

اثر درجات مختلف پلی پروپیلن و ماده سازگارکننده بر روی ویژگی های چندسازه چوب-پلاستیک

فاطمه طاهری^{۱*}، علی اکبر عنایتی^۲، عبدالرسول ارومیه ای^۳ و مهدی تجویدی^۴

*۱- مسئول مکاتبات، کارشناس ارشد صنایع چوب، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

پست الکترونیک: Taheri.rezvan@gmail.com

۲- استاد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- دانشیار، پژوهشکده پلیمر و پتروشیمی ایران

۴- دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۸۹

چکیده

با استفاده از سه درجه مختلف پلی پروپیلن و دو نوع سازگارکننده متفاوت و بدون سازگارکننده و آرد چوب پسته، نمونه های آزمایشی چندسازه های چوب پلاستیک ساخته شده و خواص آنها با یکدیگر مقایسه گردید. به این منظور خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه های آزمایشی چوب پلاستیک از جمله جذب آب و واکنش پذیری ضخامت درازمدت (۸۱۶ ساعت)، مقاومت خمشی، مقاومت کششی، مدول الاستیسیته کششی و خمشی، مقاومت به ضربه و سختی اندازه گیری شد. نتایج حاصل از اندازه گیری های ویژگی های فیزیکی و مکانیکی نشان داد که اثر درجه پلی پروپیلن و نوع ماده سازگارکننده بر میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامت نمونه ها پس از ۸۱۶ ساعت غوطه وری در آب و هم چنین مقاومت به ضربه و سختی، معنی دار نبوده است. البته استفاده از پلی پروپیلن با شاخص جریان مذاب بالاتر حتی در صورت عدم استفاده از ماده سازگارکننده، منجر به افزایش ویژگی های مکانیکی چندسازه ی چوب پلاستیک از جمله مقاومت خمشی و کششی شد. به هر حال، به کار بردن انواع متفاوت MAPP به عنوان سازگارکننده، ویژگی های مکانیکی چوب پلاستیک را افزایش می دهد که با توجه به نوع آن می تواند اثر متفاوتی داشته باشد.

واژه های کلیدی: چندسازه چوب پلاستیک، درجه های مختلف پلی پروپیلن، ماده سازگارکننده، مقاومت های فیزیکی و مکانیکی.

مقدمه

چوب پلاستیک که به اختصار WPC^۱ نامیده می شود، مخلوطی از ذرات چوب و مواد پلیمری است که ظاهری شبیه به چوب داشته ولی به وسیله ی فرایندهای تولید پلاستیک شکل می گیرد (چهارم حالی، ۱۳۸۴). در ساخت چندسازه های چوب پلاستیک محدوده ی وسیعی از پلیمرها

مانند پلی پروپیلن، پلی اتیلن، پلی ونیل استیل و ... همراه با پُرکننده های سلولزی نظیر آرد و الیاف چوب، کتان، کنف، بامبو، کاه و کلش مورد استفاده قرار می گیرد (Espert *et al.*, 2004). البته پلاستیک های گرمانرم برای شکل گیری به صورت سیال مناسب هستند. از جمله این مواد می توان پلی اتیلن با دانسیته کم یا زیاد، پلی استیرن، پلی متیل متاکریلات (PMMA) و پلی پروپیلن را نام برد.

پلی پروپیلن (MA-PP) به عنوان ماده سازگارکننده در ساخت چوب پلاستیک دارای ماتریس پلی پروپیلن استفاده می گردد. این نوع ماده سازگارکننده نیز دارای انواع مختلفی است که ویژگی های متفاوتی دارند و می توانند ویژگی های نهایی چوب پلاستیک تولید شده را تحت تأثیر قرار دهند. هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر شاخص جریان مذاب درجه های مختلف یک پلیمر بر ویژگی های چندسازه چوب پلاستیک بوده است.

Panthapulakkal و همکاران (۲۰۰۶) چندسازه تزریقی پلی پروپیلن با ساقه ی ذرت، کاه گندم، آرد چوب و روزنامه های کهنه تولید کردند. آنها در این بررسی دو نوع پلی پروپیلن را مورد استفاده قرار دادند، و دریافتند که ویژگی های مقاومتی چندسازه ساخته شده با آرد چوب از چندسازه حاوی آرد مواد لیگنوسلولزی بیشتر است. به طوری که با افزودن پرکننده به میزان ۳۰٪ به هر دو نوع پلی پروپیلن، مقاومت کششی تغییری پیدا نکرد. بنابراین با اضافه کردن سازگارکننده مقاومت کششی در هر دو نوع پلی پروپیلن افزایش می یابد.

Xumin و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی اثر سازگارکننده بر ویژگی های چندسازه چوب پلاستیک پرداختند. آنها اثر افزودن دو نوع سازگارکننده ی مالئیک انیدرید و ایزوسیانات به میزان دو درصد را به چهار نوع پلی مر PP، PE، PS و ABS بررسی و بیان کردند که افزودن مالئیک انیدرید به هر چهار پلیمر منجر به افزایش چسبندگی داخلی شده که بیشترین میزان آن در پلی پروپیلن مشاهده شده است. ضمن اینکه ایزوسانات اثر بیشتری نسبت به مالئیک انیدرید داشته است، زیرا نه تنها به عنوان سازگارکننده بلکه به عنوان چسب نیز عمل می کند.

پلی پروپیلن ساختار شیمیایی شاخه دار میکروسکپی دارد. این ساختار عمدتاً خواص شیمیایی و دیگر خواص پلی پروپیلن را تعیین می کند. پلی پروپیلن ها دانسیته جرمی $0.91-0.90 \text{ g/m}^3$ را دارند که تقریباً مساوی پلی اتیلن با دانسیته کم می باشد و کمتر از اغلب پلی اتیلن هاست. در سال های اخیر استفاده از پلی پروپیلن به دلیل نظم ساختمانی و استحکام کافی و سفتی بیشتر، محدوده دمایی بالاتر و جلای ظاهری بیشتر، مقاومت در برابر ضربه بالا، خواص الکتریکی مطلوب، دوام زیاد در مقابل اسیدها، بازها و نمک ها نسبت به پلی اتیلن کاربرد وسیع تری یافته است (روحانی، ۱۳۸۲). شاخص جریان مذاب یکی از ویژگی های پلیمرها است که خصوصیات محصول تولیدی را تحت تأثیر قرار می دهد. شاخص جریان مذاب (MFI: Melt Flow Index) نمایانگر سرعت جریان مذاب یک ماده گرمانرم است (مانند پلاستیک در مدت زمان ۱۰ دقیقه از طریق یک نازل با قطر $2.0955 \pm 0.0051 \text{ mm}$ و فشار ثابت وزنه ۲/۱۶ کیلوگرم در دمایی 190°C تعیین می گردد). شاخص جریان مذاب بیانگر متوسط وزن مولکولی و معکوس ویسکوزیته مذاب می باشد. به عبارت دیگر MFI بالاتر نشان دهنده جریان مذاب بیشتر است. به طوری که دانستن MFI پلیمر جهت پیش بینی و کنترل فرایند یک امر ضروریست (Chui et al., 2007).

