

بررسی خصوصیات کامپوزیت چوب پلاستیک ساخته شده از باگاس

چکیده

در این تحقیق، امکان ساخت کامپوزیت از باگاس مورد بررسی 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 معنی‌داری پیدا کرده 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.

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:

asamaraha@tvu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۱

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. در نتیجه، زباله‌های حاصل از پلاستیک‌های غیر زیست‌تخریب‌پذیر، به‌جای دفن، با استفاده از فرآیند بازیافت، مجدداً قابل استفاده 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].

خصوصیات مکانیکی کامپوزیت ساخته شده 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

پلی پروپیلن مورد استفاده در این تحقیق از شرکت نوید زر شیمی با شاخص جریان مذاب ۱۸ گرم بر ۱۰ دقیقه در دمای ۲۳۰ درجه سانتی گراد و دانسیته ۰/۹ گرم بر سانتی متر مکعب تهیه گردید. پلی پروپیلن گرافت شده با انیدرید مالئیک (MAPP) از شرکت دانش بنیان آریا پلیمر به عنوان اتصال دهنده برای ساخت چندسازه استفاده شده است. باگاس از شرکت کشت و صنعت کارون تهیه و خرد شده و سپس آرد عبور کرده از الک مش ۲۰ و باقیمانده بر روی مش ۴۰، جهت ساخت نمونه جمع آوری گردید.

روشها

فرآیند اختلاط

فرآیند 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 سانتی گراد و سرعت اختلاط ۵۰ دور در دقیقه انجام شد، پس از اختلاط مواد، چندسازه بی شکل تولید شده، 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. به منظور جلوگیری از هرگونه اثر منفی رطوبت، ذرات گرانول به کمک دستگاه خشک کن در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس خشک شدند. ذرات گرانول به دست آمده به کمک دستگاه قالب گیری 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 نمونه های آزمونی ضربه، خمش و کشش تهیه شد.

پلیمرهای گرمانرم قابلیت ذوب شدن مجدد را بدون تجزیه دارند و این ویژگی، امکان تولید فرآورده های چندسازه های با موادی مانند الیاف چوبی را فراهم می کند [۳]. الیاف لیگنوسولزی به دلیل خصوصیات مثبتی که شامل سبکی، فراوانی، زیست سازگاری، دانسیته و قیمت پایین، مقاومت مکانیکی قابل قبول، ساینده گی نسبی پایین، بی خطری و زیست تخریب پذیری است، به عنوان یک عامل تقویت کننده مؤثر برای پلاستیکها مورد استفاده قرار می گیرند [۴-۵]. استفاده از ترکیب مواد به منظور دستیابی به خواص مطلوب، منجر به ساخت کامپوزیت شده است [۶]. در سال های اخیر، استفاده از منابع چوبی و پسماندهای کشاورزی به عنوان پرکننده و تقویت کننده پلیمرها، مورد پذیرش قرار گرفته و تحقیقات بسیاری در زمینه پلیمرهای تقویت شده با مواد لیگنوسولزی انجام شده است [۷]. چندسازه های چوب-پلاستیک به عنوان بخش مهمی از مواد مهندسی شناخته شده اند و در بسیاری از کاربردهای سازه ای و ساختمانی استفاده می شوند [۸]. همچنین، در صنایع مبلمان، کفپوش و صنایع خودروسازی نیز کاربرد دارند [۹].

Hosseini و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر باگاس بر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی سازه های چوب پلاستیک مورد بررسی قرار دادند. باگاس با پلی اتیلن سنگین مخلوط شد. مالئیک انیدرید پلی اتیلن به عنوان ماده سازگار کننده استفاده شد. نتایج نشان داد که افزودن باگاس می تواند 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 چندسازه های چوب پلاستیک را مورد بررسی قرار دادند. ویژگی های مکانیکی چندسازه ها مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داده اند که جفت کننده ای 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 لیگنوسولزی مختلف (باگاس، ساقه برنج، گندم و چوب صنوبر) در چندسازه چوب پلاستیک مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داده است که استفاده از باگاس منجر به بهبود خواص مقاومتی می شود [۱۲]. این تحقیق، باهدف بررسی

¹ Polypropylene-graft-maleic anhydride

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

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

بر مدول خمشی، مقاومت و مدول کششی و مقاومت به ضربه فاقدار در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار است. تأثیر مستقل سازگارکننده بر مقاومت و مدول خمشی، مقاومت کششی و مقاومت به ضربه بدون فاق در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار است. درحالی که تأثیر مستقل آرد چوب بر مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه فاق دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار نیست و تأثیر مستقل سازگارکننده بر مدول کششی و مقاومت به ضربه فاق دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی دار 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 معنی دار نیست (جدول ۲).

