بررسی خصوصیات کامپوزیت چوب پلاستیک ساخته‌شده از باگاس

احمد ثمریها[۱*]
سارا پورعباسی[۲]
حبیب‌الله خادمی اسلام[۳]

[۱] استادیار، گروه صنایع چوب، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

[۲] استادیار، گروه صنایع چوب، واحد ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی، ملایر، ایران

[۳] استاد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

مسئول مکاتبات:
a.samariha@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۱

چکیده

در این تحقیق، امکان ساخت کامپوزیت از باگاس موردبررسی قرار گرفت. نمونه‌های الیاف باگاس- پلی پروپیلن با درصدهای مختلف باگاس (۱۵، ۲۵ و ۳۵ درصد) و ماده جفت کننده (صفر، ۱/۵ و ۳ درصد) ساخته شدند و خصوصیات مکانیکی آن‌ها بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش الیاف باگاس، مقاومت خمشی و مدول کششی تغییر معنی‌داری نکرده ولی مدول الاستیسیته و انرژی نقطه شکست، کاهش معنی-داری پیداکرده است ولی مقاومت کششی افزایش داشته است. نتایج آزمون مقاومت به ضربه نشان داد که به همراه افزایش درصد الیاف باگاس و ماده جفت کننده، هرچند مقاومت به ضربه فاقدار به ترتیب اندکی کاهش و افزایش یافت اما این میزان کاهش و افزایش، بسیار ناچیز و غیر معنی‌دار بوده و نتایج این آزمون تصادفی و نامربوط به افزایش مواد اولیه تشخیص داده شد ولی در آزمون مقاومت به ضربه بدون فاق، تفاوت چشمگیری در کاهش مقاومت به ضربه بدون فاق با افزایش الیاف و افزایش آن با افزایش ماده جفت کننده مشاهده گردید. در کل، به غیر از مقاومت به ضربه که با افزایش الیاف کاهش پیدا کرد، تمامی خواص مهندسی اندازه‌گیری شده در این تحقیق، بهبود پیدا کرد و پیشنهاد شد که برای بهبود خواص مهندسی این نوع کامپوزیت، درصد الیاف باگاس و ماده جفت کننده به ترتیب تا میزان ۳۰ و ۳ درصد افزایش یابد.

واژگان کلیدی: باگاس، کامپوزیت، مدول کششی، مقاومت خمشی.

مقدمه

مواد پلاستیک حاصل از پتروشیمی به‌طور گسترده در بسته‌بندی، اتومبیل‌سازی، ارتباطات و صنایع الکترونیک به کار گرفته می‌شوند. این پلیمرهای مصنوعی، مزایا و کاربردهای متنوعی را فراهم می‌کنند، اما به علت جرم مولکولی بالا و ویژگی آب‌گریزی، به‌آسانی تخریب نمی‌شوند. درنتیجه، زباله‌های حاصل از پلاستیک‌های غیر زیست‌تخریب‌پذیر، به‌جای دفن، با استفاده از فرآیند بازیافت، مجدداً قابل‌استفاده هستند [۱]. افزایش مشکلات زیست‌محیطی با تجمع و انباشته شدن ضایعات پلاستیک، گرایش را به سمت توسعه پلیمرهای تجزیه‌پذیر معطوف کرده است. اکثر ضایعات لاستیک از مواد بسته‌بندی نظیر کیسه‌های زباله، فیلم‌های کشاورزی، کیسه‌های کود و مواد شیمیایی و ظرفیت بسته‌بندی مواد غذایی حاصل می‌شوند. پلیمرهای تولیدی مانند پلی‌اتیلن و پلی‌استایرن، در معرض اکسیژن و پرتو فرابنفش تخریب می‌شوند. به‌هرحال، فرایند تخریب پلی‌اتیلن بسیار آهسته است [۲].

پلیمرهای گرمانرم قابلیت ذوب شدن مجدد را بدون تجزیه دارند و این ویژگی، امکان تولید فرآورده‌های چندسازه‌ای با موادی مانند الیاف چوبی را فراهم می‌کند [۳]. الیاف لیگنوسلولزی به دلیل خصوصیات مثبتی که شامل سبکی، فراوانی، زیست سازگاری، دانسیته و قیمت پایین، مقاومت مکانیکی قابل‌قبول، سایندگی نسبی پایین، بی‌خطری و زیست‌تخریب‌پذیری است، به‌عنوان یک عامل تقویت‌کننده مؤثر برای پلاستیک‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرند [۴-۵]. استفاده از ترکیب مواد به‌منظور دستیابی به خواص مطلوب، منجر به ساخت کامپوزیت شده است [۶]. در سال‌های اخیر، استفاده از منابع چوبی و پسماندهای کشاورزی به‌عنوان پرکننده و تقویت‌کننده پلیمرها، موردپذیرش قرارگرفته و تحقیقات بسیاری درزمینهٔ پلیمرهای تقویت‌شده با مواد لیگنوسلولزی انجام‌شده است [۷]. چندسازه‌های چوب-پلاستیک به‌عنوان بخش مهمی از مواد مهندسی شناخته‌شده‌اند و در بسیاری از کاربردهای سازه‌ای و ساختمانی استفاده می‌شوند [۸]. همچنین، در صنایع مبلمان، کفپوش و صنایع خودروسازی نیز کاربرد دارند [۹].

Hosseini و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر باگاس بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی سازه‌های چوب پلاستیک موردبررسی قراردادند. باگاس با پلی‌اتیلن سنگین مخلوط شد. مالئیک انیدرید پلی‌اتیلن به‌عنوان ماده سازگارکننده استفاده شد. نتایج نشان داد که افزودن باگاس می‌توانند مقاومت کششی و مدول خمشی را افزایش دهند [۱۰]. Nourbakhsh و Kargarfard (۱۳۹۴) تأثیر سه نوع جفت کننده پلی پروپیلن و آرد باگاس در تولید چندسازه‌های چوب پلاستیک را موردبررسی قراردادند. ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داده‌اند که جفت کننده‌ای که شاخص جریان مذاب بالاتری داشت خواص مکانیکی بهتری نسبت به دو نوع دیگر جفت کننده داشته است [۱۱]. Nourbakhsh (۱۳۹۳) تأثیر استفاده از مواد لیگنوسلولزی مختلف (باگاس، ساقه برنج، گندم و چوب صنوبر) در چندسازه چوب پلاستیک موردبررسی قرارگرفته است. نتایج نشان داده است که استفاده از باگاس منجر به بهبود خواص مقاومتی می‌شود [۱۲]. این تحقیق، باهدف بررسی خصوصیات مکانیکی کامپوزیت ساخته‌شده از پلی پروپیلن و الیاف باگاس (آرد باگاس) و بررسی اثر تغییر درصد الیاف باگاس و همچنین درصد مواد جفت کننده (مالئیک انیدرید پلی پروپیلن یا MAPP) بر خصوصیات مکانیکی این نوع از کامپوزیت‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد

پلی‌پروپیلن مورداستفاده در این تحقیق از شرکت نوید زر شیمی با شاخص جریان مذاب ۱۸ گرم بر ۱۰ دقیقه در دمای ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد و دانسیته ۰/۹ گرم بر سانتی‌متر مکعب تهیه گردید. پلی‌پروپیلن گرافت شده با انیدرید مالئیک (MAPP)[1] از شرکت دانش‌بنیان آریا پلیمر به‌عنوان اتصال‌دهنده برای ساخت چندسازه استفاده‌شده است. باگاس از شرکت کشت و صنعت کارون تهیه و خردشده و سپس آرد عبور کرده از الک مش ۲۰ و باقیمانده بر روی مش ۴۰، جهت ساخت نمونه جمع‌آوری گردید.