در هنگام استفاده از الیاف چوب به عنوان پرکننده در پلاستیک ها مشکلاتی نظیر عدم سازگاری بین پرکننده آبدوست و ماده زمینه (پلاستیک) آب گریز و دشواری توزیع یکنواخت این پرکننده ها در پلاستیک به وجود می آید، که جهت برطرف کردن این مشکلات از سازگارکننده های مختلفی استفاده می شود. در حال حاضر در بیشتر تحقیقات از مالئیک انیدرید پیوند شده با

جدول ۱- ترکیب تیمارهای مختلف به کار رفته برای

ساخت چندسازه

نوع سازگارکننده	درجه‌های پلی پروپیلن
KARABOND PAM TPPP 8112FA بدون سازگارکننده	X30S
KARABOND PAM TPPP 8112FA بدون سازگارکننده	V30S
KARABOND PAM TPPP 8112FA بدون سازگارکننده	HP552R

ساخت نمونه‌های آزمونی

ساخت نمونه‌های آزمونی چندسازه چوب پلاستیک با در نظر گرفتن عوامل متغیر:

- پلی پروپیلن با سه درجه مختلف به نام‌های X30S، V30S و HP552R

- ماده سازگارکننده دو نوع (KARABOND PAM و Scona TPPP 8112 FA) و عوامل ثابت:

نسبت اختلاط آرد چوب و ماتریس پلی پروپیلن (۶۰٪ به ۴۰٪)، میزان ماده سازگارکننده ۲٪، ماده پرکننده با اندازه ذرات ۴۰ و ۸۰ مش، شرایط ساخت (دما، سرعت اختلاط) برای تمامی تیمارها، مطابق جدول ۱ انجام شد.

نمونه‌های آزمونی پس از آماده کردن مخلوط پلیمر، ماده پرکننده و ماده سازگارکننده با استفاده از دستگاه اکسترودر دو مارپیچ ناهمسوگرد (ساخت کارخانه Dr.Collin) با دمای ۱۸۰-۱۴۵ درجه سانتی‌گراد ساخته شدند. مخلوط مواد با استفاده از قیف تغذیه وارد دستگاه شده و با سرعت ۱۴۰ rpm کار اختلاط انجام شد. از قسمت خروجی دستگاه مواد سرد شده جمع‌آوری و با

Dang و همکاران (۲۰۰۸) بهبود سازگاری و ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های حاصل از الیاف چوبی و پلی پروپیلن را با استفاده از دو نوع مالئیک انیدرید (PP-g-MAH) و (SEBS-g-MAH) بررسی و به این نتیجه رسیدند که افزودن هر دو منجر به افزایش ویژگی‌های مکانیکی چندسازه شد ولی این افزایش در مورد استفاده از (SEBS-g-MAH) بیشتر بود، چون این ماده علاوه بر سازگارکننده، نقش هاردنر نیز دارد.

مواد و روشها

پلیمر مورد استفاده در این تحقیق، پلی پروپیلن با سه درجه مختلف به نام‌های X30S، V30S و HP552R با شاخص جریان مذاب به ترتیب ۸، ۱۸ و ۲۵ (g/10min) تولید پتروشیمی اراک با مقادیر تقریباً مشابه در ویژگی‌های مدول خمشی، مقاومت به ضربه، مقاومت کششی، افزایش طول و سختی بود.

از دو نوع انیدرید مالئیک پلی پروپیلن (MA-PP) با نام KARABOND PAM (با کد تولید شرکت گرانیکن-ایران) با ۱۷٪ مالئیک انیدرید و Scona (با کد TPPP8112FA تولید شرکت Kometra آلمان) با ۱۴٪ مالئیک انیدرید به عنوان ماده سازگارکننده استفاده شد.

ضایعات حاصل از هرس سرشاخه‌های درختان پسته همراه با پوست، توسط اره‌نواری به قطعات کوچک‌تر تبدیل شدند. سپس این قطعات با استفاده از آسیاب پالمن و پس از آن با استفاده از آسیاب کوچک آزمایشگاهی به آرد چوب تبدیل گردیدند. همچنین با استفاده از الک‌های با مش ۴۰ و ۸۰ ذرات ریز چوب مورد نیاز جدا شدند. ذرات چوب قبل از فرایند اختلاط به مدت ۲۴ ساعت و با دمای $10.2 \pm 3^{\circ}\text{C}$ تا رطوبت زیر ۱٪ خشک شدند.

ویژگی‌های فیزیکی مانند جذب آب طبق استاندارد ASTM D570 و واکنشیدگی ضخامت پس از ۸۱۶ ساعت غوطه‌وری در آب انجام شد.

نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نمونه‌های آزمونی در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمون فاکتوریل با ۹ تیمار و ۵ تکرار برای هر تیمار مورد بررسی قرار گرفتند. به طوری که اثر مستقل و متقابل فاکتورها با تکنیک تجزیه واریانس آنالیز شدند. البته برای گروه‌بندی میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر مورد بررسی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های ساخته شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

استفاده از آسیاب آزمایشگاهی به گرانول تبدیل شدند. گرانول‌های به دست آمده به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس نگهداری و برای جلوگیری از جذب رطوبت، در کیسه‌های پلاستیکی نگهداری گردید. چندسازه چوب پلاستیک به وسیله دستگاه تزریق با دمای ۱۷۰-۱۸۰ درجه سانتی‌گراد ساخته شدند.

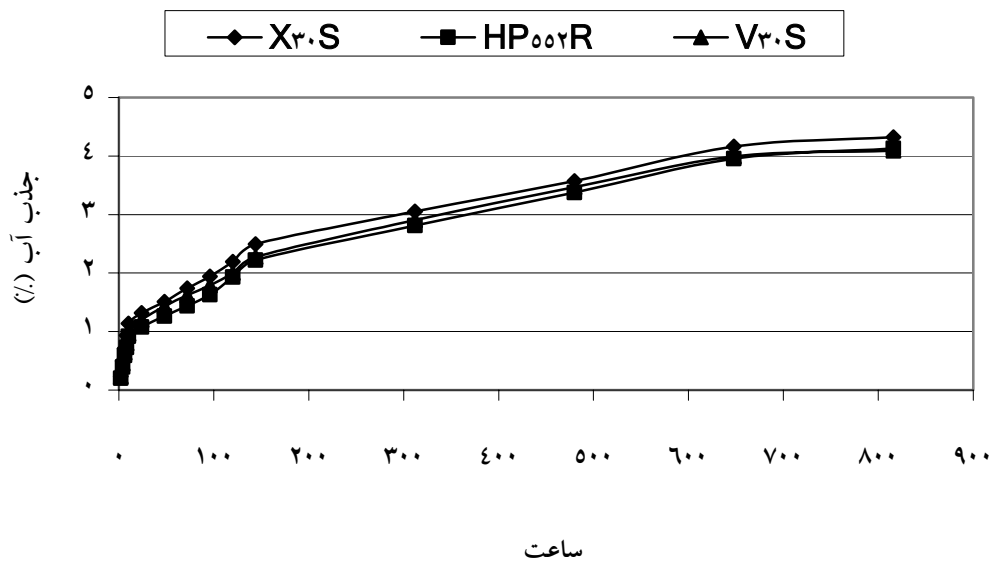
اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی

