در
منابع طبیعی شماره ۷۵، تابستان ۱۳۸۶
پژوهش و سازندگی

اثرابعاد ذرات چوب صنوبر و سازگارکننده بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های آرد چوب/پلی پروپیلن

• امیر نوربخش و • ابوالفضل کارگرفرد
اعضای هیأت علمی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

تاریخ دریافت : بهمن ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش : خرداد ماه ۱۳۸۵

Email: nourbakhsh_amir @yahoo.com

چکیده

در صنایع پلاستیک آرد چوب به عنوان پرکننده برای ترموپلاستیک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. ذرات آرد چوب در ابعاد مختلف معمولاً دارای ضریب کشیدگی کمتر از الیاف چوب و دیگر الیاف طبیعی می‌باشد. در این بررسی استفاده از آرد چوب در ابعاد مختلف و اثر آن بر ویژگی‌های مکانیکی در چند سازه‌های آرد چوب / پلی پروپیلن مورد توجه قرار گرفته است. همچنین اثر مالییک انیدرید پیوند شده با پلی پروپیلنی (MAPP) به عنوان سازگار کننده بر ویژگی‌های مکانیکی مورد بررسی قرار گرفته است. آرد چوب در ابعاد ذرات ۴۰ , ۵۰ و ۶۰ مش در ۴۰ درصد وزنی به همراه پلی پروپیلن ترکیب شدند. افزایش مقاومت و مدول کششی در چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن با افزایش ضریب کشیدگی ذرات مرتبط بوده است. مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش ابعاد ذرات افزایش یافت. استفاده از سازگارکننده سبب افزایش مقاومت‌ها در چندسازه شده است. نتایج نشان داده است که استفاده از آرد چوب با ضریب کشیدگی بیشتر و در حضور MAPP سبب افزایش مقاومت‌ها می‌گردد.

کلمات کلیدی: آرد چوب صنوبر، پلی پروپیلن ،چندسازه، ویژگی‌های مکانیکی، ضریب کشیدگی، سازگار کننده

Pajouhesh & Sazandegi No 75 pp: 2-7

The effect of aspen wood particles size and compatibilizer on mechanical properties of wood flour/ polypropylene composites

By: A.Nourbakhsh and A.Kargarfard, Research Insititute of Forests and Rangelands

In plastic industry wood flour ,as filler for thermoplastics is used.Wood flour is produced in a mixture of particle sizes and generally has a lower aspect ratio than wood and other natural fibers.Utilization different sizes of wood particles on the mechanical properties of wood flour / polypropylene composites was investigated. Also, the effect of a maleated polypropylene coupling agent on mechanical properties was investigated. Wood flour particles (40 ,50 , and 60 mesh) were compounded at 40 % by weight with polypropylene.Increases in tensile strenght and modulus of the wood flour composites was found to correspond with increases in aspect ratio. Notched impact strenght increased with increasing particle size. The maleated polypropylene coupling agent causes increasing strenght in wood flour polypropylene composites. The results clearly support the use of higher aspect ratio wood flour and coupling agents to increase the strenght of wood flour / polypropylene.

Keywords: Aspen,Wood flour, Polypropylene ,Composites, Mechanical properties , Aspect ratio , Coupling agents

