

## بررسی اثر سیلیس بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه پلی‌پروپیلن / پودرچوب / سیلیس

روح‌اله محبی<sup>۱\*</sup>، آژنگ تاجدینی<sup>۲</sup>، احمدجهان لئیاری<sup>۳</sup> و امیرنوربخش<sup>۴</sup>

\* نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ: دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

پست الکترونیک: mohebi3418@yahoo.com

۲- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۳- دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۴- دانشیار، پژوهشی بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۰

### چکیده

در این تحقیق اثر افزودن مقادیر متفاوت سیلیس (۰، ۵ و ۱۰ درصد وزن چندسازه) و پودرچوب صنوبر در سه سطح با ۳۰٪، ۴۰٪ و ۵۰٪ وزن چندسازه بر روی ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های حاصل از پودرچوب صنوبر و پلی‌پروپیلن مورد بررسی قرار گرفت. اختلاط مواد در مخلوط‌کن (توام‌کننده) انجام و بعد از آن، از دستگاه تزریق برای ساخت نمونه‌های آزمون استفاده گردید. نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی چندسازه نشان دادند که با افزایش سیلیس، ویژگی‌های مقاومتی افزایش یافت. در اثر زیاد شدن مقدار سیلیس، مقاومت خمشی از مقدار  $47/9$  MPa به  $53/3$  MPa (مقدار افزایش ۱۲/۲٪)، مدول خمشی از مقدار  $2625$  MPa به  $4517$  MPa (۷۲٪) و مدول کششی از مقدار  $4525$  MPa به  $6884$  MPa (۵۲٪) افزایش یافت. افزایش مقاومت به ضربه چشمگیر نبود ولی سختی نمونه‌ها از ShoreD ۶۶ به ShoreD ۷۳/۷۷ (۱۱/۱۱٪) افزایش یافت. در اثر افزودن سیلیس دانسیته چندسازه افزایش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: چندسازه، پودرچوب صنوبر، پلی‌پروپیلن، سیلیس، مقاومت مکانیکی

### مقدمه

(Faruk, bledzki., 2003) (Zhang *et al.*, 2008) از

پُرکننده‌های آلی (الیاف و ذرات چوب و مواد غیرچوبی) جهت کاهش هزینه‌ها و افزایش خواص چندسازه‌های چوب-پلاستیک استفاده شده است (Kim *et al.*, 2010) الیاف گیاهی از جمله مواد خام تجدیدشونده، قابل بازیافت و دوستار محیط زیست هستند و قابلیت دسترسی به آنها کم و بیش نامحدود است. به‌علاوه این مواد در مقایسه با

توسعه و گسترش تولید و مصرف چندسازه‌های چوب-پلاستیک، فعالیت‌های پژوهشی در زمینه‌های مختلف ارتقاء کیفیت این محصول و مناسب‌سازی شرایط تولید را بسط داده است، بنابراین استفاده از انواع مواد تقویت‌کننده و پُرکننده، با اهداف متفاوت مورد بررسی قرار گرفته و عملکرد آنها ارزیابی شده است (Ito *et al.*).

الیاف دیگر بخصوص الیاف مصنوعی و معدنی ساینده‌گی کمتری دارند. بنابراین به منظور انطباق الیاف گیاهی با پلیمر و ایجاد اتصال قویتر، فراوری الیاف سلولزی با سازگارکننده مناسب و ایجاد اتصال بهتر مورد بررسی قرار گرفته و امکان تولید چندسازه‌هایی با پراکنش بهتر الیاف و چسبندگی بیشتر بین دوفاز امکان‌پذیر شده است (Kim et al., 2010; Kokta et al., 2007). در تولید چندسازه‌های چوب-پلاستیک عمدتاً از رزین‌های گرمانرم با دمای فرایندی کمتر از ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد استفاده می‌شود (Gassan and Bledzki, 1999). نوربخش و همکاران (۱۳۸۶) اثر مقدار MAPP بر خواص چندسازه پودرچوب و ماتریس پلیمر را بررسی کرده و عنوان می‌کنند که مقاومت به ضربه فاقدار و مقاومت به کشش چندسازه ساخته شده با استفاده از ۲ درصد سازگارکننده زیاده‌تر از چندسازه (چوب-پلاستیک) بدون سازگارکننده است، ولی مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه با ۲ درصد سازگارکننده کمتر از پلی‌پروپیلن خالص بود. بنابراین مشخص شد که اتصال در حد فاصل بین پودرچوب و ماده‌زمینه اثر زیادی بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه داشت. Zhu و همکاران (۲۰۰۵) با اصلاح ذرات پُرکننده، ویژگی‌های حد فاصل (سطح مشترک) را کنترل نموده و به طور عملی مشاهده کردند؛ به طوری که وقتی چسبندگی بین پلیمر و ذرات پُرکننده ضعیف باشد، عملاً تغییر چندانی در مدول‌ها و دمای انتقال‌شیشه‌ای (Tg) در مقایسه با پلیمر خالص بوجود نمی‌آید، در حالی که اگر چسبندگی پلیمر به ذرات پُرکننده زیاد باشد، مدول‌ها بشدت افزایش پیدا می‌کنند. در ساخت چندسازه‌ها از انواع الیاف و ذرات چوبی و غیرچوبی استفاده می‌شود. با وجودی که مواد اصلی تشکیل‌دهنده دیواره انواع سلولهای گیاهی (کربوهیدرات‌ها