برای بررسی کیفیت نمونه‌های آزمونی و ارزیابی اثر عوامل متغیر، ویژگی‌های مکانیکی شامل مقاومت کششی براساس استاندارد ASTM D638 و مقاومت خمشی با استفاده از استاندارد ASTM D790 توسط دستگاه Instron با سرعت بارگذاری ۵ mm/min و دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد، مقاومت به ضربه طبق استاندارد ASTM D256، سختی با استفاده از استاندارد ASTM D221 و

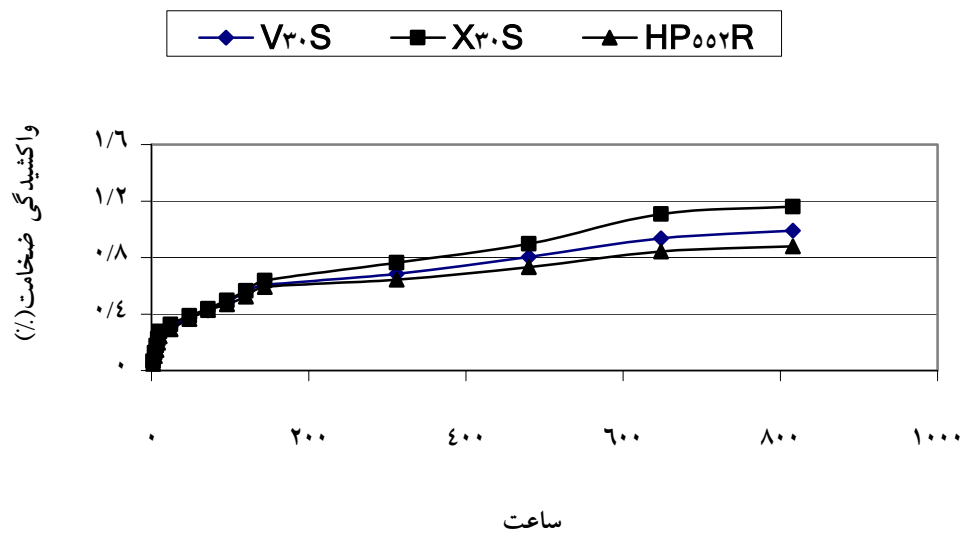
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر متغیرها بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه

ویژگی	درجه پلی پروپیلن	ماده سازگارکننده
جذب آب	n.s.	n.s.
واکنشیدگی ضخامت	n.s.	n.s.
سختی	n.s.	n.s.
مقاومت به ضربه فاقدار	n.s.	*
مقاومت به ضربه بدون فاق	n.s.	n.s.
مقاومت خمشی	**	**
مدول خمشی	**	**
مقاومت کششی	**	*
مدول کششی	*	**
درصد ازدیاد طول در شکست	*	**

* در سطح ۵٪؛ ** در سطح ۱٪ معنی‌دار؛ n.s. معنی‌دار نیست



نمودار ۱- (الف) اثر درجه‌های مختلف پلی‌پروپیلن بر جذب آب در درازمدت



نمودار ۱- (ب) اثر درجه‌های مختلف پلی‌پروپیلن و واکسیدگی ضخامت درازمدت

اثر درجه پلی پروپیلن:

با توجه به نتایج بدست آمده از اندازه گیری میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت درازمدت چندسازه های ساخته شده از درجه های مختلف پلی پروپیلن نشان می دهد که تفاوت بین آنها معنی دار نمی باشد (جدول ۲). میزان جذب آب در چندسازه های ساخته شده با پلی پروپیلن درجه X30S از درجه های V30S و HP552R بیشتر است (نمودار ۱). این موضوع را می توان به شاخص جریان مذاب کمتر این درجه پلی پروپیلن ارتباط داد. زیرا با افزایش شاخص جریان مذاب، فواصل بسیار ریز موجود در بین زنجیره های پلیمری کاهش یافته و به همین دلیل نفوذ مولکول های آب بین زنجیره های پلیمری کمتر می شود. از طرف دیگر، با افزایش شاخص جریان مذاب، ماتریس پلیمری همانند غلافی الیاف آبدوست را به خوبی دربر گرفته و دسترسی آب به آنها کاهش می دهد (Espert et al., 2004).

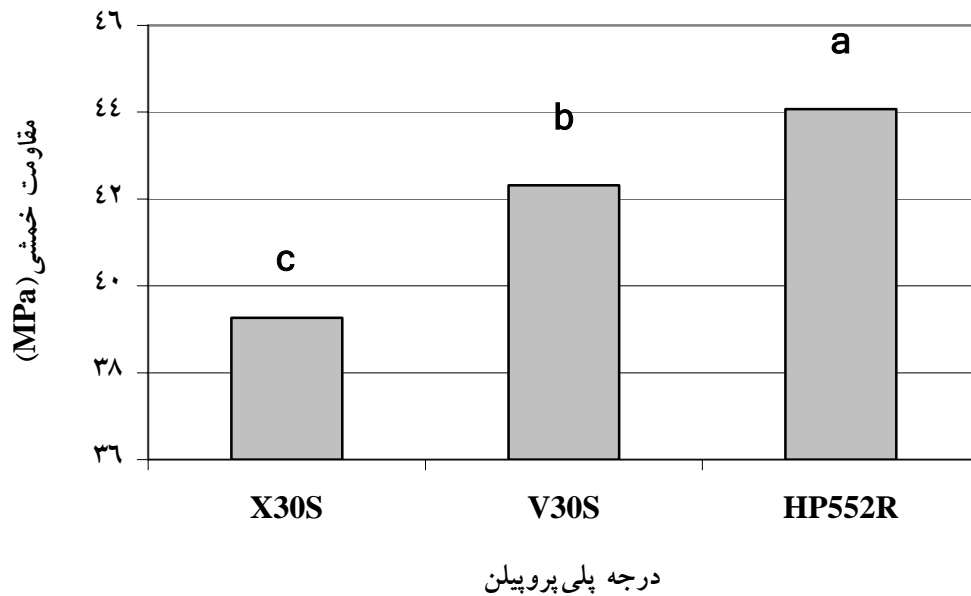
کمترین میزان واکنشیدگی ضخامت درازمدت مربوط به چندسازه تولید شده با درجه HP552R می باشد (نمودار ۱). شاخص جریان مذاب بالای این درجه پلی پروپیلن منجر به اختلاط مناسب ماتریس پلیمری با پرکننده و ترشدگی مطلوب الیاف توسط پلیمر شده و علاوه بر کاهش فواصل بسیار ریز بین زنجیره های پلیمری، بخش آبدوست چندسازه (پرکننده) توسط غلافی از پلیمر احاطه می شود. تحقیقات محققان مختلف از جمله اسپرت نتیجه به دست آمده را تأیید می کند (Espert et al., 2004).