www.SID.ir

مقدمه

یک ماده چند سازه از دو یا چند فاز با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت تشکیل شده است. چند سازه‌های دو جزئی متداول از فاز پیوسته یا ماتریس و فاز ناپیوسته یا تقویت کننده تشکیل شده است. فاز تقویت‌کننده معمولاً سفت‌تر و محکمتر از فاز ماتریس است. این دو فاز از طریق اتصال منطقه حد فاصل به یکدیگر متصل می‌شوند، که خواص این لایه تاثیر مستقیم بر کار آیی چند سازه دارد. نقش اصلی فاز ماتریس نگهداری الیاف و انتقال نیرو است. هدف اصلی از ساخت چندسازه ترکیب حداقل دو ماده و رسیدن به ماده جدیدی با خواص بهتر از خواص هر یک از مواد تشکیل دهنده می‌باشد. پرکننده‌های سلولزی به عنوان پسماندهای تجدید شونده کشاورزی از جمله مواد مناسب برای اختلاط پلی اولفین‌های ترموپلاستیک می‌باشند. دانسیته کمتر، عدم فرسایش، سطوح پرکنندگی زیاد، افزایش سفتی، عدم شکنندگی الیاف در خمش‌های حین فرآوری از جمله مزایای این مواد می‌باشند. برای این مواد مصارف بسیار زیادی در صنایع کفسازی، خودرو سازی، شناورها، پروفیل درب و پنجره، وسایل حمل و نقل و دیگر مصالح ساختمانی وجود دارد (۳). استفاده از الیاف طبیعی به عنوان مواد افزودنی برای صنایع پلاستیک به سرعت در حال افزایش می‌باشد. از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ رشد بیش از ۵۰ درصدی مصرف مواد سلولزی در صنایع پلاستیک پیش‌بینی شده است (۵). الیاف طبیعی ممکن است به شکل‌های مختلفی بصورت ذرات (آرد)، دسته‌های الیاف، الیاف منفرد به عنوان پرکننده یا تقویت‌کننده در صنایع پلاستیک استفاده شوند (۷). یکی از مهمترین و بیشترین مواد سلولزی که در صنایع ترموپلاستیک‌ها به طور تجاری مورد استفاده می‌باشد آرد چوب تولید شده از ضایعات کارخانه‌های صنایع چوب می‌باشد. آرد چوب در ابعاد مختلفی تولید می‌گردد که ابعاد آرد الک شده می‌تواند نقش مهمی در ویژگی‌های چند سازه ایفا کند. به طور کلی مصرف آرد چوب در صنایع پلاستیک سبب افزایش سفتی چند سازه می‌گردد ولی اثرات متفاوتی بر سایر ویژگی‌ها دارد (۳). استفاده از عوامل سازگار کننده میان ذرات سلولزی و پلاستیک‌ها جهت ایجاد اتصال مناسب ضروری می‌باشد. یک عامل سازگار کننده مناسب می‌تواند اتصال بین ماتریس پلیمر و مواد سلولزی را بهبود بخشد(۴). یکی از مواد سازگار کننده که در چند سازه‌های الیاف چوب / پلیمر مورد استفاده می‌باشد ، انیدرید مالییک پلی پروپیلنی (MAPP) است. بررسی‌ها نشان داده است که مقدار MAPP در تعیین و اثرپذیری آن در کامپوزیت‌ها مهم می‌باشد (۶). تحقیقی که در آن اثر عوامل جفت کننده مالییکی در چند سازه ساخته شده از آرد چوب کاج و پلی پروپیلن بررسی شده است نشان داده است که افزایش مقدار MAPP به میزان ۰/۵ درصد باعث افزایش مقاومت کششی تا سه برابر شده است.حد بهبودی ویژگی‌ها در حالت استفاده از MAPP تا ۲/۵ درصد بوده است.افزایش مقدار MAPP تا ۲۰ درصد فقط باعث افزایش جزئی در مقاومت‌ها شده است (۸). همچنین در تحقیقی دیگر ضریب کشیدگی الیاف سلولزی به عنوان عاملی مهم در افزایش ویژگی‌های مکانیکی معرفی شده که می‌تواند نقش بهتری در ماتریس چند سازه ایفا کند(۱).

این بررسی با هدف بررسی تاثیر ابعاد ذرات آرد چوب و مقایسه مقدار مصرف انیدرید مالییک پلی پروپیلنی (MAPP) در چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن و تعیین ویژگی‌های مکانیکی فرآورده‌های حاصل صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

مواد

به منظور انجام این تحقیق از مواد و روش‌های زیر استفاده گردید.