شکل ۱ (الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مقاومت خمش را نمایش می دهد. توجه به این شکل، روند بسیار کند افزایش مقاومت خمش از ۱۵ تا ۲۵ درصد الیاف باگاس و روند کاهشی بسیار کند آن را از ۲۵ تا ۳۵ درصد آرد باگاس را نشان می دهد، با توجه به اینکه تمامی این میانگین ها در یک گروه قرار گرفته، نشان دهنده نداشتن اختلاف معنی دار بین میانگین های مقاومت خمش با افزایش مستقل درصد آرد باگاس از ۱۵ تا ۳۵ درصد می باشد. پس می توان 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 می دهد. همان طوری که مشاهده می شود، روند افزایش سریع مقاومت خمش با افزایش مصرف سازگارکننده از ۰ تا ۳ درصد مشخص می باشد. با توجه به

اندازه گیری خواص مکانیکی

آزمایش خمش مطابق روش سه نقطه ای مطابق استاندارد ASTM D 747 توسط دستگاه اینسترون انجام شد. ابعاد اسمی نمونه ها $10 \times 10 \times 105$ میلی متر و طول دهانه ۸۰ میلی متر بوده است. آزمون کشش مطابق استاندارد ASTM D 638 بر روی نمونه های دمبلی شکل با ابعاد $4 \times 10 \times 145$ میلی متر توسط دستگاه اینسترون انجام شد. ابعاد نمونه های مقاومت به ضربه فاقدار با ابعاد $6 \times 12 \times 60$ میلی متر و مقاومت به ضربه بدون فاق با ابعاد $3 \times 12 \times 60$ میلی متر بر اساس استاندارد ASTM D 256 توسط دستگاه ضربه اندازه گیری شد. آزمون های مکانیکی برای هر تیمار با ۵ تکرار انجام شد.

تجزیه و تحلیل نتایج

این تحقیق، با استفاده از نرم افزار آماری SPSS در قالب طرح آزمایشی فاکتوریل دو عاملی (اثر درصد الیاف و ماده جفت کننده) و به صورت کاملاً تصادفی بررسی شده و از آزمون چند دامنه ای دانکن آبرای مقایسه و گروه بندی میانگین ها بهره گیری شده و تمامی مقایسه ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد (سطح معنی داری ۵ درصد) انجام شد.

نتایج و بحث

برای بررسی اختلاف آماری بین میانگین خواص مورد بررسی، از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. مقدار F به دست آمده حاکی از آن است که تأثیر مستقل آرد چوب

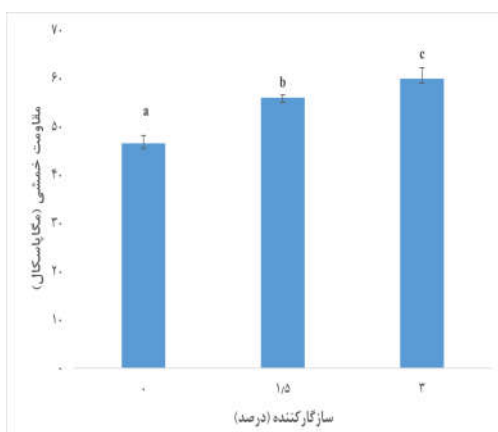
جدول ۲ معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین‌های مقاومت خمش وابسته به آرد باگاس و سازگارکننده، می‌توان گفت روند کُند افزایشی مقاومت خمش با افزایش متقابل درصد آرد باگاس و سازگارکننده، از یک‌رویه کاملاً تصادفی تبعیت می‌کند.