در بین مقاومت های مکانیکی چندسازه ساخته شده از درجه های مختلف پلی پروپیلن، سختی، مقاومت به ضربه

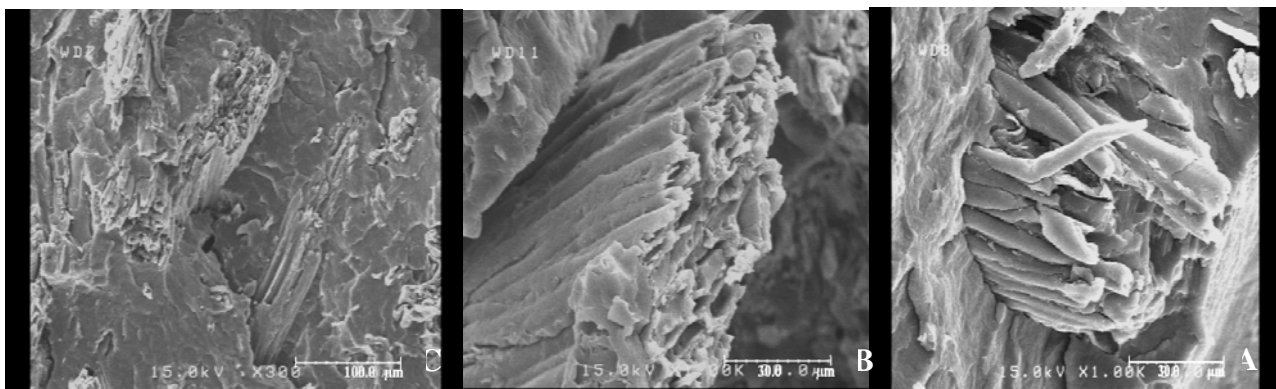
فاقدار و مقاومت به ضربه بدون فاق چندسازه تفاوت معنی داری را نشان ندادند (جدول ۲).

چندسازه های حاوی پلی پروپیلن درجه X30S بیشترین و نمونه های حاوی پلی پروپیلن درجه V30S کمترین میزان سختی را به خود اختصاص دادند. به طوری که بیشترین میزان مقاومت به ضربه فاقدار در چندسازه های ساخته شده با پلیمر درجه V30S مشاهده شد؛ و بالاترین میزان مقاومت به ضربه بدون فاق مربوط نمونه های حاوی پلیمر درجه HP552R و کمترین آن مربوط به نمونه های ساخته شده با پلیمر درجه X30S می باشد.

مقاومت خمشی چندسازه ساخته شده با درجه های مختلف پلی پروپیلن، نشان دهنده اختلاف معنی دار بین آنها می باشد (نمودار ۲). به نحوی که بیشترین میزان مقاومت خمشی در چندسازه ی تولید شده با پلی پروپیلن درجه HP552R و کمترین میزان این ویژگی ها را در چندسازه تهیه شده با پلی پروپیلن درجه X30S می توان دید. با توجه به این که درجه های مختلف PP دارای ویژگی های مکانیکی تقریباً یکسان و تنها اختلاف بارزشان میزان شاخص جریان مذاب آنها می باشد، می توان نتیجه گرفت که با افزایش مقدار MFI پلی پروپیلن، میزان مقاومت خمشی چندسازه افزایش می یابد. زیرا هرچه شاخص جریان مذاب پلیمر بیشتر باشد، جریان مذاب روانتر بوده و سطح بیشتری را پوشش و اتصال بهتری را ایجاد می کند. در نتیجه مقاومت خمشی چندسازه های ساخته شده از پلی پروپیلن هایی با MFI بیشتر، افزایش می یابد (Mutje et al., 2007).



نمودار ۲- اثر درجه‌های مختلف پلی پروپیلن بر مقاومت خمشی



شکل ۱- چندسازهای تولیدی با درجه‌های مختلف پلی پروپیلن (A). HP552R. B. V30S. C. X30S (بزرگنمایی $\times 300$)

کمتر شده و سطح مشترک بین آنها کاهش می‌یابد. به‌گونه‌ای که در چندسازه ساخته شده با درجه X30S ذرات پرکننده از پلیمر زمینه سالم بیرون کشیده شده‌اند که نشان‌دهنده ضعف چسبندگی بین این دو مرحله می‌باشد. شاخص جریان مذاب بالاتر، پوشش و اتصالات قویتری را ایجاد می‌کند و در آن ذرات بیرون آمده از متن پلیمر

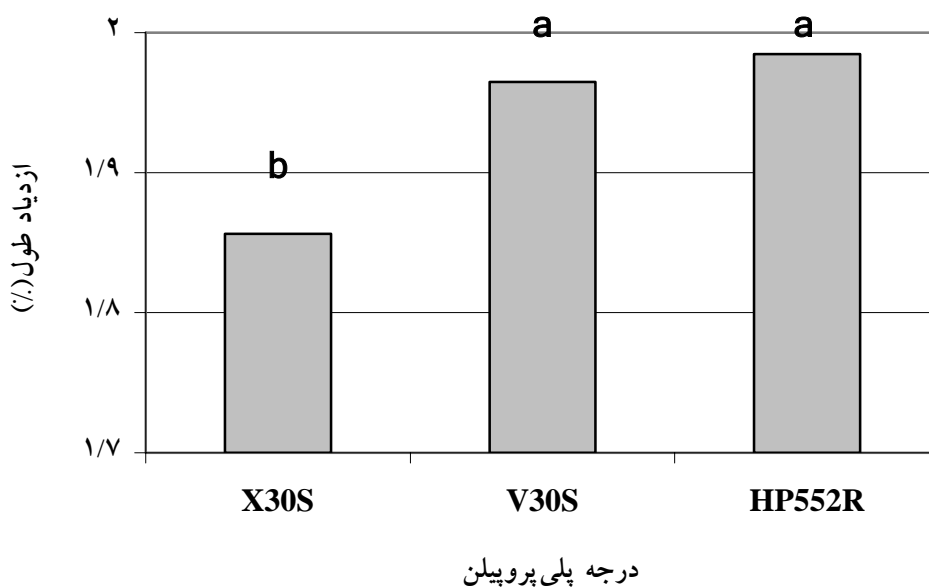
شکل ۱، SEM سطح شکست کشش چندسازه‌های ساخته شده با درجه‌های مختلف پلی پروپیلن را نشان می‌دهد. در چندسازه ساخته شده از پلی پروپیلن HP552R، پوشش ذرات توسط ماتریس پلیمری نسبت به سایر درجه‌ها بسیار بهتر بوده است. به طوری که با کاهش شاخص جریان مذاب، پوشش ذرات توسط پلیمر

منجر به انتقال تنش بهتر از ماتریس پلیمری به ذرات ماده پرکننده شده و در نتیجه با افزایش MFI مقاومت کششی افزایش می یابد (Youngquisit *et al.*, 1990).