و لیگنین) از نظر شیمیایی مشابه هستند، ولی مقدار این ترکیب‌ها کمی متفاوت است. مواد استخراجی و مواد معدنی موجود در دیواره سلول، از دو نظر کمی و شیمیایی متفاوت هستند. حضور و تغییر این مواد احتمالاً بر واکنش بین مواد تقویت‌کننده/پُرکننده و مواد زمینه اثرگذار خواهد بود. یکی از مواد مورد استفاده در ساخت چندسازه‌ها، ذرات حاصل از کلش‌برنج است. در مورد این ماده پژوهش‌هایی در شناخت و ویژگی‌های چندسازه آن انجام شده است. هالوارسون و همکاران (۲۰۱۰) عنوان می‌کنند که اندازه ذرات سیلیس در ساقه گیاهان غیرچوبی نظیر کلش‌برنج در محدوده ۱۰-۱۰۰ میکرون است و موسوم به نیتولایت هستند. با وجودی که تأثیر مثبت افزودن ذرات کلش‌برنج به ترکیب چندسازه منجر به ارتقاء ویژگی‌های آن شده است (Wu et al., 2009)؛ (Ishak et al., 2001). ولی به دلیل عوامل تاثیرگذار متعدد در بین انواع مواد پُرکننده/تقویت‌کننده، اثر سیلیکات‌های موجود در کلش‌برنج به‌طور دقیق مورد شناخت قرار نگرفته است. در این بررسی با انتخاب پودرچوب صنوبر به‌عنوان ماده‌ای عاری از سیلیکات‌ها و حاوی کمترین مقدار ماده معدنی، تأثیر افزودن مقادیر مختلف سیلیس بر توسعه ویژگی‌های مقاومتی چندسازه بررسی شده است.

## مواد و روشها

### مواد

در این پژوهش، از پلی‌پروپیلن (PP) با شاخص جریان مذاب ۱۸ gr/۱۰min در دمای ۲۳۰°C و چگالی ۹۰۰ Kg/m<sup>۳</sup> محصول شرکت پتروشیمی اراک استفاده شد. از پروپیلن پیوند شده (MAPP) محصول شرکت گرانکین با شاخص جریان مذاب ۱۶ gr/۱۰min

پودرچوب صنوبر تا رطوبت ۲٪ خشک شده و تا زمان مصرف در کیسه پلی اتیلنی نگهداری شد. از پودر سیلیس با فرمول  $\text{SiO}_2$  و اندازه ذرات بین ۲۳۰-۴۰۰ مش استفاده شد. ترکیب مواد در ساخت چندسازه در جدول ۱ خلاصه شده است.

در دمای  $190^\circ\text{C}$ ، چگالی  $910\text{Kg/m}^3$  و حاوی یک درصد انیدریدمالئیک پیوند زده شده به‌عنوان جفت‌کننده و به میزان ۲ درصد وزن چندسازه استفاده شده است. از سه مقدار پودرچوب صنوبر (۳۰٪، ۴۰٪ و ۵۰٪) با اندازه ذرات بین ۴۰-۶۰ مش به‌عنوان تقویت‌کننده استفاده شد.

جدول ۱- اجزای تشکیل‌دهنده ترکیب‌های مختلف براساس درصد وزنی (مبنا وزن خشک)

درصد مواد			
پودرچوب	PP	سیلیس	MAPP
۳۰	۶۸	۰	۲
۳۰	۶۳	۵	۲
۳۰	۵۸	۱۰	۲
۴۰	۵۸	۰	۲
۴۰	۵۳	۵	۲
۴۰	۴۸	۱۰	۲
۵۰	۴۸	۰	۲
۵۰	۴۳	۵	۲
۵۰	۳۸	۱۰	۲
۰	۱۰۰	۰	۰

#### تهیه نمونه‌ها

برای اختلاط پودرچوب صنوبر، پلی‌پروپیلن، سیلیس و ماده سازگارکننده از دستگاه توام‌کننده دوماردون ناهمسوگرد (Dr.Collin) با پروفیل دمای ۱۶۵-۱۷۰-۱۷۵-۱۸۲-۱۸۵-۱۸۳ درجه سانتی‌گراد و سرعت چرخش  $140\text{rpm}$  استفاده شد. پس از اختلاط، مواد ترکیب شده از قسمت خروجی دستگاه اختلاط جمع‌آوری شد. این مواد با استفاده از دستگاه آسیاب آزمایشگاهی (آسیاب چکشی WIESER) به گرانول تبدیل شدند. گرانول‌ها پس از خشک شدن در دمای  $80^\circ\text{C}$  به مدت ۲۴ ساعت، به‌وسیله

دستگاه تزریق به نمونه‌های مناسب برای آزمون‌های مقاومتی تبدیل شدند.

#### اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی نمونه‌ها و ارزیابی تأثیر عوامل متغیر بر آنها، مقاومت به کشش براساس دستورالعمل ASTM D638، مقاومت خمشی براساس دستورالعمل ASTM D790 با استفاده از دستگاه INSTRON مدل ۴۴۷۶ و با سرعت بارگذاری  $5\text{mm/min}$ ، مقاومت به ضربه طبق دستورالعمل ASTM D256 توسط دستگاه

صورت معنی‌دار شدن اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون گروه‌بندی چند دامنه‌ای دانکن استفاده شده است.

آزمایش مقاومت به ضربه دیجیتالی (SANTAM-SIL20D) و سختی نمونه‌ها طبق دستورالعمل ASTM D240 توسط دستگاه SANTAM انجام شد.

### نتایج

ویژگی‌های مقاومتی نمونه‌های چندسازه پلی‌پروپیلن/پودرچوب صنوبر/سیلیس در شکل‌های ۱ تا ۶ ارائه شده است. تجزیه و تحلیل آماری تأثیر مقادیر مختلف سیلیس، پودرچوب صنوبر و اثر متقابل آنها در جدول ۲ خلاصه شده است.

### تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج و تعیین تأثیر عوامل مورد بررسی بر ویژگی‌های مقاومتی چندسازه از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی استفاده شد. در

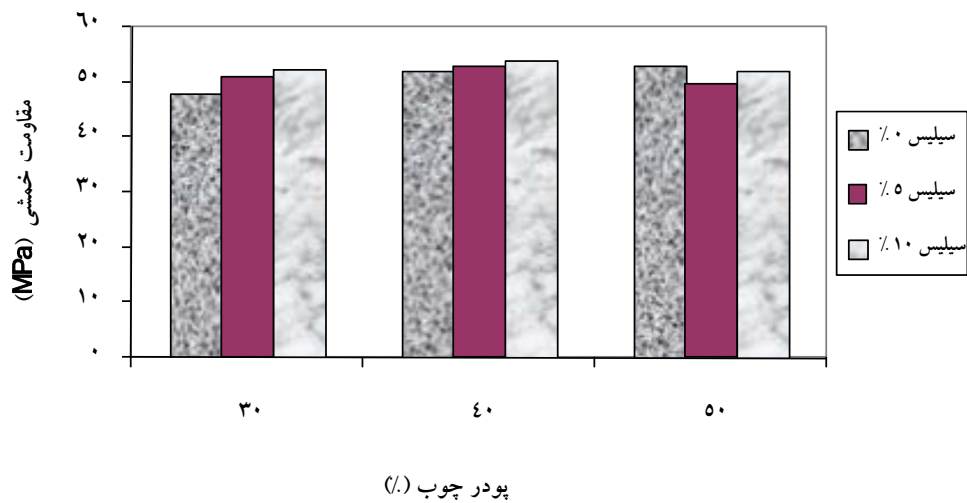
جدول ۲- تجزیه و تحلیل آماری تأثیر مقادیر مختلف سیلیس و پودرچوب صنوبر بر ویژگی‌های مقاومتی چندسازه پلی‌پروپیلن/پودرچوب/سیلیس

سطح معنادار (Sig.)	(F)	میانگین مربعات (MS)	درجه آزادی (Df)	مجموع مربعات (SS)	منبع تغییرات
۰/۵۹۴	۰/۵۳۶	۴۲۳۴۳۵/۷۰۴	۲	۸۴۶۸۷۱/۴۰۷	مدول کششی
۰/۳۸۹	۰/۹۹۵	۲/۳۲۶	۲	۴/۶۵۱	مقاومت کششی
۰/۱۷۷	۱/۹۱۰	۶/۹۷۸	۲	۱۳/۹۵۶	مقاومت خمشی
۰/۰۰۰	۳۳/۹۰۵	۴۵۶۵۵۲/۷۰۴	۲	۹۱۳۱۰۵/۴۰۷	مدول خمشی
۰/۱۸۲	۱/۸۷۵	۲۷/۶۳۴	۲	۵۵/۲۶۷	ضربه
۰/۰۰۱	۱۰/۸۱۷	۲۷/۲۰۶	۲	۴۲/۴۱۲	سختی
۰/۰۰۰	۱۲/۰۸۸	۹۵۵۳۸۶۶/۰۳۷	۲	۷E۹۱۱/۱	مدول کششی
۰/۳۹۰	۰/۹۹۱	۲/۳۱۸	۲	۴/۶۳۶	مقاومت کششی
۰/۰۵۷	۳/۳۶۴	۱۲/۲۸۸	۲	۲۴/۵۷۶	مقاومت خمشی
۰/۰۰۰	۳۵۷/۵۱۵	۴۸۱۴۱۶۱/۰۳۷	۲	۹۶۲۸۳۲۲/۰۷۴	مدول خمشی
۰/۱۸۰	۱/۸۸۹	۲۷/۸۴۶	۲	۵۵/۶۹۲	ضربه
۰/۰۰۰	۲۰/۸۰۲	۴۰/۷۸۰	۲	۸۱/۵۵۹	سختی
۰/۹۳۳	۰/۲۰۳	۱۶۰۷۶۸/۸۱۵	۴	۶۴۳۰۷۵/۲۵۹	مدول کششی
۰/۳۴۲	۱/۲۰۷	۲/۸۲۲	۴	۱۱/۲۸۸	مقاومت کششی
۰/۱۷۰	۱/۸۱۳	۶/۶۲۱	۴	۲۶/۴۸۵	مقاومت خمشی
۰/۵۲۱	۰/۸۳۴	۱۱۲۲۹/۵۳۷	۴	۴۴۹۱۸/۱۴۸	مدول خمشی
۰/۱۶۴	۱/۸۴۸	۲۷/۲۴۷	۴	۱۰۸/۹۸۶	ضربه
۰/۳۹۵	۱/۰۸۱	۲/۱۱۹	۴	۸/۴۷۵	سختی

