

بررسی امکان استفاده از الیاف لیگنوسلولزی (باگاس و کنف) در ساخت چند سازه‌های الیاف-پلی‌پروپیلن^۱ و^۲

علی نقی کریمی^۲ مهدی روحانی^۴ داود پارسا بزوه^۵ قنبر ابراهیمی^۶

چکیده

به منظور بررسی امکان استفاده از الیاف لیگنوسلولزی در ساخت چندسازه‌های الیاف-پلی‌پروپیلن در این تحقیق دو نوع الیاف کنف و باگاس با نسبت‌های ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد وزنی با پلی‌پروپیلن مخلوط شدند. از MAPP (پلی‌پروپیلن اصلاح شده با انیدریدمالئیک) به عنوان ماده سازگارکننده به مقدار ۲ درصد وزنی الیاف در تمام ترکیب‌ها استفاده شد. همچنین از DCP (دی‌کومیل پروکسید) نیز به عنوان عامل افزایش سطح مشترک به مقدار ۱ درصد وزنی الیاف استفاده شده است. نتایج حاصله نشان داده‌اند که مقاومت کششی، تغییر طول در مرحله شکست و مقاومت به ضربه با افزودن الیاف لیگنوسلولزی کاهش و مقادیر مدول الاستیسیته و سختی افزایش یافته‌اند. الیاف کنف نسبت به الیاف باگاس خواص بهتری را در ماده مرکب حاصل موجب شدند. ولی این اختلاف معنی‌دار نبود. به علت سهولت فراورش و آماده‌سازی الیاف باگاس و همچنین پخش و پراکنش راحت‌تر آن در شبکه پلیمر، استفاده از آن توصیه می‌گردد. با توجه به معنی‌دار نبودن کاهش خواص بر اثر افزایش مقدار الیاف از ۱۰ درصد به ۳۰ درصد و افزایش مدول الاستیسیته و سختی با افزایش درصد الیاف، مقدار ۳۰ درصد باگاس برای مقاصد عملی پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: چندسازه، پلی‌پروپیلن، ماتریس پلیمر، سازگارکننده، الیاف لیگنوسلولزی، باگاس، کنف.

^۱- تاریخ دریافت: ۸۱/۷/۱۴، تاریخ پذیرش: ۸۳/۴/۲۹

^۲- این تحقیق با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه تهران انجام گرفته است

^۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (E-mail: Karimi@nrf.ut.ac.ir)

^۴- دانشجوی دکتری علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۵- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

^۶- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

مقدمه

-سازگارکننده: در این تحقیق از MAPP (پلی پروپیلن اصلاح شده با انیدریک مالئیک) به عنوان سازگارکننده استفاده گردید که در واحد پژوهش خواص و کاربرد پلیمرهای پژوهشگاه صنعت نفت تهیه گردید و به میزان ۲ درصد وزنی الیاف در هنگام اختلاط مصرف گردید.

-دی کومیل پروکسید (DCP): این ماده به عنوان فعال کننده (بدون ورود به واکنش) تنها به عنوان وسیله ای برای تولید رادیکال های آزاد روی پلیمر عمل می کند، نیز در واحد پژوهش خواص و کاربرد پلیمرهای پژوهشگاه صنعت نفت تهیه گردید و به مقدار ۱ درصد وزنی الیاف در هنگام اختلاط مصرف گردید.

روش ها**-آماده سازی الیاف**

الیاف لیگنوسولولزی ابتدا در خشک کن با دمای $C 100^{\circ}$ به مدت ۲۴ ساعت خشک شده و آنگاه به اندازه مناسب خرد شدند تا اختلاط آنها با پلیمر با سهولت بیشتری صورت گیرد، برای یکنواختی اندازه ذرات الیاف از یک الک آزمایشگاهی با مش ۵۰ استفاده گردید.

-کنترل رطوبت

دامنه تغییرات رطوبت در فرآیندهای ساخت پلاستیک ها، بسیار محدود می باشد. حذف رطوبت بسیار مهم است. زیرا هرگونه رطوبت باقی مانده در مخلوط پلاستیک و الیاف به بخار تبدیل شده و موجب حالت اسفنجی در محصول می شود. این حالت می تواند فرآیند را مختل سازد و به تولید قطعات نهایی غیرقابل قبول منجر گردد (۴)، لذا قبل از فرآیند اختلاط، الیاف در یک خشک کن دارای جریان هوا به مدت ۲۴ ساعت در دمای $C 100 \pm 2^{\circ}$ قرار گرفتند تا هرگونه رطوبت از آنها خارج شود. پلی پروپیلن به علت عدم تمایل به جذب آب نیاز به خشک کردن ندارد.

استفاده از مواد مرکب ایده ای جدید نیست، بشر از دیرزمان به اهمیت ترکیب فیزیکی موادی که در دسترس وی بوده پی برده است. استفاده از مواد مرکب مدرن در حقیقت از اوایل دهه ۱۹۴۰ شروع شد که برای اولین بار از الیاف شیشه برای تقویت پلاستیک های مصرفی در ساخت پوشش پلاستیکی آنتن رادار هواپیما استفاده شده است (۱). استفاده از الیاف لیگنوسولولزی در ساخت مواد مرکب الیاف-پلیمر چندسالی است که در کشورهای توسعه یافته جهان مورد توجه قرار گرفته است (۴ و ۶). از مزایای این مواد را می توان وزن کم، هزینه کم، سایش ناچیز تجهیزات اختلاط و آلوده نکردن محیط زیست نام برد (۴ و ۵). ولی جذب رطوبت و عدم سازگاری فازهای ترکیب از مشکلات تهیه این مواد به شمار می آیند (۴). در این مطالعه اثر استفاده از دو نوع ماده لیگنوسولولزی (کنف و باگاس) با چهار سطح متفاوت درصد اختلاط، بر روی خواص مکانیکی چندسازه مورد مطالعه قرار گرفت بهترین درصد اختلاط به دست آمده است.