بین درصد ازدیاد طول طی مرحله ی شکست نمونه های تیمارهای مختلف، تفاوت معنی داری وجود دارد (نمودار ۳). به نحوی که با افزایش شاخص جریان مذاب پلی پروپیلن، مقادیر تغییر طول در مرحله ی شکست چندان سازده ساخته شده افزایش می یابد. این امر به دلیل شاخص جریان مذاب بالاتر و تحرک زنجیرهای پلیمر است که موجب افزایش مقادیر ازدیاد طول در طی مرحله شکست می شود (روحانی، ۱۳۸۲).

زمینه در اثر تنش کششی وارد بر نمونه چندان سازدها به مراتب کمتر است.

میانگین مقاومت کششی و مدول کششی چند سازدهای تهیه شده از درجه های مختلف پلی پروپیلن نشان می دهد که بین آنها، تفاوت معنی داری وجود دارد (جدول ۲). بیشترین میزان این ویژگی ها در نمونه های تهیه شده با پلیمر درجه HPP552R مشاهده می شود. از آنجا که این درجه پلیمر دارای MFI بالا می باشد، بنابراین جریان مذاب بهتری ایجاد نموده و در نتیجه ذرات ماده پرکننده توسط پلیمر بهتر پوشش داده شده و سطح مشترک بین پلیمر و آرد چوب افزایش می یابد. کیفیت سطح مشترک



نمودار ۳- اثر درجه های مختلف پلی پروپیلن بر درصد ازدیاد طول

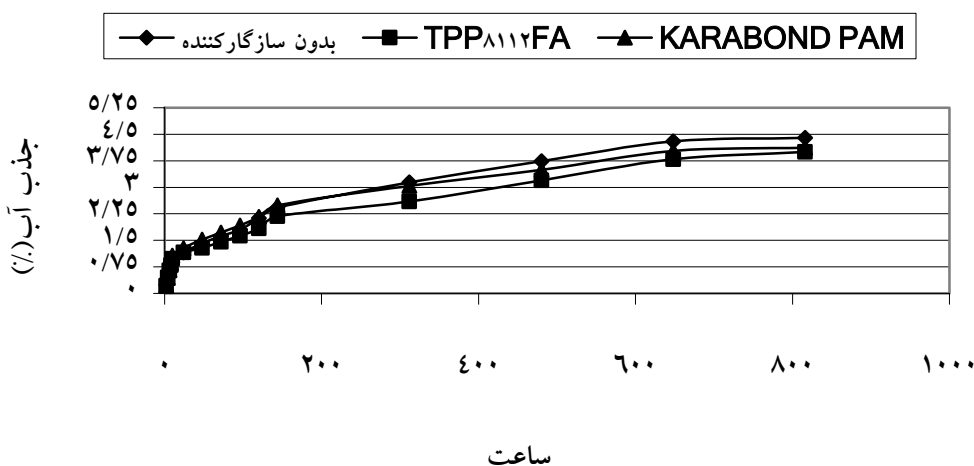
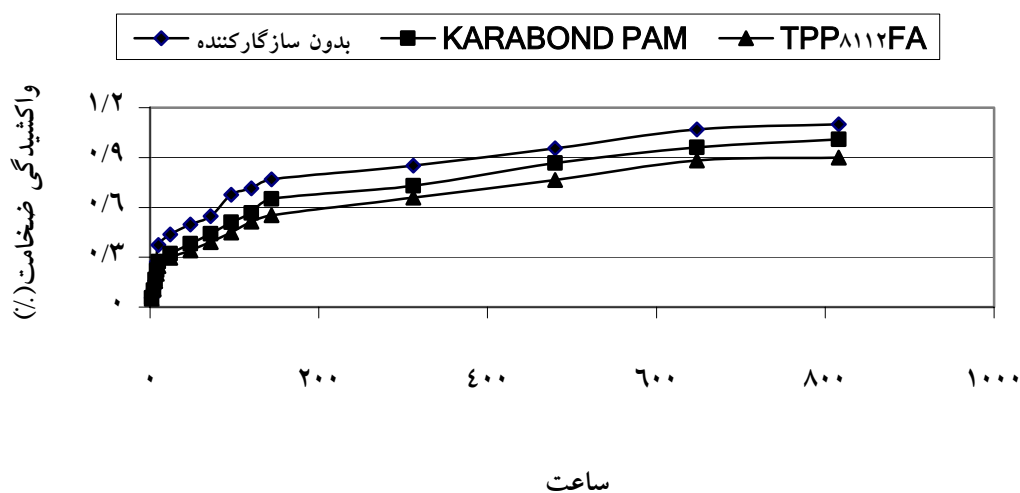
پلاستیک حاوی ماده سازگارکننده متفاوت و بدون ماده سازگارکننده اختلاف معنی داری مشاهده نمی شود. میزان جذب آب درازمدت در نمونه های حاوی سازگارکننده

اثر ماده سازگارکننده

طبق جدول ۲، بین میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت درازمدت (۸۱۶ ساعت) چندان سازدهای چوب-

غیرقطبی استفاده شود؛ همچنین از سوی دیگر آب دارای مولکول‌های قطبی است، و درصد بیشتر MAH در ساختار KARABOND PAM منجر به جذب آب بیشتر در طی ۲ و ۲۴ ساعت می‌شود. در حالی که در TPP8112FA درصد مالئیک‌انیدرید کمتر بوده و جذب آب کمتری در چندسازه‌های ساخته شده از آن مشاهده می‌گردد.