روش‌ها

فرآیند اختلاط

فرایند اختلاط مواد مطابق با جدول ۱ با دستگاه اکسترودر (کولین)، از نوع دو مارپیچه همسو گرد، واقع در پژوهشگاه پلیمر با دمای اختلاط ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت اختلاط ۵۰ دور در دقیقه انجام شد، پس از اختلاط مواد، چندسازه بی‌شکل تولیدشده، سرد و دوباره آسیاب شد، مواد مخلوط شده مذاب پس از خروج از دستگاه اکسترودر در دستگاه گرانول ساز مدل (Wieser) به گرانول تبدیل شدند. به‌منظور جلوگیری از هرگونه اثر منفی رطوبت، ذرات گرانول به کمک دستگاه خشک‌کن در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس خشک شدند. ذرات گرانول به‌دست‌آمده به کمک دستگاه قالب‌گیری تزریقی در دمای ۱۷۵ درجه سلسیوس و با سرعت ۵۰ دور در دقیقه و با فشار ۱۰۰ مگاپاسکال مطابق با استاندارد ASTM D 618 برای تهیه نمونه‌های آزمونی ضربه، خمش و کشش تهیه شد.

[1] Polypropylene-graft-maleic anhydride

جدول ۱. درصد وزنی اجزای تشکیل‌دهنده ترکیب تیمارهای مختلف چندسازه چوب-پلاستیک

ردیف	کد تیمار	باگاس (درصد)	جفت کننده (درصد)	پلی پروپیلن (درصد)
۱	A1	۱۵	۰	۸۵
۲	A2		۱/۵	۸۳/۵
۳	A3		۳	۸۲
۴	B1	۲۵	۰	۷۵
۵	B2		۱/۵	۷۳/۵
۶	B3		۳	۷۲
۷	C1	۳۵	۰	۶۵
۸	C2		۱/۵	۶۳/۵
۹	C3		۳	۶۲

اندازه‌گیری خواص مکانیکی

آزمایش خمش مطابق روش سه‌نقطه‌ای مطابق استاندارد ASTM D 747 توسط دستگاه اینسترون انجام شد. ابعاد اسمی نمونه‌ها ۱۰ ×۱۰×۱۰۵ میلی‌متر و طول دهانه ۸۰ میلی‌متر بوده است. آزمون کشش مطابق استاندارد ASTM D 638 بر روی نمونه‌های دمبلی شکل با ابعاد ۴ ×۱۰ × ۱۴۵ میلی‌متر توسط دستگاه اینسترون انجام شد. ابعاد نمونه‌های مقاومت به ضربه فاقدار با ابعاد ۶ × ۱۲ × ۶۰ میلی‌متر و مقاومت به ضربه بدون فاق با ابعاد ۳ × ۱۲×۶۰ میلی‌متر بر اساس استاندارد ASTM D 256 توسط دستگاه ضربه اندازه‌گیری شد. آزمون‌های مکانیکی برای هر تیمار با ۵ تکرار انجام شد.

تجزیه‌وتحلیل نتایج

این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل دو عاملِ (اثر درصد الیاف و ماده جفت کننده) و به‌صورت کاملاً تصادفی بررسی‌شده و از آزمون چند دامنه‌ای دانکن[۲] برای مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها بهره‌گیری شده و تمامی مقایسه‌ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد (سطح معنی‌داری ۵ درصد) انجام شد.

نتایج و بحث

برای بررسی اختلاف آماری بین میانگین خواص موردبررسی، از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. مقدار F به‌دست‌آمده حاکی از آن است که تأثیر مستقل آرد چوب بر مدول خمشی، مقاومت و مدول کششی و مقاومت به ضربه فاقدار در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است. تأثیر مستقل سازگارکننده بر مقاومت و مدول خمشی، مقاومت کششی و مقاومت به ضربه بدون فاق در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است. درحالی‌که تأثیر مستقل آرد چوب بر مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه فاق‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار نیست و تأثیر مستقل سازگارکننده بر مدول کششی و مقاومت به ضربه فاق‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار نیست. تأثیر متقابل آرد باگاس + سازگارکننده بر مقاومت و مدول خمشی، مقاومت و مدول کششی و مقاومت به ضربه فاقدار و بدون فاق در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار نیست (جدول ۲).

شکل ۱ (الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مقاومت خمش را نمایش می‌دهد. توجه به این شکل، روند بسیار کُند افزایش مقاومت خمش از ۱۵ تا ۲۵ درصد الیاف باگاس و روند کاهشی بسیار کُند آن را از ۲۵ تا ۳۵ درصد آرد باگاس را نشان می‌دهد، با توجه به اینکه تمامی این میانگین‌ها در یک گروه قرارگرفته، نشان‌دهنده نداشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مقاومت خمش با افزایش مستقل درصد آرد باگاس از ۱۵ تا ۳۵ درصد می‌باشد. پس می‌توان به این نکته پی برد که افزایش درصد الیاف، تأثیر خاصی بر میزان تغییرات مقاومت خمش ندارد. شکل ۱ (ب)، اثر مستقل افزایش درصد سازگارکننده بر میزان تغییرات مقاومت خمش را نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، روند افزایش سریع مقاومت خمش با افزایش مصرف سازگارکننده از ۰ تا ۳ درصد مشخص می‌باشد. با توجه به

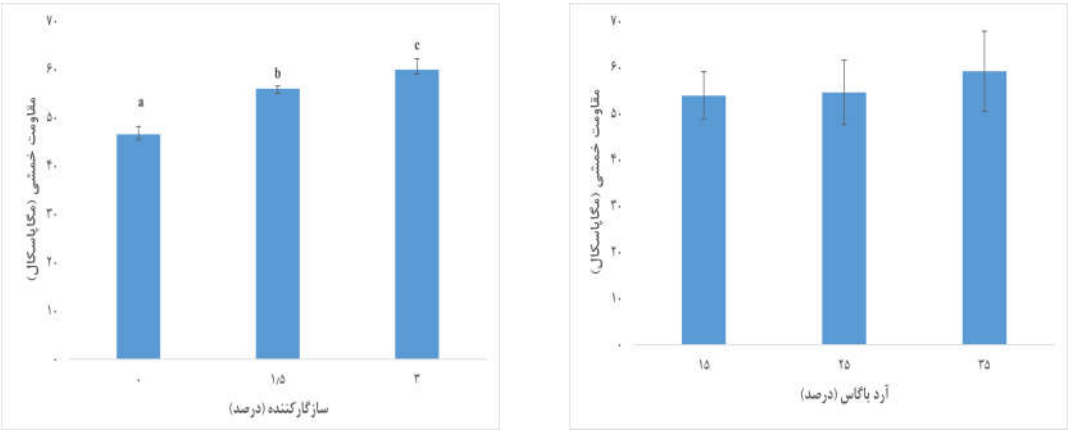
[2] Duncan

اینکه میانگین‌ها در سه گروه مختلف قرارگرفته‌اند، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مقاومت خمش با افزایش درصد سازگارکننده را نشان می‌دهد. درواقع افزایش مستقل درصد سازگارکننده از ۰ به ۳ درصد، بر میزان روند تغییرات مقاومت خمش تأثیر قابل‌توجهی دارد. با توجه به جدول ۲ معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین‌های مقاومت خمش وابسته به آرد باگاس و سازگارکننده، می‌توان گفت روند کُند افزایشی مقاومت خمش با افزایش متقابل درصد آرد باگاس و سازگارکننده، از یک‌رویه کاملاً تصادفی تبعیت می‌کند.