اینکه میانگین‌ها در سه گروه مختلف قرار گرفته‌اند، اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مقاومت خمش با افزایش درصد سازگارکننده را نشان می‌دهد. در واقع افزایش مستقل درصد سازگارکننده از ۰ به ۳ درصد، بر میزان روند تغییرات مقاومت خمش تأثیر قابل‌توجهی دارد. با توجه به

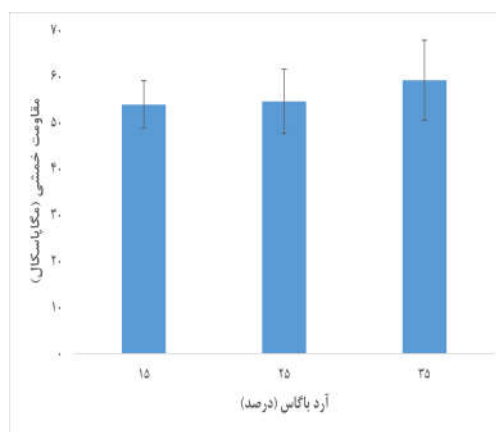
جدول ۲. تجزیه واریانس (مقدار F و سطح معنی‌داری) اثر متغیرهای ساخت بر خصوصیات مکانیکی

مقاومت به ضربه (J/m)		کششی (Mpa)		خمش (Mpa)		
بدون فاق	فاقدار	مدول	مقاومت	مدول	مقاومت	
۲۷/۴۹۶*	۰/۹۶۸ ^{ns}	۳۱/۷۰۸*	۱۳/۷۹۷*	۸۰/۴۷۴*	۰/۲۵۴ ^{ns}	آرد باگاس
۱۶/۱۰۹*	۰/۹۲۳ ^{ns}	۰/۳۲۹ ^{ns}	۷۷/۰۶۱*	۴/۰۱۴*	۹۱/۴۱۹*	سازگارکننده
۰/۹۵۷ ^{ns}	۰/۱۹۳ ^{ns}	۰/۲۸۳ ^{ns}	۰/۹۴۴ ^{ns}	۰/۵ ^{ns}	۲/۴۹۱ ^{ns}	آرد* سازگارکننده

سطح معنی‌داری: *۰/۰۵، ns: عدم معنی‌داری



ب



الف

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

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

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 مورد استفاده 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 محدود شده

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 به‌طور کلی، الیاف سلولزی، در مقایسه با مواد ترموپلاستیک، دارای مدول الاستیسیته 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 افزایش یافته 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. به‌طور کلی، استفاده از MAPP به‌عنوان ماده جفت‌کننده 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 روی هم می‌شود و کامپوزیت در برابر شکست مقاومت زیادی از خود نشان می‌دهد [۱۵].

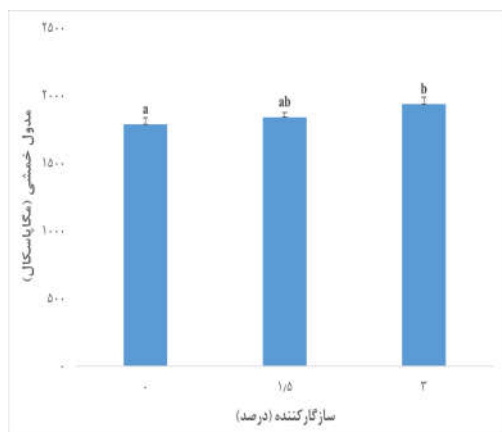
ایجاد پیوندهای کووالانس با گروه‌های هیدروکسیل سطوح فیبر اتصال یابند. هر مالئیک انیدرید (MA) که اسیدی شده باشد، می‌تواند به‌واسطه برهم‌کنش بازی- اسیدی با سطوح فیبر برهم‌کنش ایجاد کند. برهم‌کنش و چسبندگی بین الیاف و ماده زمینه، به انتقال بهتر تنش از ماده زمینه به فیبر منجر می‌گردد. پس می‌توان به‌طور قطع 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].