مواد و روش ها**الف) مواد مورد استفاده**

-پلیمر: پلی پروپیلن درجه S ۷۳۰ از محصولات مجتمع پتروشیمی اراک با شاخص جریان مذاب معادل ۱۶g/۱۰min

-الیاف باگاس: الیاف باگاس مورد استفاده از ضایعات کارخانه شکر هفت تپه خوزستان و پس از تبدیل آن به اندازه مناسب تهیه گردید.

-الیاف کنف: الیاف کنف مورد استفاده از کنف موجود در بازار که به منظور آب بندی اتصالات لوله ها در تاسیسات از آن استفاده می گردد، تهیه گردید، این الیاف برای اختلاط با پلیمر به طور مناسب خرد شدند.

-فرآیند اختلاط

فرآیند اختلاط در یک مخلوط کن Roller W-50 دستگاه Plastic-corder در دمای C ۱۹۰° و سرعت ۳۰ دور در دقیقه همزن، انجام گردید. ابتدا پلی پروپیلن اضافه شد و پس از ۴ دقیقه الیاف اضافه شده و عمل اختلاط به مدت ۷ دقیقه ادامه یافت، آنگاه سازگارکننده (MAPP) و

فعال کننده (DCP) اضافه شدند و مخلوط سازی ۳ دقیقه دیگر ادامه یافت. نتیجتاً هر دور کامل اختلاط ۱۴ دقیقه به طول انجامید، چندسازه بی شکل خارج شده از دستگاه مخلوط کن، توسط یک پرس آزمایشگاهی در دمای C ۱۸۰° به ورقه‌ای به ضخامت اسمی ۲mm تبدیل گردید. آنگاه از این ورقه با استفاده از شابلون و دستگاه فرز، نمونه‌های استاندارد آزمون‌های کشش و ضربه به دست آمدند.

جدول ۱- درصد وزنی اجزای ماده مرکب در تیمارهای مختلف

| شماره | تیمار | درصد پلی پروپیلن | درصد الیاف |
|-------|-------|------------------|------------|
| ۱ | BF-۱۰ | ۹۰ | ۱۰ |
| ۲ | BF-۲۰ | ۸۰ | ۲۰ |
| ۳ | BF-۲۵ | ۷۵ | ۲۵ |
| ۴ | BF-۳۰ | ۷۰ | ۳۰ |
| ۵ | KF-۱۰ | ۹۰ | ۱۰ |
| ۶ | KF-۲۰ | ۸۰ | ۲۰ |
| ۷ | KF-۲۵ | ۷۵ | ۲۵ |
| ۸ | KF-۳۰ | ۷۰ | ۳۰ |
| ۹ | PP | ۱۰۰ | - |

اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی نمونه‌ها

برای بررسی کیفیت محصولات ساخته شده آزمایشگاهی آزمون‌های کشش، ضربه و سختی انجام شد. این آزمون‌ها به ترتیب طبق آیین‌نامه‌های D۶۳۸، D۲۵۶ و D۲۲۴۰ استاندارد ASTM انجام شدند. نمونه‌های آزمون کشش از نوع M-II بوده و سرعت بارگذاری ۵ میلیمتر بر دقیقه تنظیم گردید. مقاومت به ضربه از نوع Izod فاقدار و جهت نیرو مقابل فاق بوده است. در کلیه آزمون‌ها ۳ تکرار برای هر تیمار انجام شد.

نتایج آزمون‌های مکانیکی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار حاصل از ترکیب ۲ فاکتور (نوع الیاف و درصد

الیاف) و ۱ تیمار پلی پروپیلن خالص به عنوان شاهد مورد بررسی قرار گرفت. اثر مستقل و متقابل فاکتورها توسط آزمون فاکتوریل ۲×۴ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار MSTAT-C استفاده شد و در نهایت برای مقایسه میانگین‌های مربوط از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شده است.

نتایج

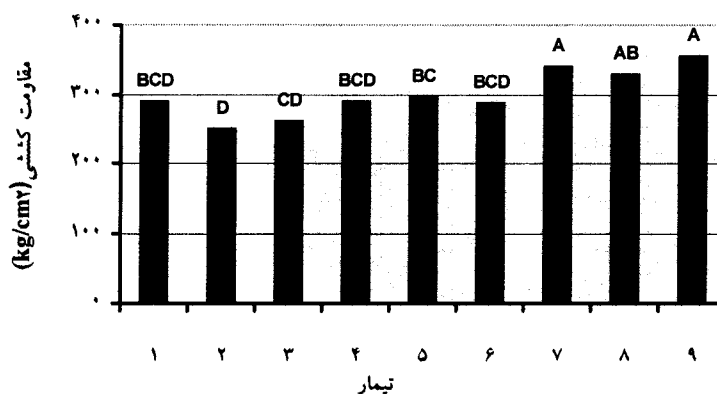
خلاصه‌ای از نتایج آزمایش‌ها در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- میانگین نتایج آزمایش‌ها