جدول ۲. تجزیه واریانس (مقدار F و سطح معنی‌داری) اثر متغیرهای ساخت بر خصوصیات مکانیکی

	خمش (Mpa)		کششی (Mpa)		مقاومت به ضربه (J/m)	
	مقاومت	مدول	مقاومت	مدول	فاقدار	بدون فاق
آرد باگاس	۰/۲۵۴^{ns}	۸۰/۴۷۴*	۱۳/۷۹۷*	۳۱/۷۰۸*	۰/۹۶۸^{ns}	۲۷/۴۹۶*
سازگارکننده	۹۱/۴۱۹*	۴/۰۱۴*	۷۷/۰۶۱*	۰/۳۲۹^{ns}	۰/۹۲۲^{ns}	۱۶/۱۰۹*
آرد* سازگارکننده	۲/۴۹۱^{ns}	۰/۵^{ns}	۰/۹۴۴^{ns}	۰/۲۸۳^{ns}	۰/۱۹۳^{ns}	۰/۹۵۷^{ns}

سطح معنی‌داری: *۹۵٪، ns: عدم معنی‌داری



الف ب

شکل ۱. نتایج مقاومت خمشی بر تأثیر مستقل الف) افزایش درصد آرد باگاس، ب) افزایش درصد سازگار کننده

با توجه به نتایج در مورد تأثیر مستقل درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مقاومت خمش، تغییر این خصوصیت تقریباً ناچیز بود یعنی با افزایش درصد آرد باگاس، میزان مقاومت خمش، تغییر قابل‌ملاحظه‌ای نیافت. پس نمی‌توان تغییرات مقاومت خمش را مربوط به تغییرات درصد آرد باگاس مربوط دانست. البته این موضوع را می‌توان به کوتاه بودن طول آرد باگاس مورداستفاده در این تحقیق مرتبط دانست که هر چه اندازه طول آرد بلندتر باشد، مقاومت خمش افزایش می‌یابد. بنابراین، مقاومت کامپوزیت به‌واسطه آرد با طول کوتاه محدودشده است و اگر از آرد بلندتر استفاده شود و به‌طور هم‌زمان، پراکنش خوبی از آرد در ماده زمینه پلیمری حاصل آید، به دست آوردن کامپوزیتی با مقاومت خمش بالاتر محتمل خواهد بود. پس طبیعتاً هر چه طول آرد بالاتر رود، مقاومت خمش بالاتر و پراکنش و اختلاط آرد در ماده زمینه نیز مشکل‌تر خواهد بود.

نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد ماده سازگارکننده بر مقاومت خمش، نشان داد که با افزایش MAPP، مقاومت خمش به طرز چشمگیری افزایش می‌یابد. گروه‌های انیدرید موجود در MAPP می‌توانند با

ایجاد پیوندهای کووالانس با گروه‌های هیدروکسیل سطوح فیبر اتصال یابند. هر مالئیک انیدرید (MA) که اسیدی شده باشد، می‌تواند به‌واسطه برهم‌کنش بازی- اسیدی با سطوح فیبر برهم‌کنش ایجاد کند. برهم‌کنش و چسبندگی بین الیاف و ماده زمینه، به انتقال بهتر تنش از ماده زمینه به فیبر منجر می‌گردد. پس می‌توان به‌طورقطع بیان کرد که افزایش مقاومت خمش می‌تواند تحت تأثیر افزایش MAPP باشد.

Karamati و همکاران (۱۳۹۳) بیان داشتند که اتصالات استری بین پلیمر مالئیکی و گروه‌های هیدروکسیل سلولز باعث چسبندگی بالاتر میان الیاف و ماده زمینه پلیمری می‌گردد [۱۳].

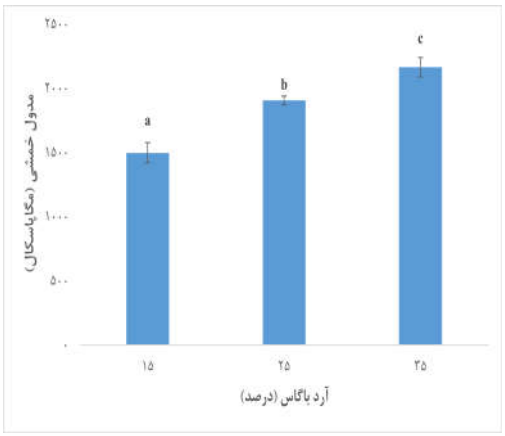
شکل ۲ (الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مدول خمشی را نشان می‌دهد. توجه به این شکل، روند افزایش بسیار سریع مدول خمشی از ۱۵ تا ۳۵ درصد آرد باگاس نمایان می‌سازد، با توجه به اینکه میانگین‌ها در سه گروه قرارگرفته، نشان‌دهنده داشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مدول خمشی با افزایش مستقل درصد آرد باگاس از ۱۵ تا ۳۵ درصد می‌باشند. پس می‌توان به این نکته پی برد که افزایش درصد آرد باگاس، بستگی زیادی بر میزان تغییرات مدول خمشی دارد.

شکل ۲ (ب)، اثر مستقل افزایش درصد سازگارکننده بر میزان تغییرات مدول خمشی را نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، روند افزایش سریع مدول خمشی با افزایش درصد سازگارکننده از ۰ تا ۳ درصد مشخص می‌باشد. با توجه به اینکه میانگین‌ها در دو گروه مختلف قرارگرفته‌اند، داشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مدول خمشی با افزایش درصد سازگارکننده از صفر تا ۳ درصد را متذکر می‌شود. پس می‌توان به این نکته پی برد که افزایش مستقل درصد سازگارکننده از ۰ به ۳ درصد، بر میزان روند تغییرات مدول خمشی تأثیر قابل‌توجهی دارد.

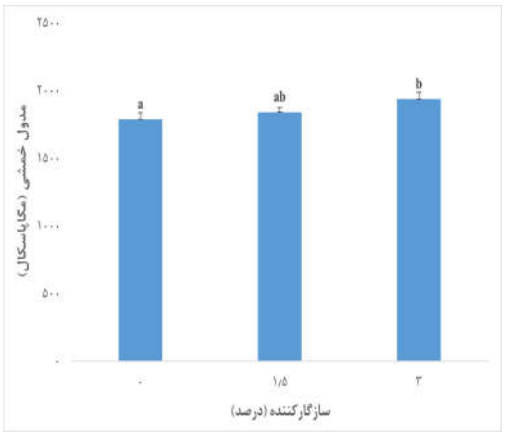
با توجه به جدول ۲ معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین‌های مدول خمشی وابسته به این دو متغیر باهم را یادآور می‌شود. پس می‌توان گفت روند تقریباً سریع افزایشی مدول خمشی با افزایش متقابل درصد سازگارکننده و سازگارکننده، از یک‌رویه کاملاً تصادفی تبعیت می‌کند.