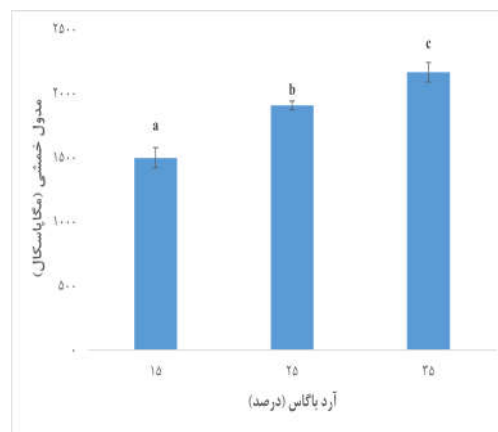
شکل ۲ (الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مدول خمشی را نشان می‌دهد. توجه به این شکل، روند افزایش بسیار سریع مدول خمشی از ۱۵ تا ۳۵ درصد آرد باگاس نمایان می‌سازد، با توجه به اینکه میانگین‌ها در سه گروه قرار گرفته، نشان‌دهنده داشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های مدول خمشی با افزایش 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 قرار گرفته‌اند، 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



ب



الف

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

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. در واقع، روند افزایش مقاومت کششی از ۲۵ درصد به ۳۵ درصد کندتر است. اما به‌طور کلی، 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 اعمال شده به ماده زمینه، به الیاف انتقال یابد و نیروی کششی اعمال 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 پلی-پروپیلن غیر قطبی، تنش انتقال یافته از ماده زمینه به الیاف کمتر می‌شود.

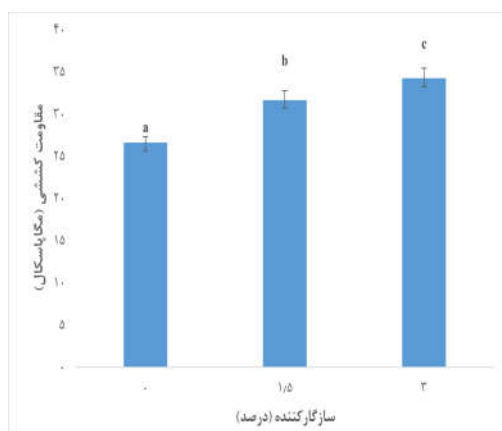
مقاومت کششی بیشتر از آنکه به خصوصیات پرکننده مرتبط باشد به خصوصیات ماده زمینه و ویژگی‌های چسبندگی، سطح اتصال و کیفیت سطح مشترک بین دو فاز ماده مرکب بستگی دارد، زیرا انتقال تنش از ماده زمینه به الیاف (فاز تقویت‌کننده) به‌وسیله این ناحیه صورت می‌گیرد. اصولاً نقش ماده زمینه نگهداری الیاف و انتقال نیرو به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

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 قرار گرفته، 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 قرار گرفته‌اند، 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 قابل توجهی دارد. با توجه به جدول ۲ معنی‌دار نبودن اختلاف بین میانگین‌های مقاومت کششی وابسته به این دو متغیر باهم را یادآور می‌شود. پس می‌توان گفت روند کُند افزایشی

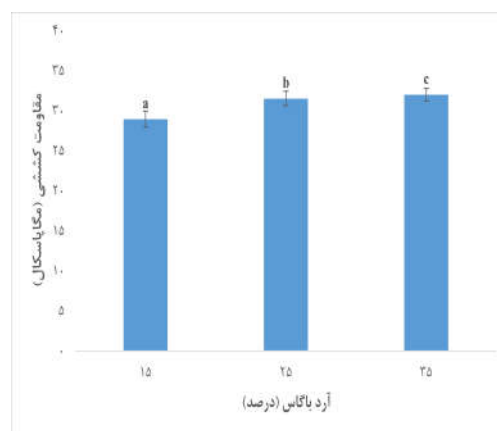
ماده زمینه و ذرات پرکننده به صورت برشی در سطح مشترک پلیمر و ذرات پرکننده ایجاد می شود. بنابراین سطح مشترک بین ذرات پرکننده و پلیمر باید بتواند این انتقال را به نحو مطلوب انجام دهد [۱۸].

نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد MAPP بر مقاومت کششی حاکی از افزایش چشمگیر مقاومت کششی با افزایش درصد MAPP می باشد. MAPP با بهبود برهمکنش بین الیاف و پلی پروپیلن، قابلیت ایجاد یک فاز مشترک بین الیاف باگاس و ماتریس زمینه را دارد که همین مطلب، برافزایش مقاومت کششی با افزودن MAPP صحنه می گذارد.

مقدار پرکننده، میزان تنش قابل تحمل ماده مرکب بر اثر وجود فاز تقویت کننده افزایش می یابد [۱۶]. از جمله عوامل تأثیرگذار دیگر بر این مورد را می توان به پیوند شیمیایی مناسب بین مؤلفه های کامپوزیت، تمرکز تنش کم و جهت پرکننده نسبت داد [۱۷]. هنگامی که به پرکننده نیرو وارد می شود، این نیرو ابتدا به ماده زمینه و سپس به ذرات پرکننده انتقال داده می شود. در مکانیسم انتقال بار، تنش در انتهای ذرات پرکننده کاهش پیدا می کند. از طرفی جهت دهی ذرات پرکننده و کنترل آن ها مشکل می باشد، در نتیجه درصد حجمی استفاده از آن ها باید کنترل شود. در هنگام تنش کششی انتقال بار بین



ب



الف

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

افزایش سریع مدول کششی با افزایش درصد سازگار کننده از ۱/۵ تا ۳ درصد مشخص می باشد. با توجه به اینکه میانگین ها در یک گروه قرار گرفته اند، نشان دهنده نداشتن اختلاف معنی دار بین میانگین های مدول کششی با افزایش درصد سازگار کننده از صفر تا ۳ درصد را متذکر می شود. پس می توان به این نکته پی برد که افزایش مستقل درصد سازگار کننده از ۰ به ۳ درصد، بر میزان روند تغییرات مدول کششی تأثیر قابل توجهی نداشته و این تغییرات تصادفی بوده است. با توجه به جدول ۲ معنی دار نبودن اختلاف بین میانگین های مدول کششی وابسته به این دو متغیر باهم را یادآور می شود. پس می توان گفت، روند افزایش مدول کششی با افزایش درصد آرد باگاس و نیز روند نامنظم تغییرات مدول کششی با

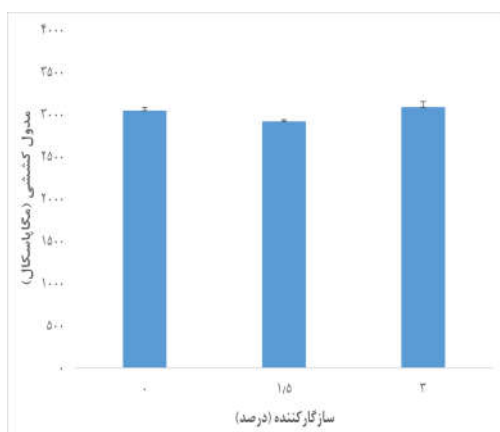
شکل ۴ الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مدول کششی را نشان می دهد. توجه به این شکل، روند افزایش بسیار سریع مدول کششی از ۱۵ تا ۳۵ درصد آرد باگاس نمایان می سازد، با توجه به اینکه میانگین ها در سه گروه قرار گرفته، نشان دهنده نداشتن اختلاف معنی دار بین میانگین های مدول کششی با افزایش مستقل درصد آرد باگاس از ۱۵ تا ۳۵ درصد می باشد. پس می توان به این نکته پی برد که افزایش درصد آرد باگاس، بر میزان تغییرات مدول کششی مؤثر است.