| شماره | تیمار | مقاومت کششی (kg/cm ²) | تغییر طول در مرحله شکست (درصد) | مدول الاستیسته (kg/cm ²) | کار در حد تناسب (kg-cm/cm ²) | مقاومت به ضربه فاقدار (kg-cm/cm) | سختی (Shore D) |
|-------|-------|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|----------------|
| ۱ | BF-۱۰ | ۲۹۱/۰ | ۲/۶۷ | ۱۶۰۲۲/۲ | ۱/۷۵۷ | ۰/۲۴۰ | ۶۲/۳۳ |
| ۲ | BF-۲۰ | ۲۵۰/۳ | ۳/۲۶ | ۱۵۸۰۷/۸ | ۱/۴۶۵ | ۰/۲۳۰ | ۶۹/۳۳ |
| ۳ | BF-۲۵ | ۲۶۱/۶ | ۳/۰۰ | ۱۸۵۲۷/۱ | ۱/۳۴۶ | ۰/۲۷۶ | ۷۰/۱۰۰ |
| ۴ | BF-۳۰ | ۲۹۱/۰ | ۲/۹۶ | ۲۲۱۱۷/۹ | ۱/۲۸۷ | ۰/۲۷۳ | ۷۱/۱۷ |
| ۵ | KF-۱۰ | ۲۹۷/۶ | ۴/۲۷ | ۱۶۲۷۰/۹ | ۱/۹۱۰ | ۰/۱۹۶ | ۶۹/۵۳ |
| ۶ | KF-۲۰ | ۲۸۸/۶ | ۳/۶۳ | ۱۸۰۶۱/۰ | ۱/۷۹۶ | ۰/۲۴۶ | ۷۱/۳۳ |
| ۷ | KF-۲۵ | ۳۴۰/۶ | ۴/۳۰ | ۲۱۱۷۴/۴ | ۱/۵۶۷ | ۰/۳۰۰ | ۷۰/۶۷ |
| ۸ | KF-۳۰ | ۳۲۹/۰ | ۳/۷۳ | ۲۴۱۰۲/۴ | ۱/۳۱۸ | ۰/۳۳۳ | ۷۰/۳۳ |
| ۹ | PP | ۳۵۶/۳ | ۱۹/۳۳ | ۱۲۷۷۸/۷ | ۲/۱۹۹ | ۰/۴۸۳ | ۶۲/۰۰ |

باگاس است، به‌طور کلی مشاهده می‌گردد که افزودن الیاف کنف و باگاس باعث کاهش مقاومت کششی در مقایسه با پلی‌پروپیلن خالص می‌گردد. ولی کاهش مقاومت کششی در حالت افزودن ۲۵ و ۳۰ درصد کنف چندان محسوس نمی‌باشد و اختلاف معنی‌داری با پلی‌پروپیلن خالص ندارد.

مقاومت کششی: تجزیه و تحلیل آماری نشان داده است که بین مقادیر مقاومت کششی در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همان‌گونه که شکل (۱) نشان می‌دهد بیشترین مقدار مقاومت کششی مربوط به تیمار ۹ یعنی پلی‌پروپیلن خالص می‌باشد و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار ۲ یعنی ترکیب حاصل از پلی‌پروپیلن و ۲۰ درصد الیاف



شکل ۱- مقادیر مقاومت کششی تیمارهای مختلف و مقایسه آن با پلی‌پروپیلن خالص

متقابل نوع الیاف و درصد الیاف در سطح ۵ درصد بر مقاومت کششی معنی‌دار می‌باشد.

همان‌طور که جدول (۳) نشان می‌دهد، اثر مستقل نوع الیاف و اثر مستقل درصد الیاف در سطح ۱ درصد و اثر

جدول ۳- تجزیه واریانس آثار مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقادیر مقاومت کششی

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | مقدار F | سطح معنی داری |
|----------------|------------|--------------|----------------|---------|---------------|
| نوع الیاف (a) | ۱ | ۹۸۰۱/۰۴۲ | ۹۸۰۱/۰۴۲ | ۳۳/۱ | **۰/۰۰۰ |
| درصد الیاف (b) | ۳ | ۵۳۹۶/۴۵۸ | ۱۷۹۸/۸۱۹ | ۶/۱ | **۰/۰۰۵۸ |
| a×b | ۳ | ۳۹۵۶/۱۲۵ | ۱۳۱۹/۷۰۸ | ۴/۵ | *۰/۰۱۸۵ |
| خطا | ۱۶ | ۴۷۲۱/۳۳۳ | ۲۹۵/۷ | | |
| کل | ۲۳ | ۲۳۸۸۷/۹۵۸ | | | |

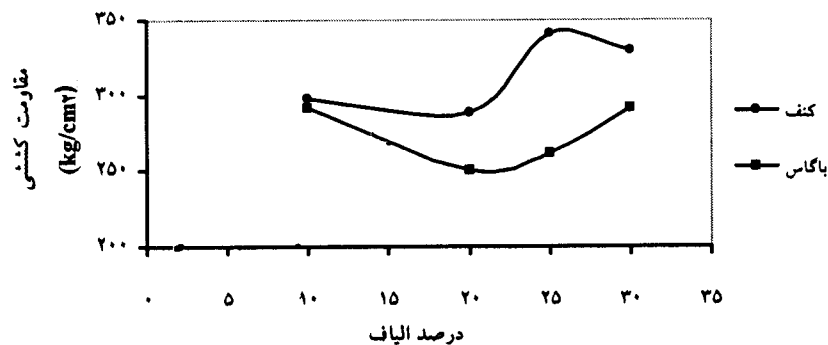
** سطح اعتماد ۹۹ درصد

* سطح اعتماد ۹۵ درصد

جستجو کرد که استفاده از سازگارکننده نیز این حالت را تقویت کرده است، می‌توان انتظار داشت که در صورت عدم استفاده از سازگارکننده افت مقاومت کششی ماده مرکب به مراتب بیشتر خواهد بود، زیرا وجود سازگارکننده، سطح مشترک بین الیاف و پلیمر را افزایش داده و بدین طریق به انتقال بهتر تنش کمک می‌کند (۷). نتایج همچنین حاکی از آن است که می‌توان مقدار الیاف به کار رفته را بدون کاهش قابل ملاحظه در مقاومت کششی افزایش داد و به این طریق از قیمت تمام شده محصول کاست.