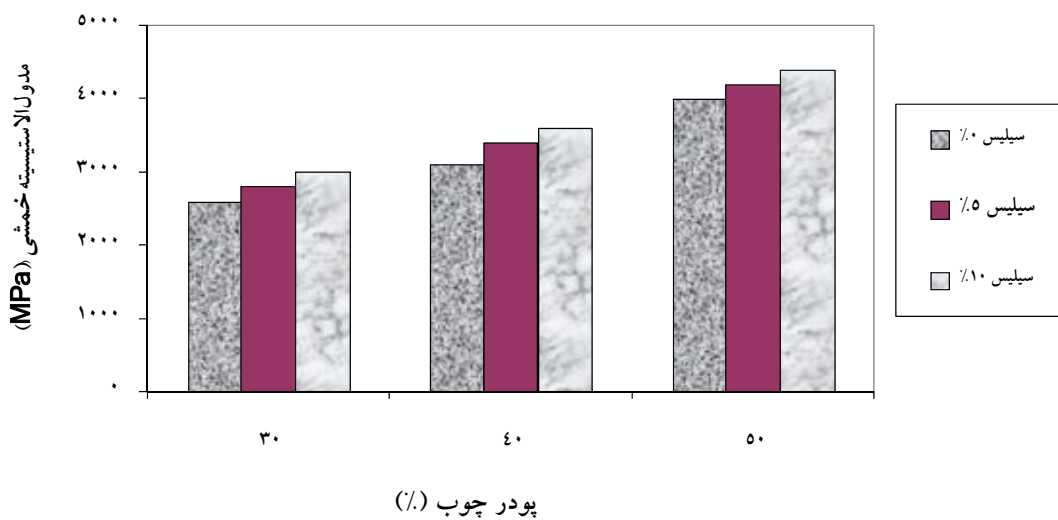
### ویژگی‌های خمشی

تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان می‌دهد که استفاده از مقادیر مختلف ماده معدنی سیلیس تأثیر معناداری بر مقاومت خمشی ندارد و در اثر افزودن ۱۰٪ سیلیس، مقاومت خمشی فقط به میزان ۴٪ افزایش یافته است. ولی افزودن مقادیر متفاوت پودرچوب صنوبر به ترکیب چندسازه تأثیر معناداری در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ بر مقاومت خمشی نداشته است. البته افزایش مقدار پودرچوب صنوبر از ۳۰٪ به ۴۰٪ تأثیر محسوسی در افزایش مقاومت خمشی نداشته است. ولی مقاومت خمشی چندسازه با ۵۰٪ پودرچوب صنوبر زیادتر از نمونه‌های حاوی ۳۰٪ پودرچوب صنوبر بوده و این اختلاف در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ معنادار است. با وجودی که تأثیر متقابل مقدار سیلیس و پودرچوب صنوبر بر مقاومت خمشی چندسازه معنادار نشده است، ولی کمترین مقاومت خمشی در نمونه حاوی ۳۰٪ پودرچوب صنوبر و بدون سیلیس و زیادترین مقاومت خمشی در نمونه حاوی ۵۰٪ پودرچوب صنوبر و بدون سیلیس یا با ۱۰٪ سیلیس یا نمونه حاوی ۳۰٪ پودرچوب صنوبر و ۱۰٪ سیلیس بدست آمده است (شکل ۱). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هر دو ماده افزودنی اثر تقویت‌کنندگی داشته و قادر به

افزایش مقاومت خمشی هستند. پودرچوب صنوبر در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ و سیلیس در سطح اعتماد آماری ۹۹٪ بر مدول الاستیسیته خمشی چندسازه تأثیر گذاشته‌اند (جدول ۲) و با افزایش مقدار سیلیس تا ۱۰٪، مدول الاستیسیته خمشی به میزان ۱۲٪ افزایش داشته است (شکل ۲). با وجودی که تأثیر متقابل دو عامل مورد بررسی بر مدول الاستیسیته خمشی چندسازه معنادار نشده است (جدول ۲)، ولی افزایش در این ویژگی‌ها مشاهده می‌گردد. به طوری که مدول الاستیسیته خمشی چندسازه از مقدار ۲۶۲۵ MPa در مورد نمونه حاوی ۳۰٪ پودرچوب و بدون سیلیس به ۴۵۱۷ MPa در مورد نمونه حاوی ۵۰٪ پودرچوب صنوبر و ۱۰٪ سیلیس افزایش یافته است (شکل ۲). مدول الاستیسیته خمشی چندسازه‌ها تحت تأثیر ویژگی‌های مواد تشکیل‌دهنده آن و اتصال بین اجزاء می‌باشد. با توجه به اینکه مدول الاستیسیته خمشی چوب زیادتر از پلیمر می‌باشد، بنابراین با افزایش پودرچوب، مدول خمشی نیز افزایش یافته است. دادخواه تهرانی و همکاران (۱۳۸۶) در تحقیقی بیان کردند که با افزایش مقدار الیاف سلولزی، مدول الاستیسیته خمشی چندسازه افزایش یافته است.



شکل ۱- تأثیر مقدار سیلیس و پودر چوب بر مقاومت خمشی

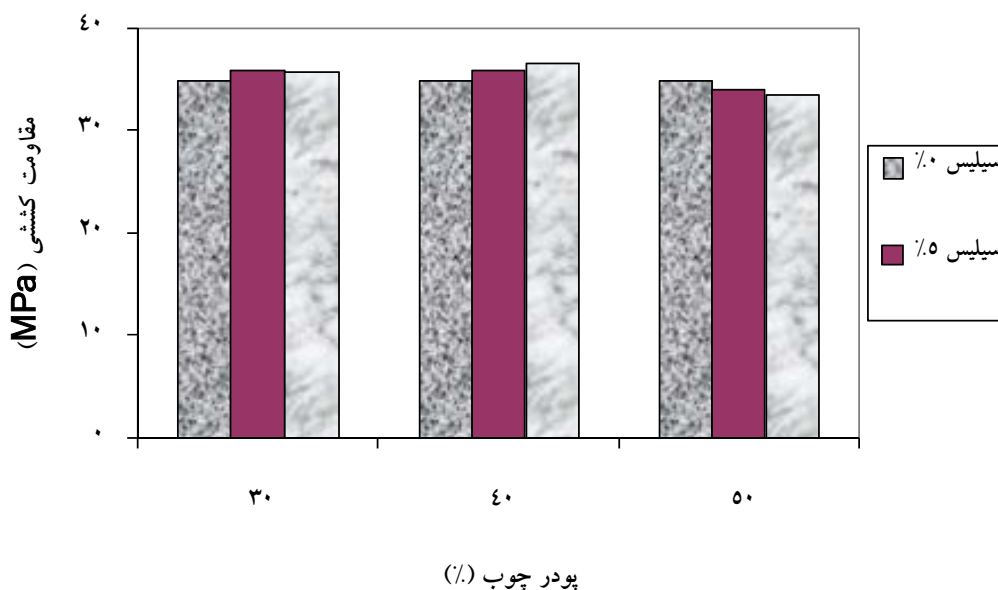


شکل ۲- تأثیر مقدار سیلیس و پودر چوب بر مدول الاستیسیته خمشی

حاوی ۵۰ و ۳۰ درصد پودر چوب تفاوت معناداری مشاهده نمی‌شود. همچنین تأثیر متقابل دو عامل فوق بر مقاومت به کشش چندسازه‌های حاوی ۰، ۵ و ۱۰ درصد سیلیس معنادار نمی‌باشد. به طوری که زیادتین مقاومت به کشش در چندسازه حاوی ۵٪ سیلیس مشاهده شد (شکل ۳).