نتایج مربوط به تأثیر مستقل درصد آرد باگاس بر مدول الاستیسیته خمش، نشان داد که با افزایش درصد آرد باگاس از ۱۵ به ۳۵ درصد، میزان مدول الاستیسیته خمش تا حد چشمگیری افزایش می‌یابد. می‌توان چنین عنوان کرد که این میزان بهبود مدول الاستیسیته خمش کامپوزیت، مدیون وجود آرد باگاس می‌باشد. به عبارت بهتر، افزایش درصد آرد باگاس تا حد ۳۵ درصد، الاستیسیته کامپوزیت را افزایش می‌دهد؛ چون به‌طورکلی، الیاف سلولزی، در مقایسه با مواد ترموپلاستیک، دارای مدول الاستیسیتهٔ بالاتری هستند. از مهم‌ترین عواملی که بر مدول الاستیسیته کامپوزیت تأثیر دارد، مدول اجزای تشکیل‌دهنده آن می‌باشد. مدول الاستیسیته مواد لیگنوسلولزی (آرد و الیاف سلولزی) بیشتر از مواد پلیمری است [۱۴]. بنابراین با افزایش مقدار ماده لیگنوسلولزی، مدول الاستیسیته کامپوزیت افزایش‌یافته است. بالا رفتن مدول الاستیسیته، معرف کمتر شدن تغییر شکل ماده مرکب تحت بار است که در سازه‌های مهندسی که باید بار زیادی را بدون تغییر شکل تحمل کنند، عامل مثبتی به‌شمار می‌آید.

نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد MAPP بر مدول الاستیسیته حاکی از آن است که با افزایش MAPP، مدول خمشی افزایش می‌یابد. MAPP، برهم‌کنش بین الیاف و پلی‌پروپیلن را بهبود می‌بخشد. به‌طورکلی، استفاده از MAPP به‌عنوان ماده جفت کننده می‌تواند مورفولوژی ملکولی زنجیره‌های پلیمر را هم در فاز مشترک فیبر- پلیمر و هم در فاز غالب ماتریس تغییر دهد. مناطق کریستالی در مقایسه با مناطق آمورف (بی‌شکل)، دارای مدول الاستیسیته خمش بالاتری هستند و می‌توانند سهم مدول پلیمر ماتریس را در مدول کامپوزیت افزایش دهند. بنابراین خیلی طبیعی است که با افزایش هر چه بیشتر MAPP، مدول خمش نیز افزایش یابد. علت افزایش مدول خمشی در اثر افزودن MAPP را می‌توان، توان چسبندگی قوی الیاف با ماده زمینه بیان نمود که مانع از سرخوردن زنجیره‌های ماده زمینه بر روی‌هم می‌شود و کامپوزیت در برابر شکست مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهد [۱۵].



الف



ب

شکل ۲. نتایج مدول خمشی بر تأثیر مستقل الف) افزایش درصد آرد باگاس، ب) افزایش درصد سازگار کننده

شکل ۳ (الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مقاومت کششی را نمایش می‌دهد. توجه به این شکل، روند افزایش بسیار سریع مقاومت کششی از ۱۵ تا ۳۵ درصد آرد باگاس نمایان می‌سازد، با توجه به اینکه میانگین‌ها در دو گروه قرارگرفته، نشان‌دهنده داشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مقاومت کششی با افزایش مستقل درصد آرد باگاس از ۱۵ تا ۳۵ درصد می‌باشند. پس می‌توان به این نکته پی برد که افزایش درصد آرد باگاس، بر میزان تغییرات مقاومت کششی مؤثر است.

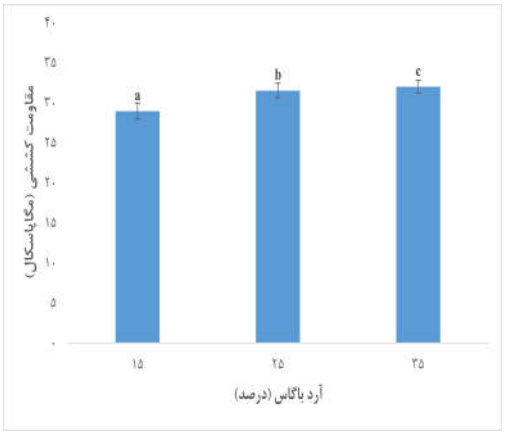
شکل ۳ (ب)، اثر مستقل افزایش درصد سازگارکننده بر میزان تغییرات مقاومت کششی را نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، روند افزایش سریع مقاومت کششی با افزایش درصد سازگارکننده از ۰ تا ۳ درصد مشخص می‌باشد. با توجه به اینکه هرکدام از این میانگین‌ها در سه گروه مختلف قرارگرفته‌اند، داشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مقاومت کششی با افزایش درصد سازگارکننده از صفر تا ۳ درصد را متذکر می‌شود. پس می‌توان به این نکته پی برد که افزایش مستقل درصد سازگارکننده از ۰ به ۳ درصد، بر میزان روند تغییرات مقاومت کششی تأثیر قابل‌توجهی دارد. با توجه به جدول ۲ معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین‌های مقاومت کششیِ وابسته به این دو متغیر باهم را یادآور می‌شود. پس می‌توان گفت روند کُند افزایشی مقاومت کششی با افزایش متقابل درصد آرد باگاس و سازگارکننده، از یک رویه کاملاً تصادفی تبعیت می‌کند.

نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد آرد باگاس بر مقاومت کششی نشان داد که با افزایش درصد آرد باگاس از ۱۵ به ۲۵ درصد، روند افزایشی مقاومت کششی بسیار سریع‌تر از ۲۵ به ۳۵ درصد بود. درواقع، روند افزایش مقاومت کششی از ۲۵ درصد به ۳۵ درصد کندتر است. اما به‌طورکلی، با افزایش درصد آرد باگاس از ۱۵ درصد به ۳۵ درصد، مقاومت کششی افزایش یافت. وجود الیاف در ماده زمینه پلی‌پروپیلنی سبب شده که تنش اِعمال شده به ماده زمینه، به الیاف انتقال یابد و نیروی کششی اِعمال شده را الیاف متحمل شوند. ولی با افزایش بیشتر آرد باگاس از ۲۵ به ۳۵ درصد، به‌واسطه عدم سازگاری بین خواص سطحی الیاف قطبی با پلی‌پروپیلن غیر قطبی، تنش انتقال‌یافته از ماده زمینه به الیاف کمتر می‌شود.

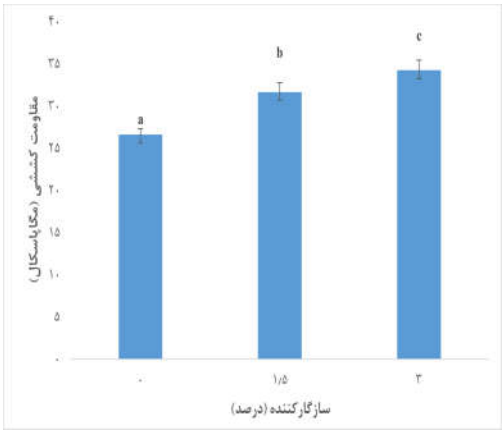
مقاومت کششی بیشتر از آنکه به خصوصیات پرکننده مرتبط باشد به خصوصیات ماده زمینه و ویژگی‌های چسبندگی، سطح اتصال و کیفیت سطح مشترک بین دو فاز ماده مرکب بستگی دارد، زیرا انتقال تنش از ماده زمینه به الیاف (فاز تقویت‌کننده) به‌وسیله این ناحیه صورت می‌گیرد. اصولاً نقش ماده زمینه نگهداری الیاف و انتقال نیرو به فاز ثانویه بوده و نقش فاز ثانویه، تقویت فیزیکی و مکانیکی ماده زمینه می‌باشد، ازاین‌رو با افزایش