• آرد چوب:

در این بررسی از آرد چوب گونه صنوبر (*Populus deltoides*) در سطح ۴۰ درصد وزنی در چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن استفاده گردید. ابعاد ذرات آرد چوب در سه سطح ۴۰ ، ۵۰ و ۶۰ مش مورد توجه قرار گرفته است.

• پلیمر:

در این بررسی از پلی پروپیلن گرانول بندر امام خمینی با شاخص جریان مذاب ۷-۱۰gr/۱۰min استفاده شد.

• سازگار کننده:

برای ایجاد سازگاری میان الیاف سلولزی (قطبی) و پلی پروپیلن (غیر قطبی) از انیدرید مالییک پیوند شده با پلی پروپیلن (MAPP) از محصولات Eastman-Epolene PMG-۳۰۰۳ polymer با مقدار ۶ درصد اسید انیدرید در دو سطح صفر درصد و ۲٪ استفاده گردید.

عوامل متغیر و دامنه تغییرات آن‌ها در جدول شماره ۱ آورده شده است.

روش‌ها

مخلوط سازی پلیمر و آرد چوب با نسبت‌های مختلف وزنی توسط دستگاه برابندر (Brabender) با المنت‌های مخلوط‌سازی از نوع بنبوری مدل Haake-۹۰ که دارای نواحی حرارتی و خنک کاری بادی بوده و مجهز به ترسیم گراف در جریان مخلوط‌سازی است انجام گرفت. پس از رسیدن دمای مخلوط کن به دمای مخلوط سازی، مواد پلیمری به همراه MAPP به داخل آن ریخته و پس از گذشت ۳ دقیقه که مواد کاملاً ذوب شدند، آرد چوب با رطوبت زیر ۳ درصد که در اتو در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده به آن اضافه گردید و تحت دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و با

www.SID.ir

جدول شماره ۱ – سطوح عوامل متغیر و علایم مربوط به انها

عامل متغیر	ابعاد ذرات آرد چوب	سازگار کننده
علامت اختصاری	A	B
تعداد سطح	۳	۲
نامگذاری سطوح	A۱=۴۰mesh A۲=۵۰mesh A۳=۶۰mesh	B_1 = ٪ صفر B_2 = ٪ ۲

سرعت ۲۰ دور در دقیقه به مدت ۳ دقیقه دیگر مخلوط شدند. نمونه‌های بی شکل از مخلوط کن به کمک دستگاه پرس و با روش قالب گیری در دمای ۱۹۰درجه سانتیگراد و تحت فشار ۱۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و زمان ۵ دقیقه نمونه‌های آزمونی ساخته شدند. نمونه‌های داخل پرس به منظورجلوگیری از تشکیل حباب و مجوف شدن چند بار هواگیری شدند.

دستگاه‌ها

آزمون کشش مطابق با استاندارد ASTM – D – ۶۳۸ (۲) توسط دستگاه Instron – ۱۱۸۴ انجام گرفته و تنش حداکثر، مدول الاستیسیته کششی و درصد ازدیاد طولی محاسبه شده است. بارگذاری نمونه‌های آزمون کششی با سرعت ۵ میلیمتر بر دقیقه انجام شد. آزمون ضربه از نوع فاقدار مطابق با استاندارد ASTM – D – ۲۵۶ (۲) انجام گرفته است. نتایج آزمون‌های مکانیکی در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی در ۶ تیمار و ۳ تکرار ساخت و از هر تیمار ۱۰ نمونه مورد آزمون قرار گرفت.سپس مقایسه میان میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن (Duncan, s Multiple Range Test) صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

در این بررسی آرد چوب در سطوح مختلف ابعاد و سازگار کننده در دو مقدار صفر و ۲ درصد مورد توجه قرار گرفته است. میانگین ویژگی‌های مکانیکی چند سازه ساخته شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

