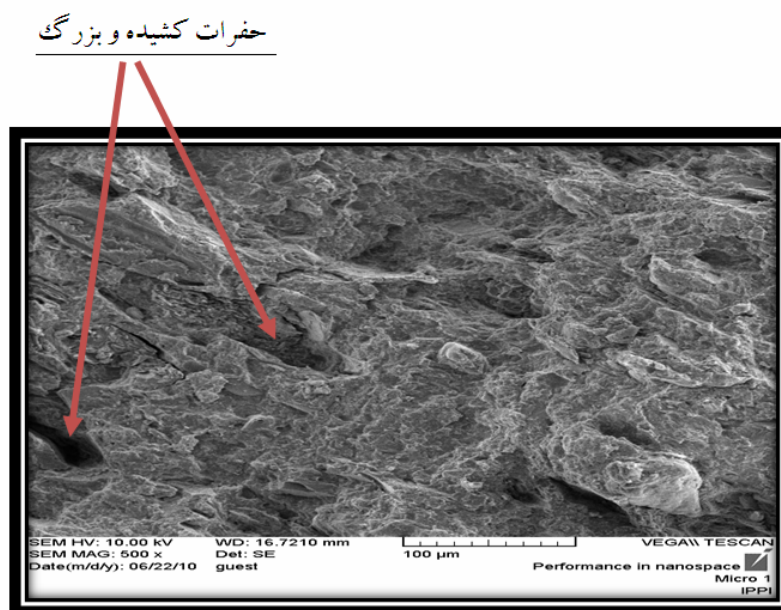


شکل ۹- تصویر SEM مربوط به نمونه‌های ساخته شده با pvc خالص با بزرگنمایی ۵۰۰

بررسی میکروسکوپ الکترونی

به منظور بررسی پیوند ذرات چوب با پلیمر زمینه با توجه به عوامل متغیر و سطوح آنها از سطح مقطع محل شکست نمونه‌ها توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) تصاویری تهیه گردید که در شکل‌های ۹ و ۱۰ نشان داده شده است.

شکل ۹ نشان می‌دهد که اطراف ذرات پودر چوب توسط لایه نازکی از پلیمر PVC خالص احاطه شده که نشان از چسبندگی بین دو فاز دارد. از طرفی دیگر هیچ گونه حفره‌ای در سطح شکست مشاهده نمی‌گردد. بنابراین بهبود خواص کیفی تخته‌های ساخته شده را تأیید می‌نماید.



شکل ۱۰- تصویر SEM مربوط به نمونه‌های ساخته شده با PVC بازیافتی با بزرگنمایی ۵۰۰

همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، عدم چسبندگی مناسب بین ذرات چوب و پلیمر زمینه، سبب به وجود آمدن حفره‌های بزرگ و کشیده در سطح مشترک می‌گردد.

بحث

نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که استفاده از PVC بازیافتی در ساخت چندسازه چوب-پلاستیک سبب افزایش مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته می‌گردد. علت

آنرا می‌توان به وجود مواد ناخالصی در PVC بازیافتی نسبت داد؛ به طوری که وجود این مواد باعث سفت‌تر شدن PVC شده، در نتیجه مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را افزایش داده است. همچنین بیشترین مقدار مقاومت به ضربه، ازدیاد طول و کمترین میزان جذب آب مربوط به نمونه‌های ساخته شده با PVC خالص است. با توجه به اینکه خواص ضربه به سفتی ماده، نوع پلیمر، مقدار فیلر و اندازه فیلر ارتباط دارد؛ استفاده از PVC خالص باعث کاهش حفرات بین ماتریس زمینه و فاز پرکننده شده، در

سخت فیلر در زنجیره‌های پلیمر ایجاد می‌شود. به طور کلی می‌توان بیان نمود که ترکیب ۵۰ درصد PVC بازیافتی با ۵۰ درصد PVC خالص و استفاده از ۴۰ درصد پودر چوب می‌تواند در ساخت چندسازه‌های چوب-پلاستیک مورد استفاده قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

- چهارمحالی، م.، کاظمی نجفی، س. و تجویدی، م.، ۱۳۸۵. تأثیر نوع روش ساخت بر خواص مکانیکی تخته‌های چوب-پلاستیک ساخته شده از ضایعات تخته خرده چوب. دوفصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۱(۱): ۴۲-۳۳.

- شاکری، ع.، سیلانی، ل. و امیدوار، ا.، ۱۳۸۱. بررسی ساخت فرآورده مرکب الیاف سلولزی - پلیمر با استفاده از پلی استایرن بازیافتی و کاغذ روزنامه باطله. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۵(۳): ۴۱۷-۴۰۷.

قاسمی، ا.، عزیززی، ح.، و احسانی نمین، پ.، ۱۳۸۷. بررسی اثر اندازه ذره چوب بر خواص فیزیکی - مکانیکی و رفتار رئولوژیکی چندسازه پلی-پروپیلن - چوب. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، ۲۳(۱): ۵۲-۴۵.

-نوربخش، ا.، دوست حسینی، ک.، کارگرفرد، ا.، گلبابایی، ف. و حاجی حسینی، ر.، ۱۳۸۶. بررسی تولید چندسازه چوب-پلاستیک با استفاده از ضایعات کارتن باطله (OOC) به روش ریزش کیک. دوفصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۳(۲): ۱۰۱-۹۱.

-American Society of Testing and materials (ASTM).

2000a. Tensile properties of plastics. ASTM D 638. Annual book of ASTM Standards. American Society for Tensil and Materials, Philadelphia, PA. ASTM D 570 Standard Test Method for water absorption of plastics.