### ویژگی‌های کششی

تجزیه و تحلیل آماری نتایج نشان می‌دهد که تأثیر مقدار سیلیس یا پودر چوب صنوبر بر مقاومت به کشش چندسازه معنادار نمی‌باشد. ولی مقاومت به کشش چندسازه‌های با ۴۰٪ پودر چوب زیادتین از چندسازه‌های حاوی ۳۰٪ و ۵۰٪ پودر چوب است. اما بین چندسازه‌های



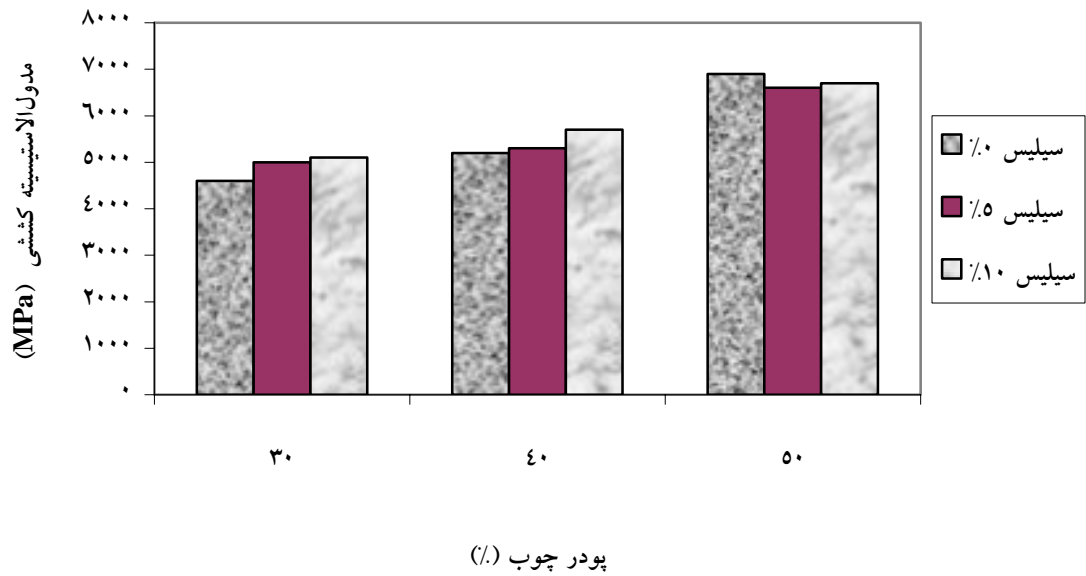
شکل ۳- تأثیر مقدار سیلیس و پودر چوب بر مقاومت کششی

اطلاعات نشان می‌دهد که در مقدار سیلیس کمتر، مقاومت به ضربه زیادتر است. البته از نظر آماری تفاوت معناداری وجود ندارد. همچنین موقعی که از ذرات سیلیس در ترکیب چندسازه استفاده می‌شود، افزایش پودر چوب از ۴۰٪ به ۵۰٪ باعث کاهش مقاومت به ضربه شده است، که دلیل آن افزایش پودر چوب و پخش ناهمگن آن در ماتریس پلیمر می‌باشد. در این حالت اتصال‌های نامناسبی بوجود می‌آید و چندسازه شکننده‌تر می‌شود. شکل ۵ نشان می‌دهد که زیادترین مقاومت به ضربه در حالت استفاده از ۴۰٪ پودر چوب و ۵٪ سیلیس یا ۵۰٪ پودر چوب و بدون سیلیس بدست آمده است.

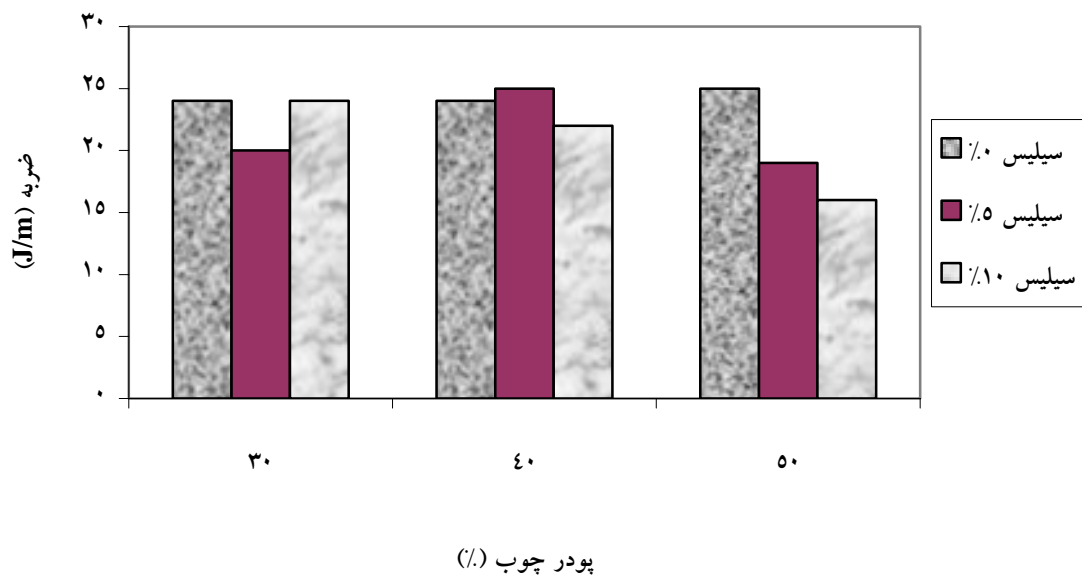
تأثیر تغییر مقدار پودر چوب صنوبر یا تغییر مقدار سیلیس بر مدول الاستیسیته کششی چندسازه در سطح اعتماد آماری ۹۹٪ معنادار شده است. ولی تأثیر متقابل آنها معنادار نمی‌باشد. شکل ۴ نشان می‌دهد که با افزایش سیلیس در مقدار ثابت پودر چوب صنوبر، مدول الاستیسیته کششی افزایش یافته است. ولی تأثیر افزودن مقادیر مختلف پودر چوب صنوبر زیادتر است. به طوری که با افزایش پودر چوب از ۴۰٪ به ۵۰٪ مدول الاستیسیته کششی به میزان ۲۱٪ افزایش یافته است.