KARABOND PAM از نمونه‌های دارای سازگارکننده TPP8112FA بیشتر می‌باشد (نمودار ۴). تفاوت در میزان جذب آب نمونه‌های حاوی این دو نوع MAPP را می‌توان به میزان درصد مالئیک‌انیدرید (MAH) نسبت داد. با توجه به این که مالئیک‌انیدرید پلی‌پروپیلن به علت داشتن زنجیره‌های مولکولی غیرقطبی می‌تواند به گروه‌های قطبی متصل شود و به‌عنوان سازگارکننده بین مواد قطبی و



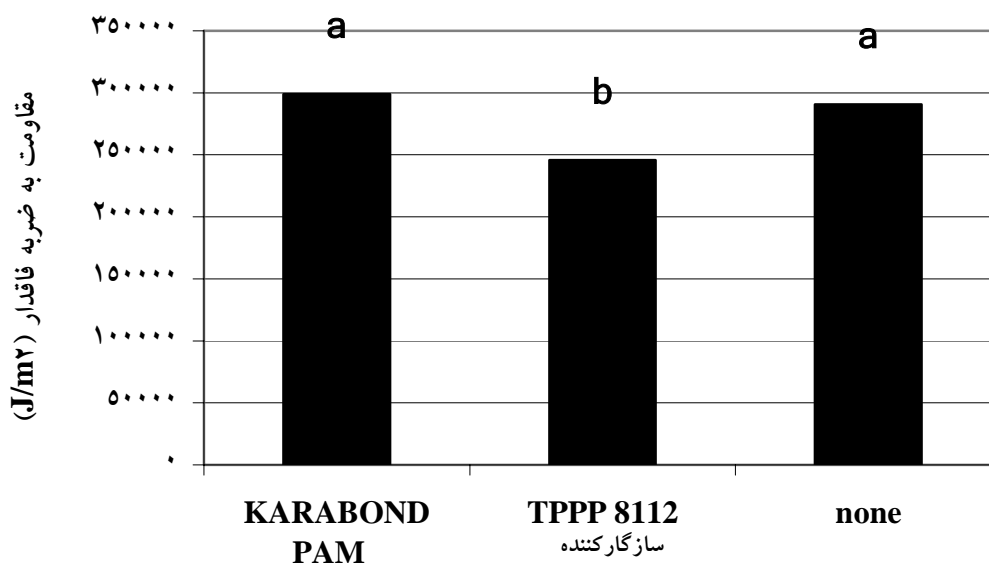
نمودار ۴- اثر نوع ماده سازگارکننده بر واكشیدگی ضخامت و جذب آب درازمدت

پیوندهای بهتر بین ذرات چوب و پلی پروپیلن می باشد (Dang *et al.*, 2008 Feng *et al.*, 2006).

مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه های دارای ماده سازگارکننده نوع TPPP8112 اختلاف معنی داری را با چندسازه های دارای ماده سازگارکننده KARABOND PAM و بدون ماده سازگارکننده نشان می دهد (نمودار ۵). به طوری که کمترین میزان مقاومت به ضربه در چندسازه های حاوی ماده سازگارکننده TPPP8112 مشاهده می شود، هرچند انتظار می رود که این ویژگی با افزودن سازگارکننده افزایش یابد، ولی استفاده از ماده سازگارکننده KARABOND PAM این افزایش را ایجاد نمی کند. میزان این ویژگی در هنگام استفاده از ماده سازگارکننده KARABOND PAM بیشتر از ماده سازگارکننده TPPP8112 می باشد. این اختلاف به درصد بیشتر مالئیک انیدرید KARABOND PAM بر می گردد. براین اساس ویژگی های MAPP مورد استفاده می تواند بر میزان مقاومت به ضربه اثر گذار باشد (Ichazo *et al.*, 2001).

به دلیل کم بودن میزان جذب آب نمونه های دارای ماده سازگارکننده نوع TPPP8112FA، این نمونه ها دارای واکنشیدگی ضخامت کمتری نسبت به سایر نمونه ها می باشند (نمودار ۴). این در حالیست که در نمونه های فاقد ماده سازگارکننده در نتیجه ی اتصال نامناسب و ضعیف در سطح مشترک بین ماده پرکننده و پلیمر (interface) و فواصل و شکاف های ایجاد شده در این بخش، بیشترین میزان واکنشیدگی ضخامت را در درازمدت دارا می باشند.

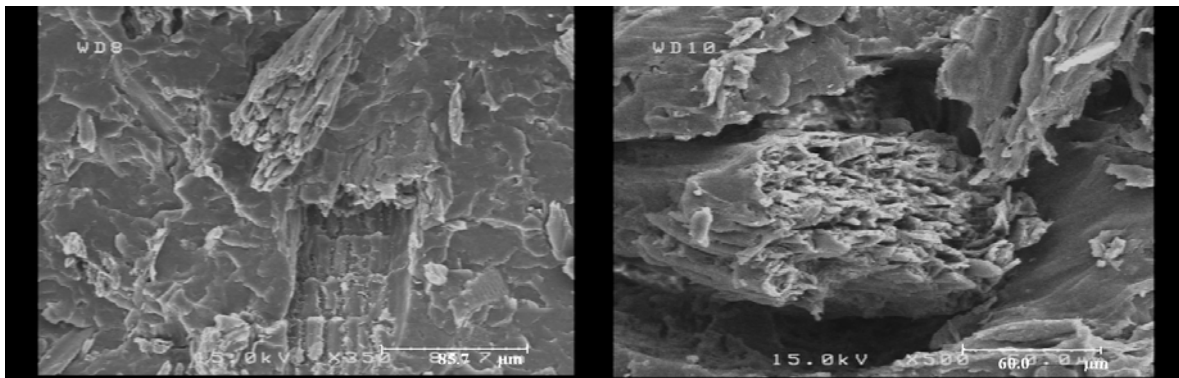
بر اساس جدول ۲، افزودن ماده سازگارکننده به چندسازه های چوب پلاستیک بر میزان سختی نمونه های آزمونی تأثیری ندارد. با این حال، بیشترین میزان سختی در چندسازه حاوی ماده سازگارکننده KARABOND PAM و کمترین مقدار آن در چندسازه بدون ماده سازگارکننده مشاهده می شود. به طوری که با اضافه کردن ماده سازگارکننده، سازگاری بین ذرات چوب آبدوست و پلیمر آب گریز بهبود می یابد. افزایش سختی به علت ایجاد