شکل (۲) نشان دهنده اثر متقابل دو فاکتور نوع الیاف و درصد الیاف بر روی مقاومت کششی مواد مرکب حاصل می‌باشد، همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد بیشترین مقدار مقاومت کششی مربوط به ماده مرکب حاصل از اختلاط پلی‌پروپیلن با ۲۵ درصد الیاف کنف بوده و کمترین مقدار مقاومت کششی متعلق به ماده مرکب حاصل از اختلاط پلی‌پروپیلن با ۲۰ درصد الیاف باگاس می‌باشد.

الیاف کنف نسبت به الیاف باگاس مقاومت کششی را کمتر کاهش می‌دهند و این تفاوت در سطح ۳۰ درصد الیاف معنی‌دار می‌باشد. علت این امر را باید در انتقال بهتر تنش از ماده زمینه (ماتریس پلیمر) به فیبر در این حالت



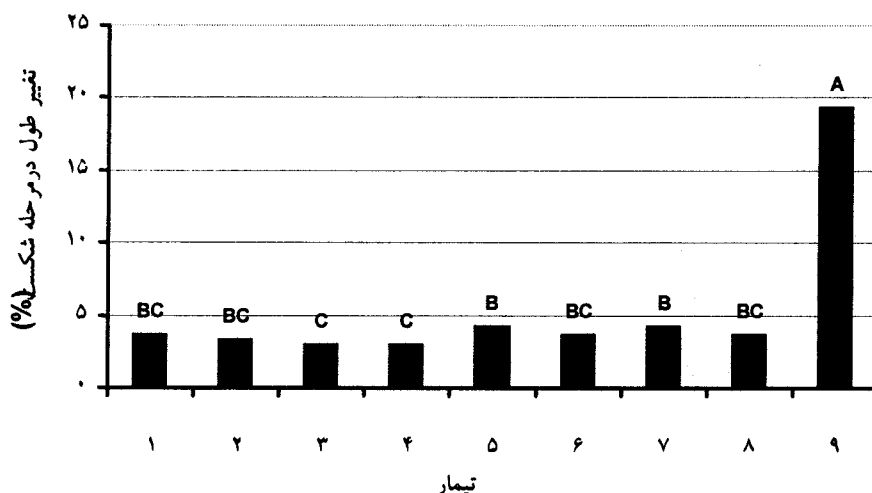
شکل ۲- اثر متقابل نوع الیاف و درصد الیاف بر مقاومت کششی

طول در مرحله شکست تفاوت معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۹ درصد وجود دارد.

-تغییر طول در مرحله شکست: تجزیه و تحلیل آماری نشان داده است که بین میانگین تیمارهای مختلف از نظر تغییر

حاصل از اختلاط پلی‌پروپیلن با ۲۵ درصد الیاف کنف می‌باشد. به‌طور کلی مشاهده می‌گردد که با افزودن الیاف باگاس و کنف به پلی‌پروپیلن مقدار تغییر طول در مرحله شکست آن کاهش می‌یابد.

شکل (۳) حاکی از آن است که بیشترین مقدار تغییر طول در مرحله شکست مربوط به تیمار ۹ یعنی پلی‌پروپیلن خالص می‌باشد. که اختلاف آن با همه تیمارهای دیگر در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. کمترین مقدار تغییر طول در مرحله شکست متعلق به تیمار ۴ یعنی ماده مرکب



شکل ۳- مقادیر تغییر طول در مرحله شکست تیمارهای مختلف و مقایسه آن با پلی‌پروپیلن خالص

و اثر متقابل نوع الیاف و درصد الیاف بر روی تغییر طول در مرحله شکست معنی‌دار نمی‌باشد.

همان‌گونه که در جدول (۴) مشاهده می‌گردد. اثر مستقل نوع الیاف بر تغییر طول در مرحله شکست در سطح ۱ درصد معنی‌دار است ولی اثر مستقل درصد الیاف

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقادیر تغییر طول در مرحله شکست

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | مقدار F | سطح معنی‌داری |
|----------------|------------|--------------|----------------|---------|---------------|
| نوع الیاف (a) | ۱ | ۳/۲۲۷ | ۳/۲۲۷ | ۱/۹۲۵۹۷ | **۰/۰۰۰۶ |
| درصد الیاف (b) | ۳ | ۱/۲۵۰ | ۰/۴۱۷ | ۲/۳۱۴۸ | ۰/۱۱۴۷ |
| a×b | ۳ | ۰/۸۳۷ | ۰/۲۷۹ | ۱/۵۴۹۴ | ۰/۲۴۰۴ |
| خطا | ۱۶ | ۲/۸۸۰ | ۰/۱۸ | | |
| کل | ۲۳ | ۸/۲۹۳ | | | |

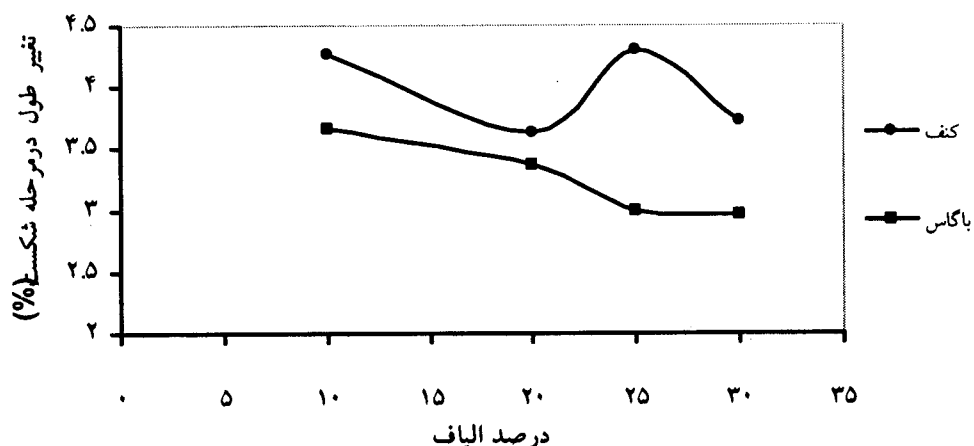
** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد

شکست مربوط به ماده مرکب حاصل از اختلاط پلی‌پروپیلن با ۲۵ درصد الیاف کنف می‌باشد و کمترین مقدار آن متعلق به ماده مرکب حاصل از اختلاط

شکل (۴) نشان‌دهنده اثر متقابل دو فاکتور نوع الیاف و درصد الیاف بر روی تغییر طول در مرحله شکست مواد مرکب می‌باشد. بیشترین مقدار تغییر طول در مرحله

ایجاد شده حاصل، تغییر طول در مرحله شکست را در ترکیب‌های حاوی الیاف به شدت کاهش می‌دهد. لذا طبیعی است که مواد مرکب دارای الیاف، برخلاف پلی‌پروپیلن خالص، نقطه تسلیم نداشته و مستقیماً نقطه شکست داشته باشند. که این امر در سازه‌هایی که شکست باید در آنها قابل رویت باشد، ایجاد مشکل خواهد کرد (۲).

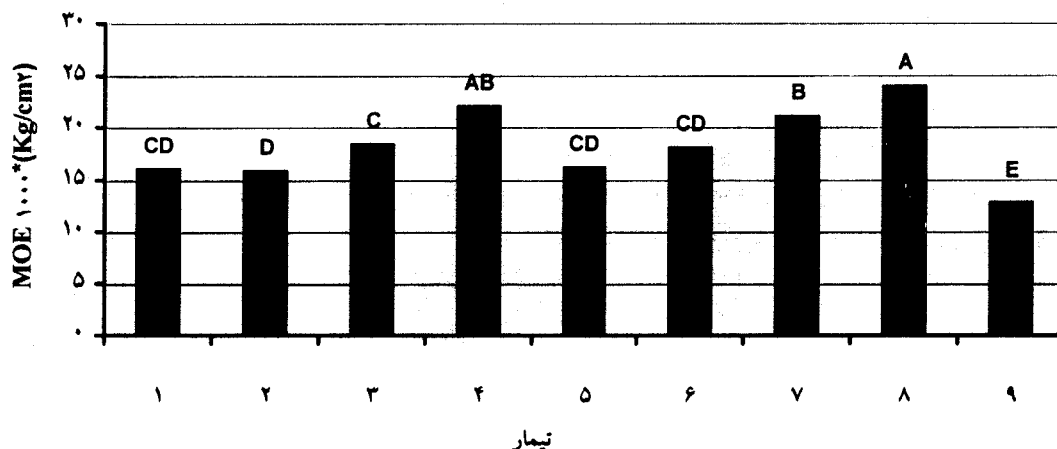
پلی‌پروپیلن با ۳۰ درصد الیاف باگاس می‌باشد. ملاحظه می‌گردد که با افزودن الیاف باگاس و کنف به پلی‌پروپیلن، کاهش شدیدی در مقادیر تغییر طول در مرحله شکست، یا ازدیاد طولی مواد مرکب حاصل می‌گردد که ناشی از تبدیل ماده پلاستیک (دارای تغییر طول زیاد در مرحله شکست) به ماده الاستیک (دارای تغییر طول کم در مرحله شکست) می‌باشد. افزودن الیاف کنف و باگاس مانع از ازدیاد طول زیاد ترکیب تحت کشش شده و مقاومت



شکل ۴- اثر متقابل نوع الیاف و درصد الیاف بر تغییر طول در مرحله شکست

به تیمار ۹ یعنی پلی‌پروپیلن خالص می‌باشد. ملاحظه می‌گردد که با افزودن الیاف کنف و باگاس به پلی‌پروپیلن خالص مدول الاستیسیته در تمام تیمارها سیر صعودی دارد و مقدار آن در تیمار ۸ (۳۰ درصد کنف) تقریباً به دو برابر مدول الاستیسیته پلی‌پروپیلن خالص می‌رسد.

مدول الاستیسیته: تجزیه و تحلیل آماری نشان داده است که بین مقادیر مدول الاستیسیته در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد وجود دارد. باتوجه به شکل (۵) بیشترین مقدار مدول الاستیسیته متعلق به تیمار ۸ یعنی ماده مرکب حاصل از اختلاط پلی‌پروپیلن با ۳۰ درصد الیاف کنف و کمترین آن مربوط



شکل ۵- مقادیر مدول الاستیسیته تیمارهای مختلف و مقایسه آن با پلی پروپیلن خالص

همان گونه که جدول (۵) نشان می دهد اثر مستقل نوع الیاف و اثر مستقل درصد الیاف بر مقادیر مدول

الاستیسیته در سطح ا درصد معنی دار می باشد.