اثر ابعاد آرد چوب

اثر ابعاد آرد چوب صنوبر بر ویژگی‌های چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته است. اثر ابعاد آرد چوب بر مقاومت و مدول کششی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. بالاترین میزان مقاومت کششی در چند سازه ساخته شده از آرد چوب با ابعاد ۶۰ مش به دست آمده است. کمترین میزان مقاومت و مدول کششی در آرد چوب با ابعاد ۴۰ مش بدست آمده است. مقاومت به ضربه فاقدار معمولاً با افزایش ابعاد آرد چوب افزایش می‌یابد. مطابق با جدول ۲ – در این بررسی مشخص شده است که بالاترین میزان مقاومت به ضربه فاقدار در چند سازه ساخته شده از آرد چوب با ابعاد ۴۰ مش به دست آمده است. ضریب کشیدگی آرد چوب در ابعاد ۶۰ مش بیشتر (۴/۳۷) از ابعاد ۵۰ (۴/۲۱) و

جدول شماره ۲ – میانگین ویژگی‌های مکانیکی چند سازه ساخته شده آرد چوب / پلی پروپیلن

ابعاد آرد چوب (mesh)	ضریب کشیدگی ذرات	مقدار سازگار کننده ٪	مقاومت کششی (Mpa)	مدول کششی (Mpa)	ازدیاد طولی ٪	مقاومت به ضربه فاقدار J/m
۴۰	۳/۵۰	۰	۱۸/۱۱	۱۳۴۷	۴/۱۵	۱۱/۷۵
۴۰	۳/۵۰	۲	۲۱/۳۲	۱۴۵۰	۴/۳۳	۱۵/۳۰
۵۰	۴/۲۱	۰	۲۰/۰۷	۱۴۱۵	۴/۱۷	۱۰/۳۶
۵۰	۴/۲۱	۲	۲۵/۲۴	۱۶۱۳	۴/۲۳	۱۳/۴۶
۶۰	۴/۳۷	۰	۲۲/۸۴	۱۴۳۲	۴/۱۲	۹/۶۹
۶۰	۴/۳۷	۲	۲۷/۱۳	۱۶۵۴	۴/۳۲	۱۲/۱۴

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳ - استاندارد ابعاد مختلف آرد چوب مورد استفاده در چند سازه

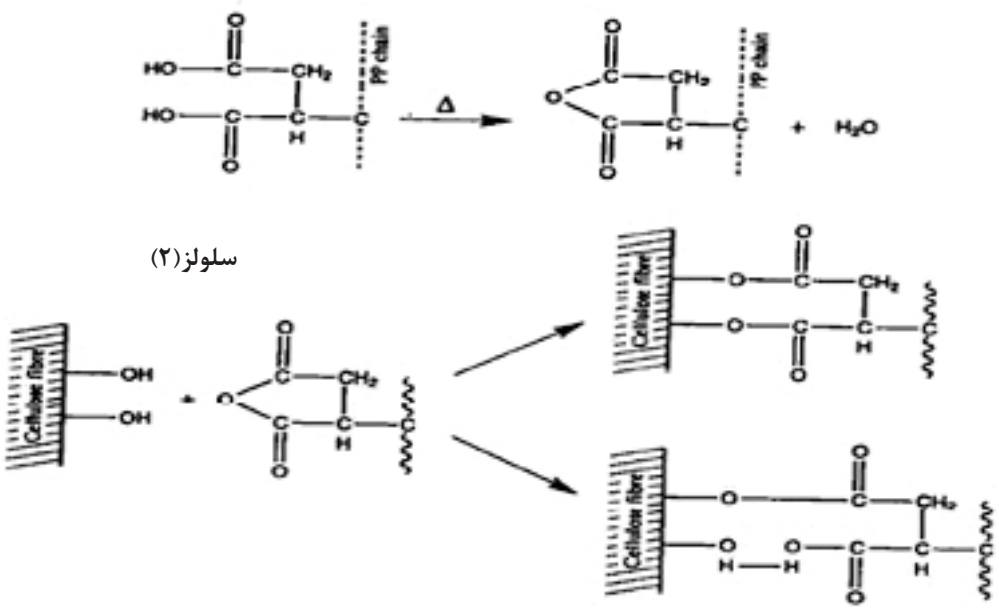
استاندارد مش (ابعاد)	حداقل (مش)	حداکثر (مش)	ابعاد ذرات (میلیمتر)	ضریب کشیدگی
۴۰	۳۰	۵۰	۰/۴۲	۳/۵۰
۵۰	۴۰	۶۰	۰/۳۰	۴/۲۱
۶۰	۵۰	۷۰	۰/۲۵	۴/۳۷