مقدار پرکننده، میزان تنش قابل‌تحمل ماده مرکب براثر وجود فاز تقویت‌کننده افزایش می‌یابد [۱۶]. ازجمله عوامل تأثیرگذار دیگر بر این مورد را می‌توان به پیوند شیمیایی مناسب بین مؤلفه‌های کامپوزیت، تمرکز تنش کم و جهت پرکننده نسبت داد [۱۷]. هنگامی‌که به پرکننده نیرو وارد می‌شود، این نیرو ابتدا به ماده زمینه و سپس به ذرات پرکننده انتقال داده می‌شود. در مکانیسم انتقال بار، تنش در انتهای ذرات پرکننده کاهش پیدا می‌کند. از طرفی جهت‌دهی ذرات پرکننده و کنترل آن‌ها مشکل می‌باشد، درنتیجه درصد حجمی استفاده از آن‌ها باید کنترل شود. در هنگام تنش کششی انتقال بار بین ماده زمینه و ذرات پرکننده به‌صورت برشی در سطح مشترک پلیمر و ذرات پرکننده ایجاد می‌شود. بنابراین سطح مشترک بین ذرات پرکننده و پلیمر باید بتواند این انتقال را به نحو مطلوب انجام دهد [۱۸].

نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد MAPP بر مقاومت کششی حاکی از افزایش چشمگیر مقاومت کششی با افزایش درصد MAPP می‌باشد. MAPP با بهبود برهمکنش بین الیاف و پلی‌پروپیلن، قابلیت ایجاد یک‌فاز مشترک بین الیاف باگاس و ماتریس زمینه را دارد که همین مطلب، برافزایش مقاومت کششیِ با افزودن MAPP صحه می‌گذارد.



الف



ب

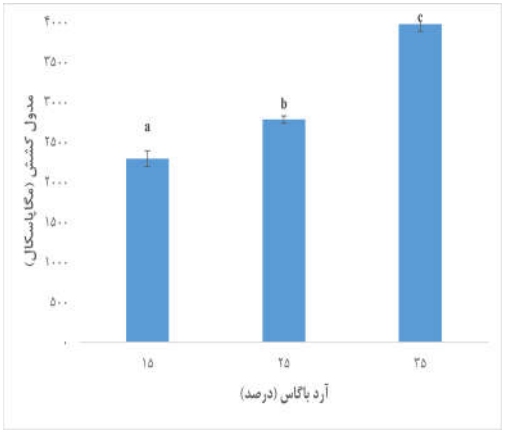
شکل ۳. نتایج مقاومت کششی بر تأثیر مستقل الف) افزایش درصد آرد باگاس، ب) افزایش درصد سازگار کننده

شکل ۴ (الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مدول کششی را نشان می‌دهد. توجه به این شکل، روند افزایش بسیار سریع مدول کششی از ۱۵ تا ۳۵ درصد آرد باگاس باگاس نمایان می‌سازد، با توجه به اینکه میانگین‌ها در سه گروه قرارگرفته، نشان‌دهنده داشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مدول کششی با افزایش مستقل درصد آرد باگاس از ۱۵ تا ۳۵ درصد می‌باشند. پس می‌توان به این نکته پی برد که افزایش درصد آرد باگاس، بر میزان تغییرات مدول کششی مؤثر است.

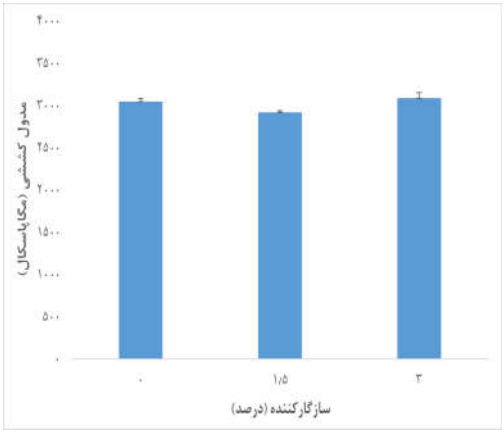
شکل ۴ (ب)، اثر مستقل افزایش درصد سازگارکننده بر میزان تغییرات مدول کششی را نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، روند کاهش سریع مدول کششی با افزایش درصد سازگارکننده از ۰ تا ۱/۵ درصد و افزایش سریع مدول کششی با افزایش درصد سازگارکننده از ۱/۵ تا ۳ درصد مشخص می‌باشد. با توجه به اینکه میانگین‌ها در یک گروه قرارگرفته‌اند، نشان‌دهنده نداشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مدول کششیِ با افزایش درصد سازگارکننده از صفر تا ۳ درصد را متذکر می‌شود. پس می‌توان به این نکته پی برد که افزایش مستقل درصد سازگارکننده از ۰ به ۳ درصد، بر میزان روند تغییرات مدول کششی تأثیر قابل‌توجهی نداشته و این تغییرات تصادفی بوده است. با توجه به جدول ۲ معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین‌های مدول کششی وابسته به این دو متغیر باهم را یادآور می‌شود. پس می‌توان گفت، روند افزایش مدول کششی با افزایش درصد آرد باگاس و نیز روند نامنظم تغییرات مدول کششی با

سازگارکننده به‌طور متقابل، از یک‌رویه کاملاً تصادفی تبعیت می‌کند. نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد آرد باگاس بر مدول کشسی نشان داد که با افزایش درصد آرد باگاس از ۱۵ به ۳۵ درصد، مدول کشسی رو به افزایش است که این پیشامد را می‌توان به افزایش مدول یانگ (مدول کشسی) کامپوزیت با افزایش میزان درصد الیاف (به علت بالاتر بودن مدول یانگ الیاف سلولزی نسبت به ماده زمینه ترموپلاستیک پلی‌پروپیلن) نسبت داد و طبیعتاً هر چه الیاف سلولزی در ماتریس پلیمر بیشتر باشد، کامپوزیت ساخته‌شده دارای مدول کشسی بالاتری خواهد بود. مدول کشسی چندسازه‌ها متأثر از مدول کشسی اجزای تشکیل‌دهنده آن است. لذا استفاده از الیاف طبیعی در ماده زمینه سبب افزایش مدول کلی چندسازه خواهد شد [۱۹].

نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات میزان درصد MAPP بر مدول کشسی نشان داد که با افزایش MAPP، تغییرات کاهشی و افزایشی نامنظمی در میزان مدول کشسی اتفاق می‌افتد که نتایج آماری و معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین‌های مدول کشسی نشان داد این تغییرات نامنظم در مدول کشسی، تصادفی بوده و احتمالاً به دلیل مورفولوژی پلیمر می‌باشد.