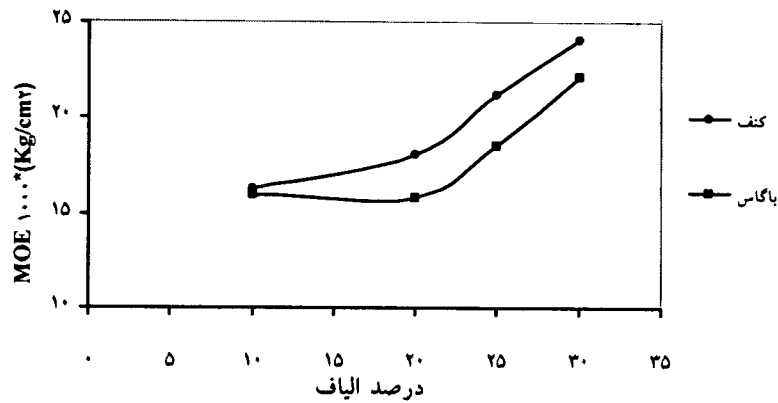
جدول ۵- تجزیه واریانس آثار مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقادیر مدول الاستیسیته ماده مرکب

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | مقدار F | سطح معنی داری |
|----------------|------------|--------------|----------------|---------|---------------|
| نوع الیاف (a) | ۱ | ۱۹۰۸۵۱۶۵/۵ | ۱۹۰۸۵۱۶۵/۵ | ۱۷/۹ | **./۰۰۰ |
| درصد الیاف (b) | ۳ | ۱۸۰۱۵۵۷۸۳/۵ | ۶۰۰۵۱۹۲۷/۸ | ۵۶/۵ | **./۰۰۰ |
| a×b | ۳ | ۵۰۴۵۲۹۹/۲ | ۱۶۸۱۷۶۶/۴ | ۱/۵۸ | ۰/۲۳۲۶ |
| خطا | ۱۶ | ۱۷۰۰۰۴۵۳/۹ | ۱۰۶۲/۵ | | |
| کل | ۲۳ | ۲۲۱۲۸۶۷۰۲/۲ | | | |

** معنی دار در سطح ۹۹ درصد

تاثیر مدول اجزای تشکیل دهنده آن قرار دارد. از آنجایی که الیاف کنف و باگاس دارای مدول نسبتاً بالایی می باشند طبیعتاً مقدار مدول الاستیسیته ماده مرکب را بهبود می بخشند. بالا رفتن مدول الاستیسیته معرف کمتر شدن تغییر شکل ماده مرکب تحت بار است که در سازه های مهندسی که باید بار زیادی را بدون تغییر شکل تحمل کنند عامل مثبتی به شمار می آید. اثر الیاف کنف و باگاس در افزایش مدول در حالتی که مدول الاستیسیته پلیمر خالص پایین تر باشد، بیشتر قابل توجه است.

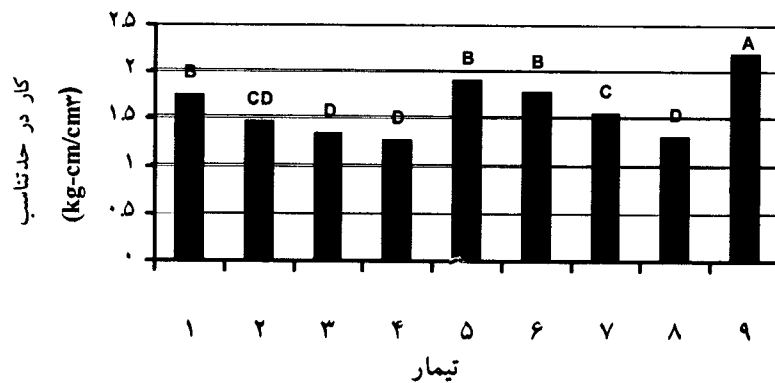
شکل (۶) اثر متقابل دو فاکتور نوع الیاف و درصد الیاف را بر روی مقادیر مدول الاستیسیته نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می گردد بیشترین مقدار مدول الاستیسیته مربوط به ماده مرکبی است که از اختلاط پلی پروپیلن با ۳۰ درصد الیاف کنف حاصل شده است. اختلاف بین این تیمار با سایر تیمارها معنی دار می باشد. کمترین مقدار مدول الاستیسیته متعلق به ماده مرکب حاصل از اختلاط پلی پروپیلن با ۲۰ درصد الیاف باگاس می باشد. مدول الاستیسیته ماده مرکب به شدت تحت



شکل ۶- اثر متقابل درصد الیاف و نوع الیاف بر روی مقادیر مدول الاستیسیته ماده مرکب

درصد الیاف باگاس دیده می‌شود. ملاحظه می‌گردد که اختلاف بین میانگین کار در حد تناسب پلی‌پروپیلین خالص با سایر تیمارها کاملاً معنی‌دار می‌باشد و با اضافه کردن الیاف باگاس و کف مقدار کار در حد تناسب ماده مرکب کاهش می‌یابد که این مسئله باز به افزایش مدول الاستیسیته ماده مرکب حاصل در اثر حضور الیاف، برمی‌گردد.

کار در حد تناسب: تحلیل آماری نشان داده است که بین مقادیر کار در حد تناسب در تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، بالاترین مقدار کار در حد تناسب به ازای واحد حجم نمونه در تیمار ۹ یعنی پلی‌پروپیلین خالص وجود دارد و کمترین مقدار آن در تیمار ۴ یعنی ترکیب پلی‌پروپیلین با ۳۰



شکل ۷- مقادیر کار در حد تناسب تیمارهای مختلف و مقایسه آن با پلی‌پروپیلین خالص

مقادیر کار در حد تناسب در سطح ۵ درصد معنی دار است.