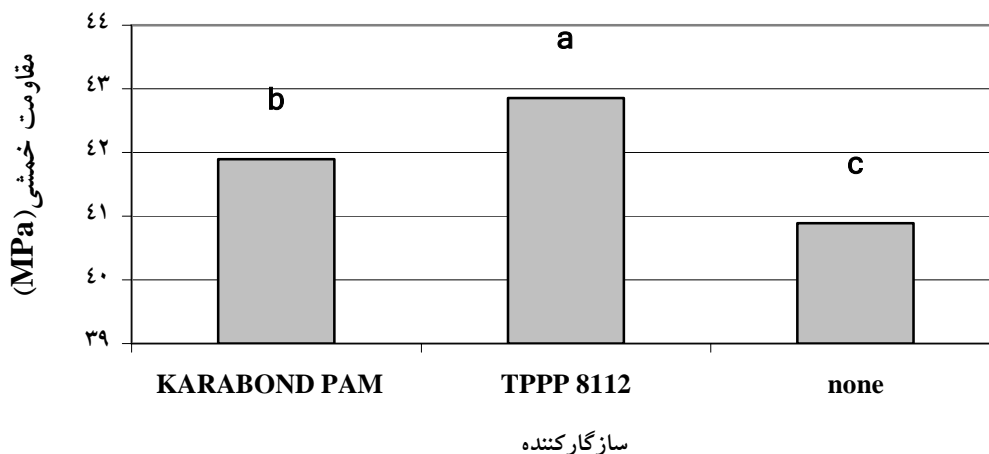
نمودار ۵- اثر ماده سازگارکننده بر مقاومت به ضربه فاقدار

بیشتری نسبت به سازگارکننده PP8112FA می‌باشد. بنابراین این سازگارکننده سطح مشترک پلیمر و پرکننده را در مقایسه با TPP8112FA بیشتر و بهتر تقویت می‌کند. همان طور که در شکل‌های ۲ و ۳ نیز مشخص است، استفاده از سازگارکننده در ترکیب چندسازه‌های چوب‌پلاستیک، به‌علت بهبود سطح مشترک پلیمر و پرکننده موجب افزایش مقاومت خمشی فرآورده می‌گردد (Zabihzadeh., 2010).

اما نوع ماده سازگارکننده اثر معنی‌داری بر میزان مقاومت به ضربه بدون فاق نمونه‌ها نداشته است (جدول ۲) نمودار ۶ نشان می‌دهد که نوع ماده سازگارکننده بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته خمشی نمونه‌ها، اثر معنی‌دار دارد. به بیان دیگر استفاده از ماده سازگارکننده مناسب سبب افزایش این ویژگی در چند سازه‌های چوب‌پلاستیک ساخته شده می‌شود (Ichazo *et al.*, 2001). سازگارکننده KARABOND PAM دارای درصد مالئیک‌انیدرید



شکل ۲- چندسازه بدون سازگارکننده (بزرگنمایی $\times 500$) شکل ۳- چندسازه دارای سازگارکننده (بزرگنمایی $\times 350$)

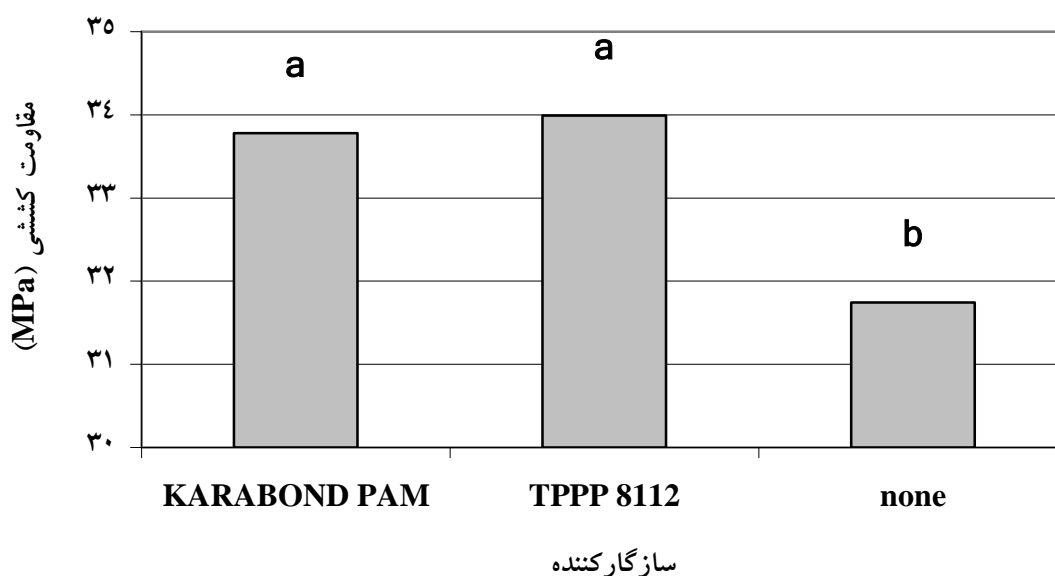


نمودار ۶- اثر ماده سازگارکننده بر مقاومت خمشی

بر همین اساس نمونه‌های بدون سازگارکننده کمترین میزان مقاومت کششی را دارند (شکل ۲ و ۳). مقاومت کششی نمونه‌های چوب پلاستیک‌های ساخته شده با دو نوع متفاوت MAPP اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند. از این رو افزایش مدول کششی چندسازه تولید شده با ماده سازگارکننده KARABOND PAM ناشی از درصد مالئیک‌انیدرید بیشتر این سازگارکننده نسبت به سازگارکننده TPP8112FA می‌باشد. اما با توجه به ماهیت اثر تنش در این ویژگی، مقدار این افزایش ناچیز بوده است. بنابراین این سازگارکننده سطح مشترک پلیمر و پرکننده را در مقایسه با TPP8112FA بیشتر و بهتر تقویت می‌کند.

وجود ماده سازگارکننده در چند سازه‌های چوب پلاستیک سبب افزایش مقاومت و مدول کششی آنها شده است (نمودار ۷). زیرا ماده سازگارکننده سبب افزایش سطح مشترک بین پلیمر و ماده پرکننده شده و منجر به افزایش قابلیت انتقال تنش از ماتریس به پرکننده می‌شود (Panthapulakkal & Sain, 2006).

در شکل ۲ پلی پروپیلن زمینه همراه با آرد چوب (بدون حضور ماده سازگارکننده) به صورت ناپیوسته مشاهده می‌شود؛ که از فاصله بین دو ماده ناهم‌جنس تداخل ناپذیر ناشی می‌شود. در حالی که در چندسازه حاوی ماده سازگارکننده MAPP پیوستگی بین مراحل مشهود و مبین نقش مثبت ماده سازگارکننده در تقویت اتصالات در سطح مشترک بین آنها می‌باشد.



نمودار ۷- اثر ماده سازگارکننده بر مقاومت کششی

مانند جذب آب و واکنشیدگی ضخامت و برخی ویژگی‌های مکانیکی نظیر سختی، مقاومت به ضربه فاقدار و بدون فاق بهبود ناچیزی داشته‌اند. نتایج این بررسی و تحقیقات مشابه نشان می‌دهد که انتقال تنش در چندسازه‌های دارای MAPP بهبود یافته و منجر به افزایش ظرفیت تحمل تنش می‌شود. چون چندسازه متشکل از دو مرحله همگتر، عملکرد نسبتاً یکپارچه‌تری زیر تنش خواهد داشت. از جمله این تحقیقات می‌توان به پی کرینگ و همکاران (۲۰۰۷) اشاره کرد.