الف

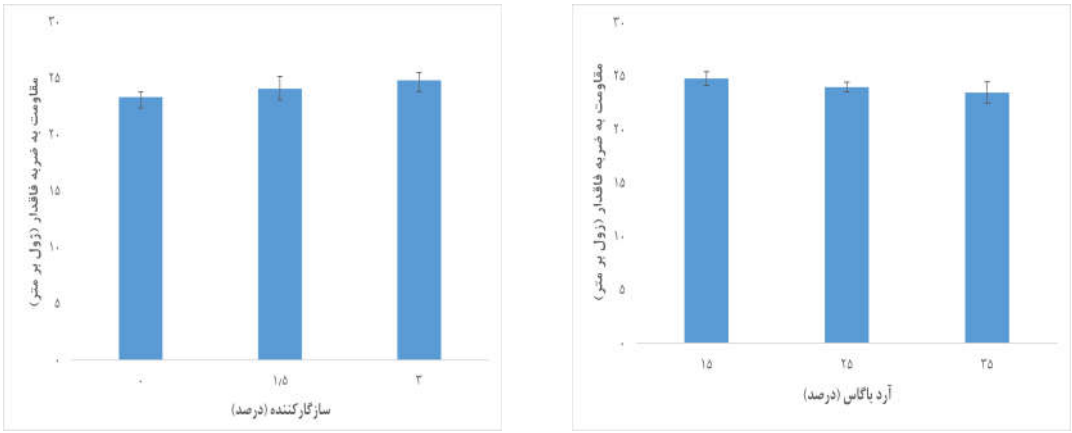


ب

شکل ۴. نتایج مدول کشسی بر تأثیر مستقل الف) افزایش درصد آرد باگاس، ب) افزایش درصد سازگار کننده

شکل ۵ (الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مقاومت به ضربه فاقدار را نشان می‌دهد. توجه به این شکل، روند کُند کاهش مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش ۱۵ تا ۳۵ درصد آرد باگاس نمایان می‌سازد، با توجه به اینکه تمامی این میانگین‌ها در یک گروه قرارگرفته، نشان‌دهنده نداشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش مستقل درصد الیاف از ۱۵ تا ۳۵ درصد می‌باشند. پس می‌توان به این نکته پی برد که افزایش درصد آرد باگاس، تأثیر خاصی بر میزان تغییرات مقاومت به ضربه فاقدار ندارد. شکل ۵ (ب)، اثر مستقل افزایش درصد سازگارکننده بر میزان تغییرات مقاومت به ضربه فاقدار را نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، روند افزایش کُند مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش درصد سازگارکننده از ۰ تا ۳ درصد مشخص می‌باشد. با توجه به اینکه میانگین‌ها در یک گروه قرارگرفته‌اند، نشان دهند نداشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش درصد سازگارکننده از صفر تا ۳ درصد را متذکر می‌شود. پس می‌توان به این نکته پی برد که افزایش مستقل درصد سازگارکننده از ۰ به ۳ درصد، بر میزان روند تغییرات مقاومت به ضربه فاقدار هیچ‌گونه تأثیری ندارد. با توجه به جدول ۲ معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین‌های مقاومت به ضربه فاقدارِ وابسته به این دو متغیر باهم را یادآور می‌شود. پس می‌توان گفت روند کُند کاهشی مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش متقابل درصد آرد باگاس و افزایش کُند آن با افزایش سازگارکننده، از

یک‌رویه کاملاً تصادفی تبعیت می‌کند. نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد آرد باگاس بر مقاومت به ضربه فاقدار حاکی از کاهش بسیار کم و قابل‌چشم‌پوشی مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش درصد آرد بود. در آزمون اندازه‌گیری مقاومت به ضربه فاقدار، مکانیسم غالب، در جذب انرژی از طریق گسترش تَرَکی است که از قبل وجود داشته است. کاهش اندک مقاومت به ضربه فاقدار را می‌توان مربوط به افزایش درصد آرد باگاس درنتیجه، افزایش مناطق با تنش متمرکز دانست اما همان‌طور که گفته شد، به علت وجود تَرَک اولیه در نمونه فاقدار، افزایش آرد نمی تواند تأثیر بسزایی بر تغییرات مقاومت به ضربه داشته باشد و این تغییرات را می‌توان ناشی از تصادفی بودن فرآیند نمونه‌گیری و یا چگونگی ساخت کامپوزیت مربوط دانست. با مشاهده نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد MAPP بر مقاومت به ضربه فاقدار و روند کُند و قابل‌چشم‌پوشی افزایش آن با افزودن MAPP و با توجه به نتایج آماری می‌توان چنین استدلال نمود که با افزایش مقاومت به ضربه فاقدار، فقط به دلیل وجود تَرَک اولیه بوده و افزایش MAPP نقش بخصوصی در تغییرات آن ایفا نمی‌کند.

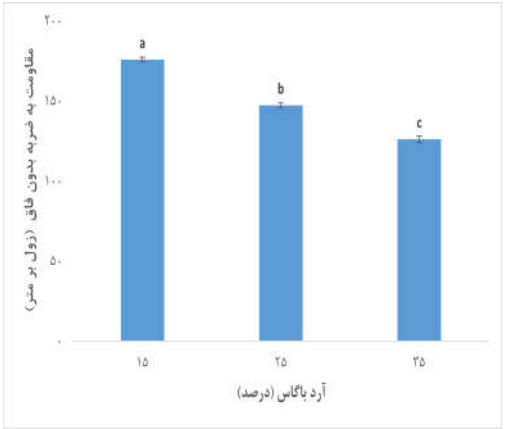


الف ب

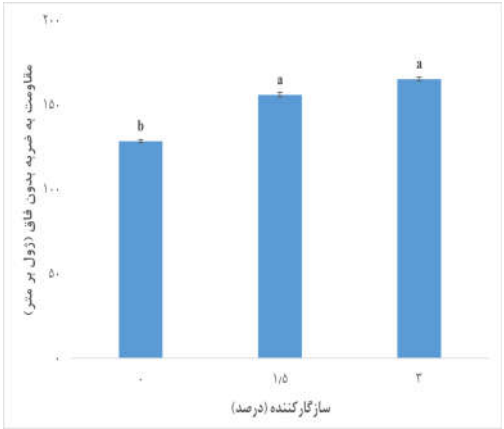
شکل ۵. نتایج مقاومت به ضربه فاقدار بر تأثیر مستقل الف) افزایش درصد آرد باگاس، ب) افزایش درصد سازگار کننده

شکل ۶ (الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مقاومت به ضربه بدون فاق را نشان می‌دهد. توجه به این شکل، روند کاهش مقاومت به ضربه بدون فاق با افزایش ۱۵ تا ۳۵ درصدی آرد باگاس را نمایان می‌سازد، با توجه به اینکه میانگین‌ها در سه گروه قرارگرفته، نشان‌دهنده داشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مقاومت به ضربه بدون فاق با افزایش مستقل درصد آرد باگاس از ۱۵ تا ۳۵ درصد می‌باشند. پس در کل می‌توان به این نکته پی برد که افزایش درصد آرد باگاس از ۱۵ تا ۳۵ درصد، بر میزان تغییرات مقاومت به ضربه بدون فاق تأثیر زیادی داشته است. شکل ۶ (ب)، اثر مستقل افزایش درصد سازگارکننده بر میزان تغییرات مقاومت به ضربه بدون فاق را نشان می‌دهد. همان‌طوری که شکل مشاهده می‌شود، روند افزایش مقاومت به ضربه بدون فاق با افزایش درصد سازگارکننده از ۰ تا ۳ درصد مشخص می‌باشد. با توجه به اینکه هرکدام از این میانگین‌ها در دو گروه قرارگرفته‌اند، داشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مقاومت به ضربه بدون فاق با افزایش درصد سازگارکننده از صفر تا ۱/۵ درصد و نداشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های سطوح مختلف میانگین‌های مقاومت به ضربه بدون فاقِ با افزایش درصد سازگارکننده از ۱/۵ تا ۳ درصد را متذکر می‌شود. پس می‌توان به این نکته پی برد که افزایش مستقل درصد سازگارکننده از ۰ به ۳ درصد، بر میزان روند تغییرات مقاومت به ضربه بدون فاق تأثیرگذار است. با توجه به جدول ۲ معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین‌های