شکل ۴ ب)، اثر مستقل افزایش درصد سازگار کننده بر میزان تغییرات مدول کششی را نشان می دهد. همان طوری که مشاهده می شود، روند کاهش سریع مدول کششی با افزایش درصد سازگار کننده از ۰ تا ۱/۵ درصد و

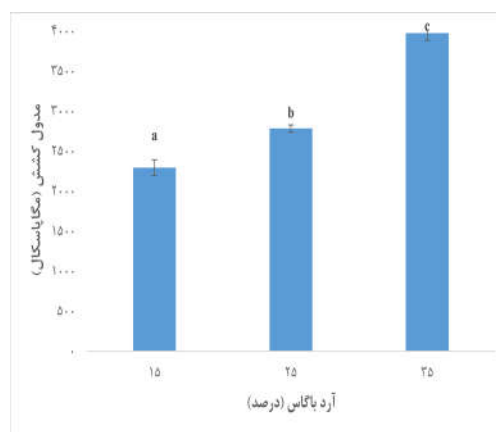
مدول کششی اجزای تشکیل‌دهنده آن است. لذا استفاده از الیاف طبیعی در ماده زمینه سبب افزایش مدول کلی چندسازه خواهد شد [۱۹].

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

سازگارکننده به‌طور متقابل، از یک‌رویه کاملاً تصادفی تبعیت می‌کند. نتایج مربوط به تأثیر مستقل تغییرات درصد آرد باگاس بر مدول کششی نشان داد که با افزایش درصد آرد باگاس از ۱۵ به ۳۵ درصد، مدول کششی رو به افزایش است که این پیشامد را می‌توان به افزایش مدول یانگ (مدول کششی) 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 کششی بالاتری خواهد بود. مدول کششی چندسازه‌ها متأثر از



ب



الف

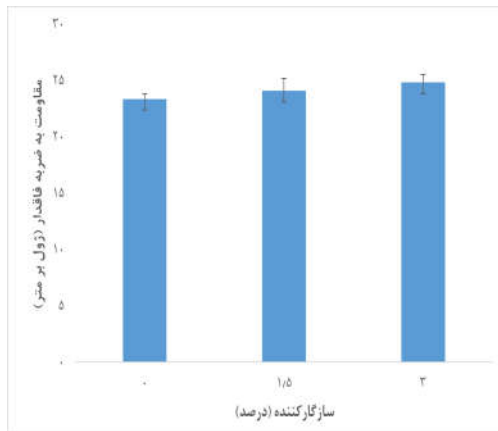
شکل ۴. نتایج مدول کششی بر تأثیر مستقل الف) افزایش درصد آرد باگاس، ب) افزایش درصد سازگارکننده

مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش درصد سازگارکننده از ۰ تا ۳ درصد مشخص می‌باشد. با توجه به اینکه میانگین‌ها در یک گروه قرار گرفته‌اند، 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 فاقدار وابسته به این دو متغیر باهم را یادآور می‌شود. پس می‌توان گفت روند کُند کاهش مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش متقابل درصد آرد باگاس و افزایش کُند آن با افزایش سازگارکننده، از

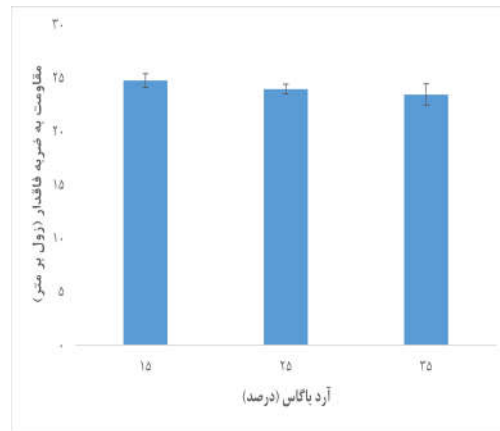
شکل ۵ الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مقاومت به ضربه فاقدار را نشان می‌دهد. توجه به این شکل، روند کُند کاهش مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش ۱۵ تا ۳۵ درصد آرد باگاس نمایان می‌شود، با توجه به اینکه تمامی این میانگین‌ها در یک گروه قرار گرفته، نشان‌دهنده نداشتن اختلاف معنی‌دار بین 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

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 کند و قابل چشم‌پوشی 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 ترک اولیه بوده و افزایش MAPP نقش بخصوصی در تغییرات آن ایفا نمی‌کند.