#### مقاومت به ضربه

شکل ۵ تغییر مقاومت به ضربه چندسازه در اثر تغییر مقدار سیلیس و مقدار پودر چوب صنوبر را نشان می‌دهد.



شکل ۴- تأثیر مقدار سیلیس و پودر چوب بر مدول الاستیسیته کششی



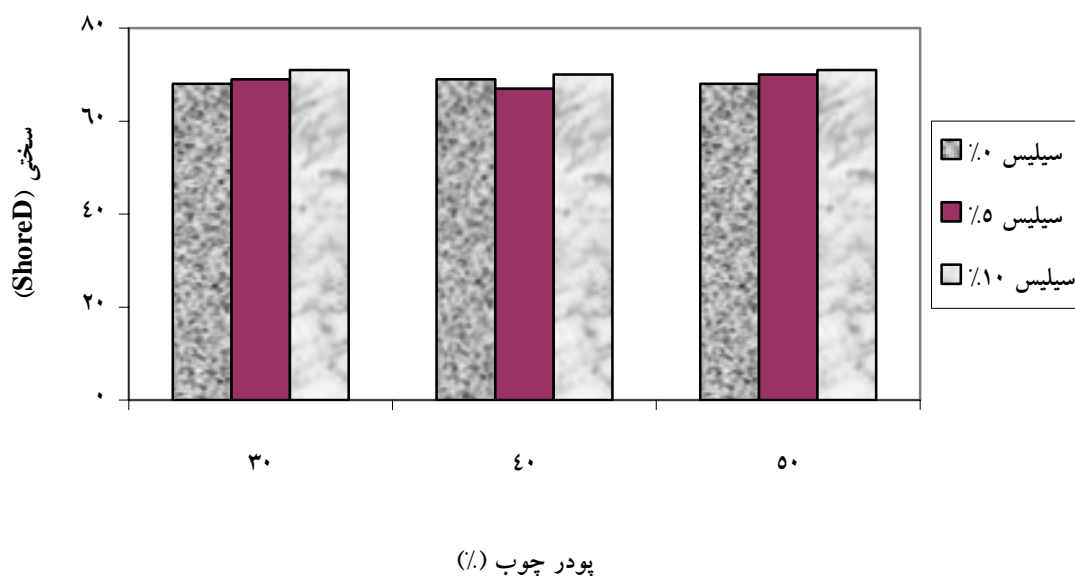
شکل ۵ - تأثیر مقدار سیلیس و پودر چوب بر مقاومت به ضربه



## سختی

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به سختی چندسازه‌ها نشان می‌دهند که افزایش سیلیس یا پودرچوب صنوبر تأثیر معناداری در سطح اعتماد آماری ۹۹٪ بر سختی دارد، یعنی با افزایش هرکدام از این عوامل، سختی افزایش می‌یابد. به طوری که با افزایش سیلیس که ماده‌ای ذاتاً سخت است و دانسیته زیادتری نسبت به ذرات پودرچوب صنوبر و پلی‌پروپیلن دارد، میزان سختی چندسازه افزایش

می‌یابد. همچنین با افزایش پودرچوب، سختی نیز افزایش یافته است، به طوری که در چندسازه حاوی ۵۰٪ پودرچوب سختی چندسازه به مقدار حداکثر رسیده است که دلیل آن سختی زیادتر چوب در مقایسه با پلی‌پروپیلن است. بیشترین مقدار سختی نمونه آزمایشی حاوی ۵۰٪ پودرچوب صنوبر و ۱۰٪ سیلیس معادل ۷۳/۷۷ ShoreD می‌باشد و کمترین آن مربوط به نمونه حاوی ۳۰٪ پودرچوب صنوبر و بدون سیلیس معادل ۶۶ ShoreD است (شکل ۶).