مقاومت به ضربه بدون فاقِ وابسته به این دو متغیر باهم را یادآور می‌شود. پس می‌توان گفت روند کُند کاهشی مقاومت به ضربه بدون فاق با افزایش متقابل درصد آرد باگاس و افزایش کُند آن با افزایش سازگارکننده، از یک رویه کاملاً تصادفی تبعیت می‌کند. نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد آرد باگاس بر مقاومت به ضربه بدون فاق، این نکته را نمایان ساخت که با افزایش میزان درصد آرد باگاس، مقاومت به ضربه بدون فاق به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد. برخلاف آزمون فاق‌دار که مکانیسم غالب در جذب انرژی از طریق گسترش تَرَک اولیه در نمونه بود، در آزمون بدون فاق، جذب انرژی از طریق ایجاد تَرَک و گسترش آن است. تَرَک‌ها در مناطقی با تنش‌های با تمرکز بالا از قبیل فیبر انتهایی، مناطق معیوب یا در ناحیه سطح تماس درجایی که چسبندگی بین دو فاز خیلی ضعیف است ایجاد می‌گردند. این مناطق ممکن است با افزایش و تراکم الیاف در آن، تولید گردند که با اِعمال ضربه، اتصالات الیاف ترک‌خورده و احتمال ایجاد و توسعه ترک در آن را افزایش می‌دهد. پس مقاومت به ضربه بدون فاق برخلاف فاقدار، شدیداً به میزان درصد آرد بستگی داشته و با افزایش درصد آرد، کاهش می‌یابد. مشاهدت نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد MAPP بر مقاومت به ضربه بدون فاق نشان می‌دهد که با افزایش MAPP، مقاومت به ضربه بدون فاق به طرز چشمگیری افزایش می‌یابد. بهبود چسبندگی بین ماده زمینه و فیبر از طریق استفاده از MAPP، مقاومت نسبت به ایجاد تَرَک را در فاز مشترک فیبر- ماده زمینه افزایش می‌دهد و این مطلب، دلیل برافزایش چشمگیر مقاومت به ضربه بدون فاق نسبت به فاق‌دار با افزایش درصد MAPP می‌باشد. این مسئله به خاطر عدم سازگاری بین الیاف و ماده زمینه است، در اثر اعمال نیرو انتقال تنش در این ناحیه وجود ندارد و مقاومت به ضربه کاهش می‌یابد. با افزایش درصد آرد باگاس این عدم سازگاری بیشتر شده و فرآورده در مقابل ضربه ضعیف‌تر می‌شود. درواقع به دلیل کاهش چقرمگی (ضربه‌پذیری) و افزایش تردی نمونه‌ها، مقاومت به ضربه کاهش پیدا می‌کند [۲۰]. مقاومت به ضربه فاق‌دار، سفتی و چقرمگی آن را بیان می‌کند که در حقیقت معرف مقاومت ماده در برابر شکسته شدن می‌باشد [۲۱]. علاوه بر این، افزودن آرد باگاس احتمال انباشتگی (کلوخه‌ای شدن) الیاف سلولزی را افزایش می‌دهد و موجب تمرکز تنش شده و به انرژی کمتری برای شکست نیاز است [۲۲]. مقاومت در برابر شکسته شدن کامپوزیت‌ها به عوامل مختلفی بستگی دارد که بعضی از آن‌ها به شرح ذیل است: خصوصیات ماتریس، میزان پراکندگی مؤلفه‌های کامپوزیت، تجمع و جهت‌گیری ذرات پرکننده و مهم‌ترین آن‌ها برهم‌کنش بین ذرات پرکننده و ماتریس می‌باشد. وجود مواد لیگنوسلولزی نواحی تمرکز تنش و نقاط شروع شکست را ایجاد می‌کنند که با افزایش مقدار پرکننده، میزان مقاومت به ضربه نیز کاهش می‌یابد [۲۳].



الف



ب

شکل ۶. نتایج مقاومت به ضربه بدون فاق بر تأثیر مستقل الف) افزایش درصد آرد باگاس، ب) افزایش درصد سازگار کننده

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، به بررسی امکان ساخت کامپوزیت با استفاده از باگاس پرداخته‌شده و خصوصیات مکانیکی این محصول موردبررسی قرارگرفته است. ویژگی‌های مکانیکی شامل خواص کششی، خمشی و ضربه‌ای کامپوزیت موردبررسی قرارگرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد:

۱- با افزایش میزان آرد باگاس تا ۳۵ درصد، مقاومت خمشی، مدول خمشی، مقاومت کششی و مدول کششی به ترتیب ۰/۱۳، ۴۴/۴۹، ۱۰/۵۶، ۷۳/۲۹ درصد افزایش یافتند.

۲- با افزایش میزان آرد باگاس تا ۳۵ درصد، مقاومت به ضربه فاقدار و مقاومت به ضربه بدون فاق به ترتیب به میزان ۵/۵۳ و ۳۹/۴۸ درصد کاهش یافتند.

۳- با افزایش میزان MAPP تا ۳ درصد، مقاومت خمشی، مدول خمشی، مقاومت کششی، مدول کششی، مقاومت به ضربه فاقدار و مقاومت به ضربه بدون فاق به ترتیب به میزان ۲۸/۸۴، ۸/۲۷، ۲۸/۶۵، ۱/۲۷، ۶/۲۹ و ۲۸/۶۸ درصد افزایش یافتند.

بر اساس نتایج بررسی‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از آرد باگاس به‌عنوان تقویت‌کننده در کامپوزیت‌ها می‌تواند منجر به افزایش خواص مکانیکی موردنظر شما شود. این خواص شامل مقاومت خمشی، مدول خمشی، مقاومت کششی و مدول کششی است. آرد باگاس به‌عنوان یک تقویت‌کننده طبیعی در کامپوزیت‌ها عمل می‌کند و باعث افزایش میزان مقاومت کامپوزیت می‌شود.

همچنین، افزودن MAPP به کامپوزیت نیز می‌تواند بهبود چشمگیری در خواص مکانیکی آن ایجاد کند. MAPP یک ماده پلیمری است که به‌عنوان یک عامل ترکیبی و آغشته کننده در کامپوزیت‌ها استفاده می‌شود. افزودن MAPP به کامپوزیت می‌تواند منجر به افزایش تراکم بین ذرات و ماتریس کامپوزیت شود و بنابراین خواص مکانیکی مانند مقاومت خمشی، مدول خمشی، مقاومت کششی، مدول کششی، مقاومت به ضربه فاقدار و مقاومت به ضربه بدون فاق را بهبود می‌بخشد.

استفاده همزمان از آرد باگاس و MAPP در کامپوزیت‌ها می‌تواند از ترکیب تقویت‌کننده طبیعی و ترکیبی بهره‌برداری کند و خواص مکانیکی محصول را بهبود بخشد. این ارتقاء می‌تواند در کاربردهای مختلفی مانند صنایع خودروسازی، ساختمان‌سازی و صنایع مصرفی مورداستفاده قرار گیرد. به‌طورکلی، استفاده از باگاس در تولید کامپوزیت چوب پلاستیک از دیدگاه صنعتی دارای مزایایی ازجمله تجدید پذیر بودن، قابلیت شکل‌دهی، افزایش مقاومت مکانیکی و محدودیت‌های خاص خود ازجمله هزینه بالای حمل‌ونقل مواد اولیه را دارد.