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 قابل چشم‌پوشی مقاومت به ضربه فاقدار با افزایش درصد آرد بود. در آزمون اندازه‌گیری مقاومت به ضربه فاقدار، مکانیسم غالب، در جذب انرژی از طریق گسترش ترکی است که از قبل وجود داشته است. کاهش اندک مقاومت به ضربه فاقدار را می‌توان مربوط به افزایش درصد آرد باگاس در نتیجه، افزایش مناطق با تنش متمرکز دانست اما همان‌طور که گفته شد، به علت وجود ترک اولیه در نمونه فاقدار، افزایش آرد نمی‌



ب



الف

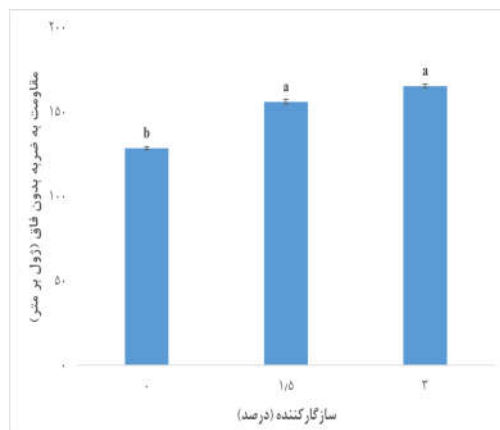
شکل ۵. نتایج مقاومت به ضربه فاقدار بر تأثیر مستقل (الف) افزایش درصد آرد باگاس، (ب) افزایش درصد سازگار کننده

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 قرار گرفته‌اند، 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 فاق 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

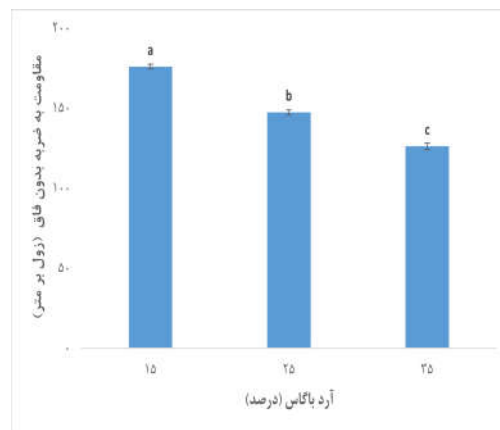
شکل ۶ (الف)، اثر مستقل افزایش درصد آرد باگاس بر میزان تغییرات مقاومت به ضربه بدون فاق را نشان می‌دهد. توجه به این شکل، روند کاهش مقاومت به ضربه بدون فاق با افزایش ۱۵ تا ۳۵ درصدی آرد باگاس را نمایان می‌سازد، با توجه به اینکه میانگین‌ها در سه گروه قرار گرفته، نشان‌دهنده داشتن اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌های 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

به ایجاد ترک 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. در واقع 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].

مقاومت به ضربه بدون فاق 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 ترک اولیه در نمونه بود، در آزمون بدون فاق، جذب انرژی از طریق ایجاد ترک و گسترش آن است. ترک‌ها 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 اعمال 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



ب



الف

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

نتیجه‌گیری

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 آغشته‌کننده 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 فاق 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 مورد استفاده قرار گیرد. به‌طور کلی، استفاده از باگاس در تولید کامپوزیت چوب پلاستیک از دیدگاه صنعتی دارای مزایایی از جمله تجدید پذیر بودن، قابلیت شکل‌دهی، افزایش مقاومت مکانیکی و محدودیت‌های خاص خود از جمله هزینه بالای حمل‌ونقل مواد اولیه را دارد.

در این تحقیق، به بررسی امکان ساخت کامپوزیت با استفاده از باگاس پرداخته‌شده و خصوصیات مکانیکی این محصول مورد بررسی قرار گرفته است. ویژگی‌های مکانیکی شامل خواص کششی، خمشی و ضربه‌ای کامپوزیت مورد بررسی قرار گرفته 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 ۲۸/۶۸، 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

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., Bazayr, 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 poly(lactic 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 (NFR). *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 Bagass 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., Tsiopstias, 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 Sciences*, 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. Pourabbasi²
H. Khademi Eslam³

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:
asamariha@tvu.ac.ir

Received: 2023/07/30

Accepted: 2023/10/03