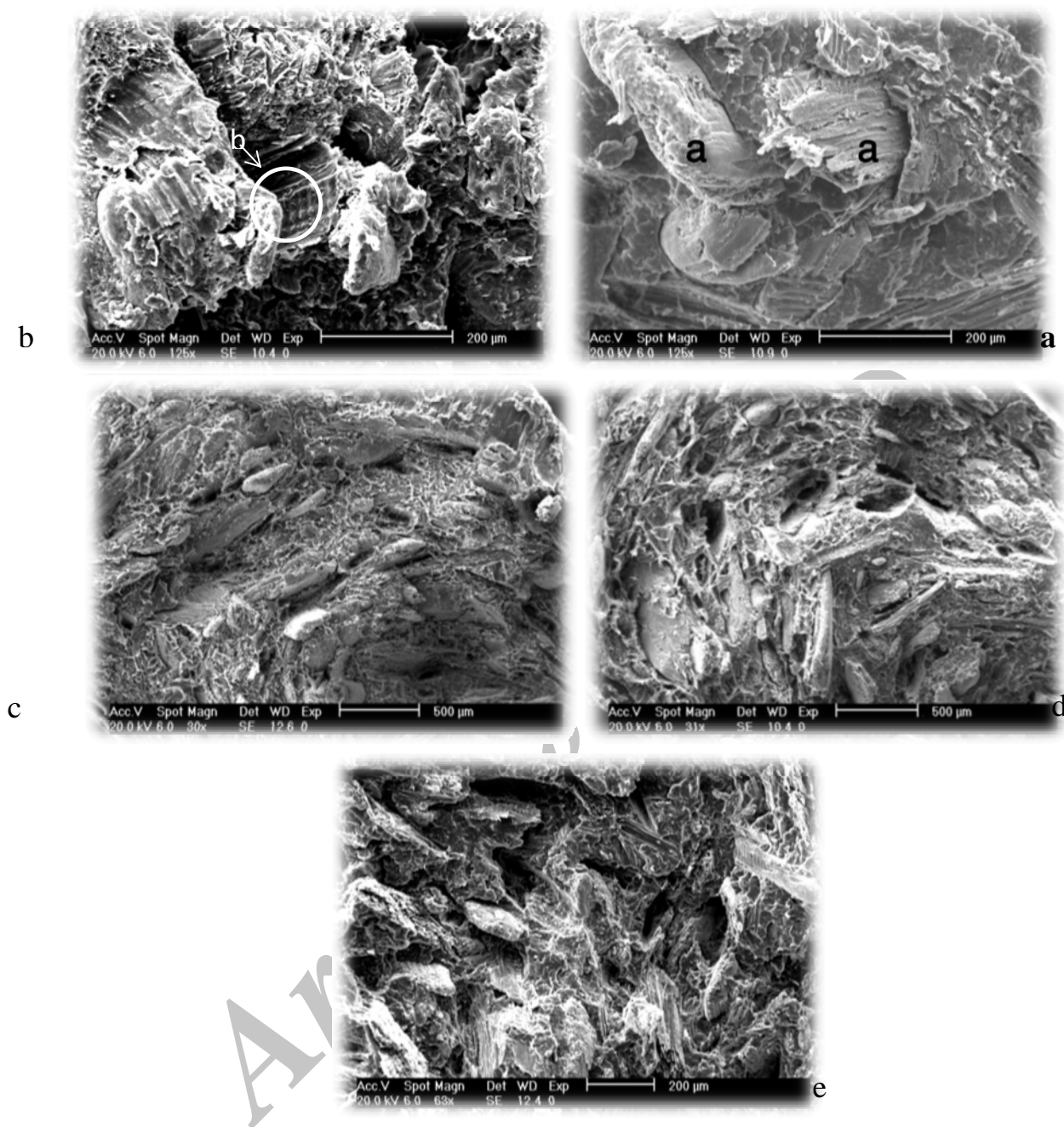
شکل ۶- تأثیر مقدار سیلیس و پودرچوب بر سختی

## بحث

تأثیر افزودن مقادیر مختلف سیلیس بر ویژگی‌های چندسازه پلی‌پروپیلن/پودرچوب‌صنوبر/سیلیس، متفاوت است. به طوری که افزودن مقادیر ۵ و ۱۰ درصد سیلیس به ترکیب چندسازه تغییرات جزئی ولی بدون معنادار آماری را ایجاد کرده است و فقط افزودن ۱۰٪ سیلیس به چندسازه قادر به افزایش مقاومت خمشی به میزان فقط ۴٪ بوده است. از این رو به نظر می‌رسد در اثر افزودن سیلیس تغییری در اتصال بین پودرچوب با پلی‌پروپیلن بوجود نیامده است، بنابراین تغییری در مقاومت خمشی ایجاد نشده است (Harper, ۲۰۰۴).

ولی تأثیر افزودن مقادیر مختلف سیلیس بر مدول خمشی افزاینده و معنادار بوده است. زیرا ذرات سیلیس کروی شکل در چندسازه پراکنده شده (شکل ۷b)، و فضاهای خالی بین پودرچوب و پلی‌پروپیلن را پر کرده است و بافت فشرده‌ای را ایجاد می‌کند. در این حالت دانسیته افزایش یافته و چندسازه شکننده می‌شود. این حالت به افزایش مدول الاستیسیته می‌انجامد. تأثیر مقادیر مختلف سیلیس بر مقاومت به کشش چندسازه معنادار نشده است. این پدیده مؤید این نکته است که اتصال بین اجزاء چندسازه در حضور ترکیب سیلیس دار

ضعیف‌تر شده است. ارزیابی تصویر منطقه شکست (شکل ۷b) نشان می‌دهد که شکست در حالت کشش در نقطه‌ای اتفاق افتاده است که در آن ناحیه ذرات سیلیس وجود دارد و به علت عدم تشکیل اتصال، تمرکز تنش در آن زیادتر است. ولی در اثر افزودن مقادیر زیادتر پودرچوب صنوبر به چندسازه، مدول الاستیسیته در حالت کشش افزایش یافته است (به دلیل مدول الاستیسیته کشش زیادتر چوب). در این حالت با افزایش بیشتر پودرچوب، به دلیل تجمع ذرات پودرچوب در ماتریس پلیمر و پراکندگی کمتر آن، فضاهای خالی در چندسازه، زیاد شده و همچنین به دلیل ایجاد اتصال‌های کمتر پودرچوب با ماتریس و کاهش اثر جفت‌کننده در ایجاد اتصال‌های قوی، مقاومت به کشش و مقاومت به ضربه در حالت استفاده از ۵۰٪ پودرچوب کم شده است. بنابراین کمترین تعداد حفرات و بیشترین مقدار پودرچوب در هنگام استفاده از ۴۰٪ پودرچوب مشاهده شده است (شکل ۷d). به هر حال به دلیل شکننده بودن چندسازه حاوی مقادیر مختلف سیلیس، مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه کاهش یافته است ولی سختی آن کمی افزایش نشان می‌دهد (شکل ۶).