منابع

[1] Allahdadi, M., Hedjazi, S., Jonoobi, M., Abdolkhani, A. and Jamalirad, L., 2017. Biodegradation behaviors and color change of composites based on type of bagasse pulp/polylactic acid. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 8(1), pp.1-13. (In Persian).

[2] Mohammadi, M., Barikani, M., 2005. Investigation of Mixing, Morphology and Mechanical Properties of Polyethylene/Starch/Polycaprolactone Compounds. Iranian Journal of Polymer Science and Technology, 18(3), pp. 181-190. doi: 10.22063/jipst.2005.827 (In Persian).

[3] Yadav, S.M. and Yusoh, K.B., 2015. Mechanical and physical properties of wood-plastic composites made of polypropylene, wood flour and nanoclay. International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation, 1, pp. 52-58.

[4] Roohani, M., and kord, B. 2016. Dynamic Mechanical and Thermal Properties of Bagasse/Glass Fiber/Polypropylene Hybrid Composites. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 7(1), pp. 103-114. (In Persian).

[5] Samariha, A., Hemmasi, A. H., Ghasemi, I., Bazyar, B., and Nemati, M. 2015. Effect of nanoclay contents on properties, of bagasse flour/reprocessed high density polyethylene/nanoclay composites. Maderas. Ciencia y tecnología, 17(3), pp. 637-646.

[6] Faludi, G., Dora, G., Renner, K., Móczó, J. and Pukánszky, B., 2013. Biocomposite from polylactic acid and lignocellulosic fibers: Structure–property correlations. Carbohydrate polymers, 92(2), pp.1767-1775.

[7] Zahedi, M., Tabarsa, T., Madhoushi, M. and Shakeri, A.R., 2013. Effect of nanoclay (Montmorillonite) on the physical-mechanical properties of polypropylene / wood flour composites. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 20(3), pp. 95-110. (In Persian).

[8] Jubinville, D., Esmizadeh, E., Saikrishnan, S., Tzoganakis, C. and Mekonnen, T., 2020. A comprehensive review of global production and recycling methods of polyolefin (PO) based products and their post-recycling applications. Sustainable materials and technologies, 25, p.e00188.

[9] El Messiry, M. (2017). Natural fiber textile composite engineering. CRC Press.

[10] Hosseini, S. B., hejazi, S., jamalirad, L., Fatahi Amin, M., and izadyar, S. 2017. Comparative investigation of treated bagasse and rice straw on physical and mechanical properties of natural fiber reinforced composites (NFRC). Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 8(3), pp. 453-469. (In Persian).

[11] Nourbakhsh, A., and Kargarfard, A. 2015. Investigation on Morphological and Mechanical Properties of Coupling Agents on Baggass Polypropylene Composites. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 30(SPRING 1), pp. 85-96. (In Persian).

[12] Nourbakhsh, A. (2013). Comparing four lignocellulosic materials in the properties of wood plastics/ nanoclay composites. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 27(2), pp. 235-255. (In Persian).

[13] Karamati, M., Nosrati Sheshkal, B., Abdous, M., and Mohebbi gorgi, R., 2014. The effect of MAPP compatibilizer on the flexural strength of wood-plastic composite made from cellulose waste/polypropylene: a case study of waste paper. Proceedings of the 2nd National Conference on Environment, Energy, and Biosafety, Tehran. (In Persian).

[14] Najafi, S. K., Hamidinia, E., and Tajvidi, M., 2006. Mechanical properties of composites from sawdust and recycled plastics. Journal of Applied Polymer Science, 100(5), 3641-3645.

[15] Ghasemian, A., Imani, M. and Shakeri, A., 2012. Investigation on the Physical and Mechanical Properties of Composites from Combined Recycled ONP-Glass Fibers with Polypropylene. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 3(1), pp.29-42. (In Persian).

[16] Thyavihalli Girijappa, Y.G., Mavinkere Rangappa, S., Parameswaranpillai, J. and Siengchin, S., 2019. Natural fibers as sustainable and renewable resource for development of eco-friendly composites: a comprehensive review. Frontiers in Materials, 6, p.226.

[17] Razavi-nouri, M., Dogouri, F. J., Oromiehie, A., and Langroudi. 2006. Mechanical Properties and Water Absorption Behaviour of Chopped Rice Husk Filled Polypropylene Composites, Iranian Polymer Journal 15(9), 757-766. (In Persian).

[18] Leontiadis, K., Tsioptsias, C., Messaritakis, S., Terzaki, A., Xidas, P., Mystikos, K., Tzimpilis, E. and Tsivintzelis, I., 2022. Optimization of Thermal and Mechanical Properties of Polypropylene-Wollastonite Composite Drawn Fibers Based on Surface Response Analysis. Polymers, 14(5), p.924.

[19] Febrianto, F., Setyawati, D., Karina, M., Bakar, E.S. and Hadi, Y.S., 2006. Influence of wood flour and modifier contents on the physical and mechanical properties of wood flour-recycle polypropylene composites. Journal of Biological Scinces, 6(2), pp.337-343.

[20] Guna, V., Ilangovan, M., Rather, M.H., Giridharan, B.V., Prajwal, B., Krishna, K.V., Venkatesh, K. and Reddy, N., 2020. Groundnut shell/rice husk agro-waste reinforced polypropylene hybrid biocomposites. Journal of Building engineering, 27, p.100991.

[21] Nourbakhsh, A., Karegarfard, A., Ashori, A. and Nourbakhsh, A., 2010. Effects of particle size and coupling agent concentration on mechanical properties of particulate-filled polymer composites. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 23(2), pp.169-174.

[22] Ashori, A. and Nourbakhsh, A., 2008. Effect of press cycle time and resin content on physical and mechanical properties of particleboard panels made from the underutilized low-quality raw materials. Industrial crops and products, 28(2), pp.225-230.

[23] Zhang, Q., Yi, W., Li, Z., Wang, L. and Cai, H., 2018. Mechanical properties of rice husk biochar reinforced high density polyethylene composites. Polymers, 10(3), pp. 1-10.

Investigating the characteristics of wood-plastic composites made from bagasse

Abstract

In this study, the possibility of making a composite from bagasse was investigated. Bagasse-polypropylene fiber samples with different bagasse percentages (15, 25, and 35%) and coupling agent (0, 1.5, and 3%) were made, and their mechanical properties were examined. The results showed that with an increase in bagasse fibers, the flexural strength and tensile modulus did not change significantly, but the modulus of elasticity and energy at the breaking point decreased significantly, but the tensile strength increased. The results of the impact resistance test showed that although the impact resistance decreased and increased slightly with an increase in the percentage of bagasse fibers and coupling agent, this amount of decrease and increase was very small and insignificant, and the results of this test were random and unrelated to the increase in raw materials. However, in the impact resistance test without a notch, a significant difference in the decrease in impact resistance was observed with an increase in fibers and its increase with an increase in coupling agent. Overall, all measured engineering properties in this study improved, except for impact resistance, which decreased with an increase in fibers. It is suggested that to improve the engineering properties of this type of composite, the bagasse percentage and coupling agent should be increased up to 30% and 3%, respectively.

Keywords: Bagasse, composite, tensile modulus, flexural strength.

A. Samariha[1*]
S. Pourabbasi[2]
H. Khademi Eslam[3]

[1] Associate Professor, Department of Wood Industry, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

[2] Assistant Professor, Department of Wood Industry, Malayer Branch, Islamic Azad University, Malayer, Iran

[3] Professor, Department of Wood and Paper industry, faculty of natural resources and environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Corresponding author:
a.samariha@gmail.com

Received: 2023/07/30
Accepted: 2023/10/03