استفاده از MAPP های مختلف به‌عنوان ماده سازگارکننده، بیانگر این نکته است که این مواد بر روی ویژگی‌های مختلف چندسازه ساخته شده، اثر متفاوتی دارند. به طوری که چندسازه‌های حاوی ماده سازگارکننده TPP8112FA دارای مقاومت خمشی بیشتری نسبت به چندسازه‌های دارای ماده KARABON PAM می‌باشد. در حالی که مدول کششی و خمشی و همچنین مقاومت به ضربه فاقدار آنها کمتر از نوع اخیر است.

منابع مورد استفاده

-چهارم‌حالی، م.، ۱۳۸۴. بررسی امکان ساخت مواد مرکب چوب‌پلاستیک با استفاده از ضایعات تخته خرده چوب و MDF و ضایعات پلی اتیلن سنگین، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ی علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تربیت مدرس.

-روحانی، م.، ۱۳۸۲. بررسی امکان استفاده از الیاف لیگنوسلولزی (باگاس و کف) در ساخت چندسازه‌های الیاف-PP، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ی علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران.

-Chui, Q.S.H., Franciscone, C., Baptista, J.A.F & Rosa, D.S. 2007. An interlaboratory comparison of the melt flow index: Relevant aspects for the participant laboratories. *Polymer Testing* 26.576-586.

-Dang, Wenjie. Song, Yangming. Wang, Qingwen & Wang, Weihong. 2008. Improvement in compatibility and mechanical properties of modified

میانگین ویژگی ازدیاد طول در مرحله‌ی شکست در چندسازه‌ی ساخته شده با مواد سازگارکننده مختلف، تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد. در نمونه‌های بدون ماده سازگارکننده کاهش تنش نهایی و شکست سریعتر نمونه، کمترین میزان ازدیاد طول در شکست دیده می‌شود. استفاده از ماده سازگارکننده در ساخت چندسازه چوب‌پلاستیک حالت الاستیکی بیشتری به چندسازه بخشیده و تحمل آن را در برابر تنش افزایش می‌دهد، در نتیجه درصد ازدیاد طول در شکست افزایش می‌یابد که این افزایش در زمان استفاده از درجه TPP8112 بیشتر است. این سازگارکننده دارای کمترین مقاومت خمشی و بیشترین میزان مدول است. در واقع افزودن این ماده سازگارکننده خاصیت الاستیکی چندسازه را افزایش می‌دهد که میزان مقاومت خمشی کمتری خواهد داشت.

بحث

این بررسی نشان داد که با افزایش شاخص جریان مذاب پلی‌پروپیلن استفاده شده، ویژگی‌های مکانیکی چندسازه ساخته شده شامل مقاومت‌های خمشی و کششی آن، افزایش می‌یابد. به طوری که بیشترین میزان این مقاومت‌ها در چندسازه‌های ساخته شده با درجه مقاومت HPP552R مشاهده شد. با افزایش شاخص جریان مذاب پلیمر، جریان مذاب بهتری ایجاد شده و در نتیجه الیاف توسط پلیمر بهتر پوشش داده می‌شوند و سطح مشترک بین پلیمر و آرد چوب را افزایش می‌دهد. این امر منجر به انتقال بهتر تنش از ماتریس پلیمری به ذرات شده و در نتیجه با افزایش MFI این مقاومت‌ها نیز افزایش می‌یابد (Youngquist *et al.*, 1990). لازم به یادآوری است که با افزایش شاخص مذکور، ویژگی‌های فیزیکی چندسازه

- sativa as resin for cement/filler and thermoplastic composites. *Journal of composites*, 38(2): 369-377.
- Panthapulakkal, Suhara & Sain, Mohini. 2006. Injection and corn stem filled PP composites. *Journal of Polym Environ*, 14: 265- 272.
- Youngquist, J. A., J. H. Muehl, A. M. Krzysik & T. Xin 1990. Properties of wood fiber and polymer fiber composites, *Wood fiber/polymer composites*, Forest Products society, Madison, U.S.A., P: 79-88.
- Zabihzadeh, S. M., Ebrahimi, G., Enayati, A. 2010. Effect of compatibilizer on mechanical, morphological, and thermal properties of chemimechanical pulp-reinforced PP composites, *Journal of thermoplastic composites material*, DOI: 10.1177/0892705710387048.
- wood fiber/ polypropylene composites. *Front. For. China*, 3(2): 243-247.
- Espert,A., Vilaplana,F & Karlsson,S. 2004. Comparison of water absorption in natural cellulosic fiber from wood and one-year crops in polypropylene composites and its influence on their mechanical properties. Part A35.1276-1276.
- Feng, Jiang & Te-fu, Qin. 2006. Toughening wood/polypropylene composites with polyethylene octene elastomer (POE). *Journal of Forestry Research*, 17(4): 312-314.
- Ichazo, M.N., Albano, C., Gonzalez, J., Perera, R & Candal, M.V. 2001. Polypropylene/wood flour composites: treatment and properties. *Composite Structures*, 54: 207-214.
- Mutje, P., A., Lopez, M. E., Vallejos, J. P., Lopez, and F., Vilaseca. 2007. Full inhabitation of cannabis

Effect of different polypropylene grades and coupling agent on the properties of Wood Plastic Composites

Taheri, F.^{1*}, Enayati, A.², Oromiehie, A.³ and Tajvidi, M.⁴

1*-Corresponding author, Master Wood industries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran.
Email: Taheri.rezvan@gmail.com

2- Professor, Department of Wood and Paper science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

3- Associate Professor, Iran Polymer and Petrochemical Institute, Tehran, Iran.

4- Associate Professor, Department of Wood and Paper science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

.Received: Oct., 2011

Accepted: July, 2011

Abstract

By utilizing three different grades of Polypropylene (PP) as matrix, two different kind of MAPP as coupling agent and without MAPP and *Pistachio's* flour, composite samples were produced. Physical and mechanical properties of wood plastic composites including: MOR, MOE, tensile strength, bending strength, impact strength, hardness, water absorption and thickness swelling (816 hours) were determined. Results indicated that the effect of different grade of polypropylene and coupling agent on water absorption, thickness swelling, hardness and impact strength variables were insignificant. Use of Polypropylene having higher Melt Flow Index (MFI) leads to increase in mechanical properties of wood plastic composite samples such as Bending and Tensile strength even if coupling agent wasn't used. Use of different kind of MAPP as coupling agent in making wood plastic composites can result in better mechanical properties which based on their type have different effect.

Keywords: Wood plastic composite, different grade of polypropylene, coupling agent & mechanical and physical properties.