شکل ۷- تصویر SEM از منطقه شکست چندسازه پودرچوب صنوبر / پلی پروپیلن / سیلیس

- (a): الیاف خارج شده از ماده زمینه پلی پروپیلن (۳۰٪ پودرچوب، بدون سیلیس)  
 (b): فضای خالی الیاف و محل تجمع سیلیس (۵۰٪ پودرچوب، ۱۰٪ سیلیس)  
 (c): فضاهای خالی در چند سازه (۳۰٪ پودرچوب)، (d): (۴۰٪ پودرچوب) (e): (۵۰٪ پودرچوب)

## منابع مورد استفاده

- Baker, A.M.M., Mead, S., (2004). Thermoplastics, Chapter1., Hand book of Plastics., Elastomers and Composite, Forth Ed., C.A.Harper Ed., MacGraw Hill Handbooks, NewYork, NY, USA
- Halvarsson, S., Edlund, H. and Norgren, M., (2010). Wheat straw as raw materied for manufacture of medium density fiberboard(MDF). Bioresources, 5(2): 1215-1231.
- Ishak, Z.A.M., Yow, B.N., Ng, B.I., Khalil,H. and Rozman, H.D., (2001). Hyprothermal aging and tensile behavior of injection–molded rice husk filled polypropylene composite.J.Applied Science, 81: 742-753
- Ito, H., Kumari, R., Takatami, m., Okamoto,T.,Hattori,H. and Fujiyoshi, I., (2008). Viscoelastic evaluation of The effects of filler size and composition on cellulose – polypropylene composite of high filler content. Poly. Engineering and Science, DOI.10.1002/Pen, 20963: 415-423
- Kim, H-S., Lee, B-H., Lee, S., Kim,H.J. and Dorgan, J.R. (2010). Enhanced interfacial adhesion, mechanical and thermal properties of natural fiber filled biodegradable polymer bio-composite. DOI.10.1007/S. 10973-0/0-1098-9
- Kohta, B.V., Michalkova,D., Fortelny, I. and Krulis, z, (2007). Poly(propylene)/aspen/liquid polybutadien composites: Maximization of impact strength, tensile and modulus by statistical experiencatal design.polymer for Advanced Technologies, 18: 106-111
- Zhang,Y., Zhang, S.Y. and Choi, P., (2008). Effects of wood fiber content and coupling agent content on tensile properties of wood fiber polyethylene composite. Holz Roh Werks. 66: 267-274
- Wu, Y ., Zhou, D-G, Wang, S-Q. and Zhang,Y., (2007). Polypropylene composite reinforced with rice straw micro/nano fibrils isolated by high intensity ultrasonication. Bioresources. 4(4); 1487-1497
- دادخواه تهرانی، ب.، امیدوار، ا. و رامتین، ع.، (۱۳۸۷). مطالعه خواص مکانیکی و ریخت شناسی چندسازه ساخته شده از باگاس – پلی پروپیلن. فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۳، شماره دو، ۱۷۹-۱۹۰
- طبرسا، ت.، جانزاده، ح.، (۱۳۸۷). تولید چندسازه خاکاره – پلی پروپیلن بازیافتی. همایش ملی تامین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰ صفحه
- قطبی فر، ع.، نجفی، س. و اشکیکی، ر.، (۱۳۸۸). مطالعه رفتار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه هیبریدی پلی پروپیلن، پودرچوب و الیاف شیشه. فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۴، شماره دو، ۳۱۵-۳۲۴
- نوربخش، الف.، کارگرفرد، الف.، (۱۳۸۶). اثر ابعاد ذرات چوب صنوبر و سازگارکننده بر ویژگی های مکانیکی چندسازه های پودرچوب / پلی پروپیلن. مجله منابع طبیعی، جلد ۶۰، شماره ۷۵، تابستان ۱۳۸۶
- ASTM annual book of standard tests methods. Philadelphia PA. USA
- Bledzki, A.K., Gassan,J., (1999). Composite reinforced with cellulose based fibres. Prog.Polym.Sci, 24: 221-274
- Bledzki, A.K., Faruk,O., (2003). Wood fiber reinforced composite; Effect of fiber geometry and coupling agent on Physica –mechanical properties. Applied Composite Material, 10: 365-374.

## Influence of silica addition on mechanical properties of polypropylene/wood powder/silica composite

Mohebi, R.<sup>1\*</sup>, Tajdini, A.<sup>2</sup>, Jahan-Latibari, A.<sup>2</sup>, and Nourbakhsh, A.<sup>3</sup>

1\*-Corresponding Author, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, Email: mohebi3418@yahoo.com

2-Associate Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

3- Associate Prof., Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Iran

Received: June, 2011

Accepted: July, 2012

### Abstract

The influence of different contents (0, 5 and 10% W/W) of silica and poplar wood powder (30, 40 and 50% W/W of total weight of composite) on strength properties of polypropylene/wood powder/silica composite was evaluated. Various compositions of the composite was melt mixed using two screw counter rotating extruder, followed by cooling and granulizing. Composite granules were injected into test samples. The results of strength properties measurements revealed that almost all strength values were improved. At higher content of silica, the MOR increased from 47.9 to 53.3 MPa, flexural MOE from 2625 to 4517 MPa and MOE in tensile increased from initial value of 4525MPa (without silica) to 6884MPa (10% silica in composite). Marginal increase in tensile strength and Izod impact strength was observed, and the hardness of the composite was improved from 66 to 73.77 shoreD. At higher silica content, the density of the composite was higher, as expected.

**Key words:** Composite, poplar wood, polypropylene, silica, strengths, hardness.