۴۰ (۳/۵۰) مش بوده است و سبب ایجاد درهم‌رفتگی و نرمی نسبت به طول آن شده است. ذرات آرد چوب با ابعاد ۴۰ مش دارای طول کمتری نسبت به قطرشان هستند. در نتیجه شاهد انتظار کاهش ویژگی‌های کششی هستیم. همچنین در تحقیقی دیگر ضریب کشیدگی الیاف سلولزی به عنوان عاملی مهم در افزایش ویژگی‌های مکانیکی معرفی شـده که می‌تواند نقش بهتری در ماتریس چند سازه ایفا کند(۱).

انرژی مورد نیاز برای انتشـار ترک با اندازه گیری نمونه‌های مقاومت به ضربه فاقدار صورت پذیرفت. انتشار ترک در چند سازه آرد چوب پلی پروپیلن با کاهش اتصال در فاز میانی بین ماتریس پلی پروپیلن آب گریز و آرد چوب آب دوست بدست آمده است. آرد چوب در ماتریس پلی پروپیلن تمرکز تنش را سبب شده و مکان‌هایی را برای شروع اولیه ترک ایجاد می‌کند.

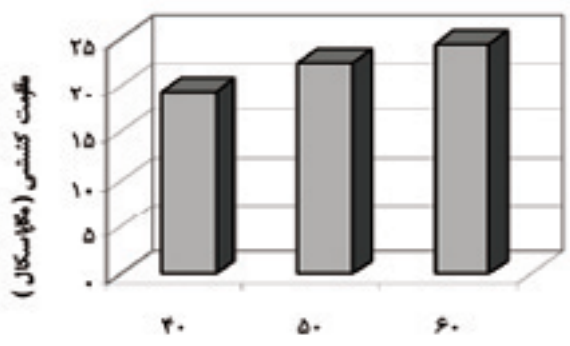
اثر مقدار سازگار کننده

اثر مقدار سازگار کننده بر ویژگی‌های چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته است. اثر افزودن مقدار سازگار کننده بر مقاومت و مدول کششی در سطح ۱ درصد معنی دار شده است. در مقایسه میان میانگین‌ها به روش دانکن مشخص شده است که در حالت استفاده از ۲ درصد عامل سـازگار کننده MAPP مقاومت کششی به میزان ۲۱/۵۰ درصد نسـبت به چند سازه ساخته شده بدون عامل سـازگار کننده افزایش داشته اسـت. میزان مدول کششی چند سـازه آرد چوب / پلی پروپیلن با ۲ درصد عامل سـازگار کننده ۱۲/۴۵ درصد نسبت به چند سازه سـاخته شده بدون عامل سازگار کننده افزایش داشته است. همچنین با مشاهده مقاومت به ضربه فاقدار اثر افزایش مقدار سازگار کننده مشهودتر است. افزایش ۲ درصد عامل