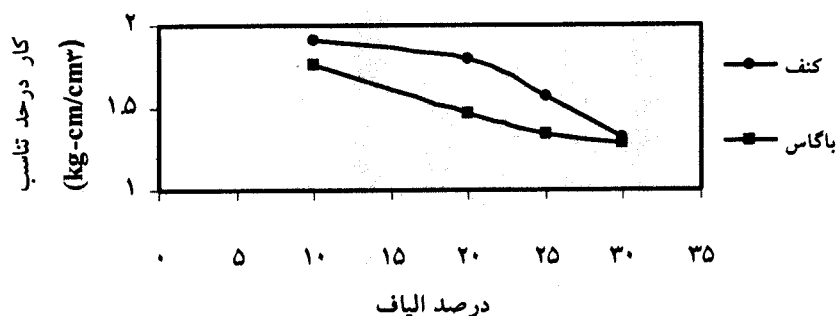
جدول (۶) حاکی از آن است که اثر مستقل نوع الیاف و اثر مستقل درصد الیاف بر روی مقادیر کار در حد تناسب در سطح ۱ درصد و اثر متقابل نوع الیاف و درصد الیاف بر

جدول ۶- تجزیه واریانس اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقادیر کار در حد تناسب

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | مقدار F | سطح معنی داری |
|----------------|------------|--------------|----------------|---------|---------------|
| نوع الیاف (a) | ۱ | ۰/۲۰۳ | ۰/۲۰۳ | ۲۶/۴۹ | **./۰۰۰ |
| درصد الیاف (b) | ۳ | ۰/۹۴۱ | ۰/۳۱۴ | ۴۰/۵۶ | **./۰۰۰ |
| a×b | ۳ | ۰/۰۷۱ | ۰/۰۲۴ | ۴/۲۵ | *./۰۲۱۷ |
| خطا | ۱۶ | ۰/۰۸۹ | ۰/۰۰۵۵۶ | | |
| کل | ۲۳ | ۱/۳۰۴ | | | |

می‌آید. از آنجا که در مورد مواد مرکب حاصل از اختلاط پلی‌پروپیلن با الیاف کنف و باگاس شیب منحنی نیرو-تغییر مکان زیاد است (مدول الاستیسیته بالاتر)، بنابراین مقدار تغییر شکل یافته و در نتیجه مقدار کار انجام شده در ناحیه الاستیک رفتار مکانیکی ماده کاهش می‌یابد. کاسته شدن از سطح زیر منحنی نیرو-مکان حکایت از کاهش خمش و نیاز به استفاده از الاستومرها در ساختمان ماده مرکب دارد (۲).

شکل (۸) نشان‌دهنده اثر متقابل دو فاکتور نوع الیاف و درصد الیاف بر روی مقادیر کار در حد تناسب می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌گردد بیشترین مقدار کار در حد تناسب بین مواد مرکب متعلق به ماده مرکبی است که از پلی‌پروپیلن با ۱۰ درصد الیاف کنف حاصل شده است و کمترین مقدار آن مربوط به ماده مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن با ۳۰ درصد الیاف باگاس می‌باشد. کار در حد تناسب معرف جذب انرژی توسط ماده در حین آزمون می‌باشد که از حاصل ضرب نیرو در تغییر مکان به دست

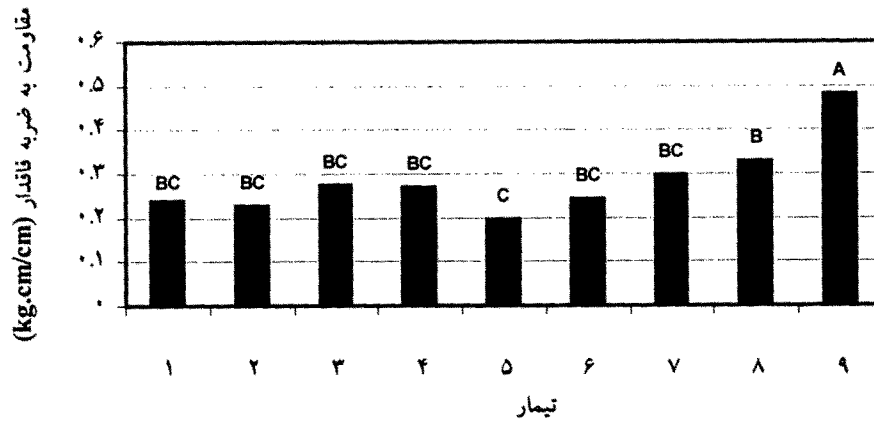


شکل ۸- اثر متقابل درصد الیاف و نوع الیاف بر روی مقادیر کار در حد تناسب

به ضربه فاقدار مربوط به تیمار ۵ یعنی ماده مرکب حاصل از اختلاط پلی پروپیلن با ۱۰ درصد الیاف کنف می باشد. ملاحظه می گردد که با افزودن الیاف کنف و باگاس به پلی پروپیلن مقاومت به ضربه فاقدار ماده مرکب حاصل کاهش می یابد که این امر می تواند ناشی از ترد و شکننده بودن این الیاف در مقایسه با پلی پروپیلن خالص باشد.

مقاومت به ضربه فاقدار: تجزیه و تحلیل آماری نشان داده است که بین میانگین تیمارهای مختلف از نظر مقاومت به ضربه فاقدار در سطح اعتماد ۹۹ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد.

شکل (۹) حاکی از آن است که بیشترین مقدار مقاومت به ضربه فاقدار در بین تیمارها متعلق به تیمار ۹ یعنی پلی پروپیلن خالص می باشد و اختلاف بین این تیمار با سایر تیمارها کاملا معنی دار است. کمترین مقدار مقاومت



شکل ۹- مقادیر مقاومت به ضربه فاقدار تیمارهای مختلف و مقایسه آن با پلی پروپیلن خالص

و درصد الیاف بر روی مقاومت به ضربه فاقدار معنی دار نمی باشد.