-Bledzki, AK., Reihmane, S. and Gassan, J., 1998. Thermoplastics reinforced with wood filler: a literature review. Polym plast Technol Eng, 37(4): 68-451.

-Clemons, C. M., 2001. Wood fiber plastic composites in the united states- history and current and future

نتیجه تمرکز تنش کاهش یافته و نمونه توان ننگه‌داری نیرو را در خود داشته است (شکل‌های ۹ و ۱۰ به وضوح صراحت این ادعا را تأیید می‌نمایند). درحالی که استفاده از PVC بازیافتی به علت وجود ناخالصی و ناپایدار بودن در برابر حرارت مجدد، باعث کاهش این صفت شده است. از آنجایی که PVC خالص در مقایسه با بازیافتی، یک بار فراورش شده و در مقابل حرارت پایداری بیشتری نشان می‌دهد، بنابراین به طور کامل ذرات چوب را دربرگرفته (کپسوله کردن) و حالت الاستیک بودن خود را حفظ کرده است. در نتیجه بیشترین مقدار ازدیاد طول در نمونه‌های ساخته شده با PVC خالص حاصل شده است (شکل ۱۰ بیانگر این مطلب می‌باشد). همچنین وجود مواد ناخالصی در PVC بازیافتی سبب افزایش جذب آب نمونه‌ها گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که افزایش پودر چوب تا سطح ۴۰ درصد سبب افزایش مقاومت خمشی گردید. نتایج حکایت از آن دارد که مقدار ۴۰ درصد پودر چوب با پلیمر زمینه به خوبی پیوند برقرار کرده و پلیمر زمینه توانسته است کل حجم پودر چوب را بپوشاند و ذرات چوبی کاملاً توسط فاز پیوسته کپسوله شود. نتایج به دست آمده با بررسی‌های سایر محققان مطابقت دارد (نوربخش و همکاران، ۱۳۸۶)، (Sanadi et al., 2001). افزایش میزان پودر چوب باعث کاهش مقاومت به ضربه ایزود و کاهش صفت ازدیاد طول شده است. نتایج به دست آمده با تحقیقات دیگر در این زمینه مطابقت دارد (Stark & Rowlands, 2003) ازدیاد طول چندسازه یکی از خواصی است که در اثر حضور ذرات فیلر کاهش یافته و با توجه به نوع فیلر، اندازه و مقدار آن متفاوت است. اصولاً علت اصلی کاهش ازدیاد طول در چندسازه، هنگام حضور ذرات فیلر، محدودیت مکانیکی می‌باشد که توسط ذرات

- Sanadi, A. Rlo ., Caulfield, D. F., Rowell, R. M. 1994. Reinforcing polypropylene with natural fiber. *Plastic Engineering*, 1(4): 27-28.
- Sanadi, A. R., Hunt, J. F., Caulfield, D. F., Kovacsvolgy, G., Destree, B., 2001. High fiber low matrix composite: Kenaf fiber/polypropylene. *The Sixth International Conference on wood-fiber Composites*. Forest Product Society. ۱۱-8 sep.2008: 165-168.
- Stark, M. and Rowlands, E., 2003. Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composite. *Wood and Fiber science*, 35(2): 167-174.
- Wechesler, A. and Hiziroglu, S., 2007. Some of the properties of wood – plastic composites. *Building and Environment*, 42: 2637-2644.
- markes research engineer. USDA Forest Service, Forest Product Laboratory Madison, WIUSA
- Eckert, C., 2000. Opportunities for natural fiber in plastic composites. Presented at Progress in Wood Fiber-plastic Composites Conference.
- Flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. ASTM D 790. *Annual Book of ASTM Standards*. American Society for testing and Materials, Philadelphia, PA. Impact resistance of plastics and electrical insulating materials. ASTM D 256. *Annual Book of ASTM Standards*. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA.
- Morton, J. 2003. 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.

Study of utilizing recycled polyvinyl chloride (PVC) in wood-plastic composite

Rangavar, H.^{1*}, Oromiehie, A.², Safarpour, A.³ and Gholipour, T.⁴

1- Corresponding Author, Assistant Prof., Wood Science and Tecnology Department, Shahid Rajaei Teacher Training University,

Lavizan, Tehran, Iran. Email:hrangavar@yahoo.com

2- Associate Prof. Iran Polymer and Petrochemical Institute, Tehran, Iran

3-M.Sc., Wood Science and Technology Department, Shahid Rajaei Teacher Training University. Tehran, Iran

4- M.Sc., Wood Science and Technology Department, Shahid Rajaei Teacher Training University. Tehran, Iran

Received: Jan., 2011

Accepted: Sep., 2012

Abstract

The present study investigated the application of recycled polyvinyl chloride (PVC) in wood-plastic composite. Wood flour having the particle size of 150 mesh, was produced from a mixture of different hardwoods and used as filler at three levels of 30, 40, and 50% based on the dry-weight of the composite. Three types of PVC were used as the matrix (100% virgin PVC, 100% recycled PVC, and a mixture of the equal weight of virgin and recycled PVC). Maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) was used as the coupling agent at a fixed dosage of 5% based on the PVC weight. The composite panels were produced using injection molding and the physical and mechanical properties of the final boards were evaluated according to ASTM standard test methods. Results showed that the utilizing the mixture of virgin and recycled PVC increased the bending strength and modulus of elasticity. Water absorption was also increased. However, impact resistance and elongation at yield point were decreased. At higher wood flour content up to 40%, flexural strength was increase indicating that the resin properly encapsulated the wood flour particles and at higher wood flour dosage, elongation and Izod impact resistance was reduced.

Key words: Wood-plastic composite, recycled polyvinyl chloride, physical and mechanical properties, wood flour