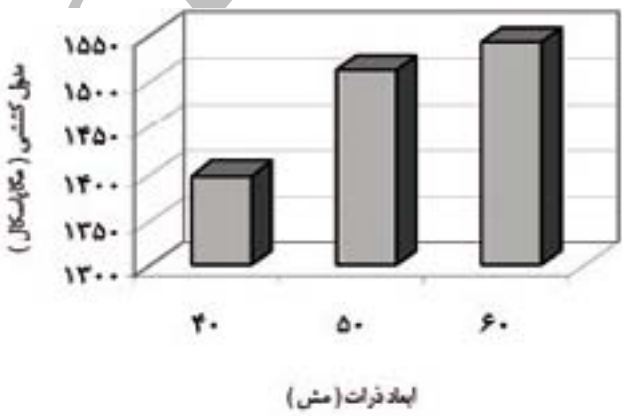


شکل ۱ - نحوه اتصال انیدرید مالییک پیوند شده با پلی پروپیلن و استریفیکاسیون سلولز

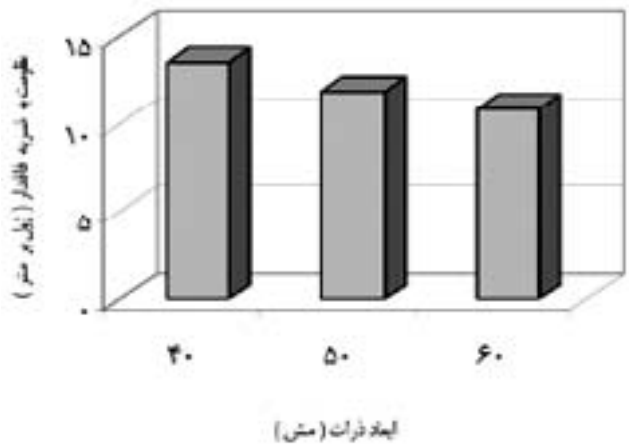
www.SID.ir



شکل ۲ - اثر مستقل ابعاد ذرات آرد چوب بر
مقاومت کششی چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن



شکل ۳ - اثر مستقل ابعاد ذرات آرد چوب بر
مدول کششی چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن



شکل ۴ - اثر مستقل ابعاد ذرات آرد چوب بر
مقاومت به ضربه فاقدار چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن

سازگار کننده نسبت به چند سازه بدون سازگار کننده باعث افزایش ۲۸/۵۸ درصدی مقاومت به ضربه فاقدار گردیده است.

هنگامی که از عامل سازگار کننده در چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن استفاده نگردد اتصال میان آرد چوب و پلی پروپیلن ضعیفشده و عیوب به وجود آمده در فاز میانی منجر به بیرون‌کشیدگی ذرات چوب می‌گردد(۷). علاوه بر آن MAPP اتصال در فاز میانی آرد چوب و پلی پروپیلن را به طور فوق‌العاده‌ای افزایش می‌دهد. انتقال تنش از ماتریس به آرد چوب با افزایش ضریب کشیدگی ذرات مرتبط بوده است. لذا استفاده از عامل سازگار کننده در زمینه ماتریس پلیمر می‌تواند به پیوستگی و اتصال بیشتر میان مواد سلولزی و پلیمر و نهایتا افزایش ویژگی‌ها گردد.

اثر متقابل میان اثر سازگار کننده و ابعاد ذرات در سطح ۱ درصد معنی دار می‌باشد با در نظر گرفتن آزمون دانکن مشاهده شده است که با افزایش ابعاد ذرات در سازگارکننده ۲٪ مقاومت کششی چند سازه حاصل افزایش داشته است. نتایج مطابق با گروه بندی نشان می‌دهد که اثر سازگار کننده نسبت به اثر ابعاد ذرات چوب صنوبر باعث افزایش بیشتر مقاومت کششی چند سازه الیاف چوب / پلی پروپیلن گردیده است.

همچنین در تحقیقی که در آن اثر عوامل جفت کننده مالییکی در چند سازه ساخته شده از آرد چوب کاج و پلی پروپیلن بررسی شده است نشان داده است که افزایش مقدار MAPP به میزان ۰/۵ درصد باعث افزایش مقاومت کششی تا سه برابر شده است(۸).

نتیجه‌گیری

در این تحقیق چند سازه ساخته شده از آرد چوب صنوبر و پلی پروپیلن در ابعاد مختلف ذرات چوب و مقدار سازگار کننده بررسی شده است. نتایج نشان داده است که ابعاد ذرات آرد چوب دارای اثر معنی‌داری بر روی مقاومت و سفتی چند سازه داشته است. اثر ابعاد ذرات آرد چوب بر روی مقاومت به ضربه فاقدار مورد بررسی قرار گرفته است. ذرات بزرگتر در این مقاومت سبب افزایش مناطق شکست شده است. افزودن مقدار سازگارکننده MAPP اثر مثبتی در چند سازه ساخته شده داشته است. چند سازه‌های ساخته شده با ۴۰ درصد آرد چوب ۶۰ مش و ۲ درصد MAPP تقریباً ۴۰ درصد قوی‌تر از چند سازه‌های بدون سازگار کننده و در ابعاد ذرات ۴۰ مش بوده است. افزودن MAPP به طور معنی داری بر مقاومت و مدول کششی چند سازه موثر بوده است. نتایج این بررسی آشکارا استفاده از آرد چوب با ضریب کشیدگی بالاتر (۴/۳۷) و افزودن سازگارکننده MAPP را جهت بهبود ویژگی‌های مکانیکی چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن را تاکید می‌کند.

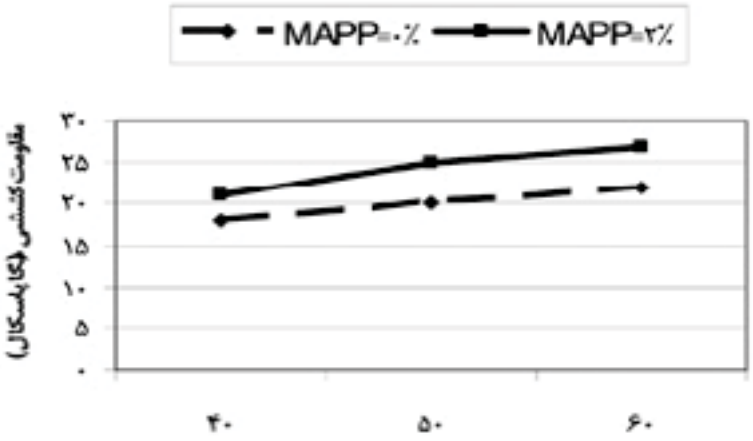
منابع مورد استفاده

۱ - نوربخش، ا.، دوست حسینی، ک.، جهان لتیباری، ا.، حسین‌زاده، ع.، ۱۳۸۳؛ بررسی اثر نوع ، مقدار الیاف سلولزی و درجه حرارت مخلوط سازی بر ویژگی‌های مکانیکی چند سازه الیاف چوب / پلیمر.مجله منابع طبیعی ایران جلد ۵۷ شماره ۴، زمستان ۱۳۸۳.

2– ASTM standard , 1997; Plastics(I):D-256-D-747-D-638.Volume 08.01.

3– Eckert C., 2000, Opportunities for natural fibers in plastics composites In Proc. Progress in Wood Fiber-Plastics Composites

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۵ - اثر متقابل مقدار میان سازگار کننده و سطوح مختلف ابعاد ذرات آرد چوب بر مقاومت کششی چند سازه آرد چوب / پلی پروپیلن

Conferences May 25-27; Toronto.

4- Gauthier R., Gauthier H., and Joy C.,1999; Compatiblization between lignocellulosic fibers and a polyolefine matrix. In Proc. 5Th International on Wood Fiber – Plastics Composites; May 26-27. Madison WI.

5- Oksman K.1996; improved Interaction between wood and synthetic polymers in wood / polymer composites. Wood Science and Technology 30, 197-205 Springer-Verlag.

6- Osswald T.A.1999; Fundamental principles of polymer composites: Processing and design. In Proc. 5Th International on Wood Fiber – Plastics Composites; May 26-27. Madison WI.

7–Stark N.M. and Rowlands R.E.2003; Effect of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/ polypropylene composites. Wood and Fiber Science 35(2).pp.167-174.

8- Takase S. and Shiraishi N.1989; .Studies on composites from wood and polypropylene.II. J. of Applied Polymer Science , Vol : 37. 645-659.1989; The Effect of Aspen Wood Particles Size and Compatibilizer on Mechanical Properties of Wood Flour/ Polypropylene Composites.

Archive of SID
www.SID.ir