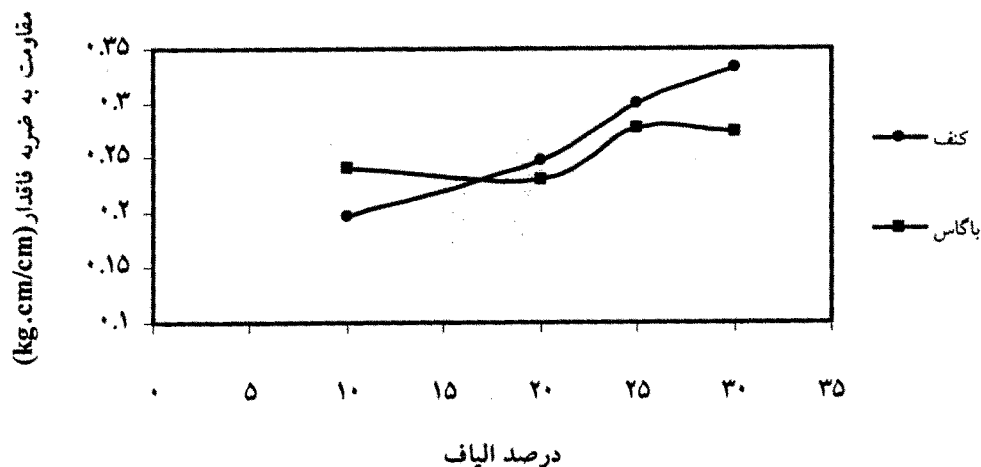
جدول (۷) نشان می دهد که اثر مستقل درصد الیاف بر روی مقاومت به ضربه فاقدار در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد ولی اثر مستقل نوع الیاف و اثر متقابل نوع الیاف

جدول ۷- تجزیه واریانس آثار مستقل و متقابل عوامل متغیر بر روی مقاومت به ضربه فاقدار

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | مقدار F | سطح معنی داری |
|----------------|------------|--------------|----------------|---------|---------------|
| نوع الیاف (a) | ۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۱/۱۶۵ | ۰/۲۹۶۴ |
| درصد الیاف (b) | ۲ | ۰/۰۲۹ | ۰/۰۱۰ | ۹/۴۲۲ | **۰/۰۰۰۸ |
| a×b | ۲ | ۰/۰۰۸ | ۰/۰۰۳ | ۲/۶۵۹ | ۰/۰۸۲۴ |
| خطا | ۱۶ | ۰/۰۱۷ | ۰/۰۰۱ | | |
| کل | ۲۲ | ۰/۵۵ | | | |

افزودن این الیاف سبب ترد و شکننده شدن ترکیب حاصل می‌شود و در نتیجه مقاومت به ضربه کاهش می‌یابد. مقاومت به ضربه فاقدار معرف حساس بودن نمونه به توسعه شکست است، نتایج حاصله نشان می‌دهند که اثر افزایش مقدار الیاف به کاررفته در ترکیب، بر مقاومت به ضربه فاقدار آنچنان نیست که مانع از کاربرد محصول در کاربردهای مشابه که در آنها مقاومت به توسعه شکست اهمیت دارد شود.

شکل (۱۰) نشان‌دهنده اثر متقابل دو فاکتور درصد الیاف و نوع الیاف بر روی مقاومت به ضربه فاقدار می‌باشد. ملاحظه می‌گردد که بیشترین مقدار مقاومت به ضربه فاقدار مربوط به ماده مرکبی است که دارای ۳۰ درصد الیاف کنف می‌باشد و کمترین مقدار متعلق به ماده مرکبی است که دارای ۱۰ درصد الیاف کنف می‌باشد. به طور کلی با افزودن الیاف باگاس و کنف و مقاومت به ضربه فاقدار مواد مرکب حاصل نسبت به پلیمر خالص کاهش نشان می‌دهد. می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که

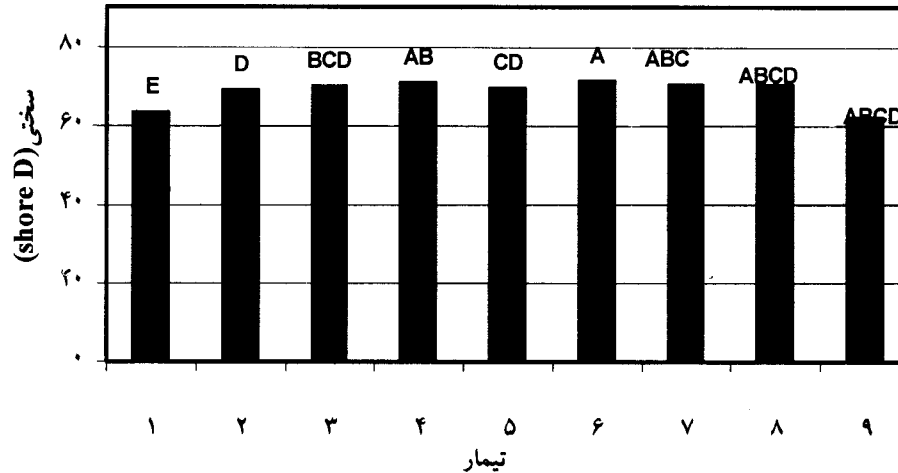


شکل ۱۰- اثر متقابل درصد الیاف و نوع الیاف بر مقادیر مقاومت به ضربه فاقدار

پلی‌پروپیلن خالص می‌باشد که اختلاف آن با سایر تیمارها مشهود است. مشاهده می‌گردد که با افزودن الیاف باگاس و کنف به پلی‌پروپیلن، سختی ماده مرکب حاصل افزایش می‌یابد. ولی این افزایش معنی‌دار نمی‌باشد. افزایش سختی مواد مرکب حاصل از اختلاط الیاف با پلی‌پروپیلن به‌خاطر حضور الیاف در ساختمان آنهاست، چون سختی الیاف نسبت به پلی‌پروپیلن خالص بیشتر می‌باشد (۳).

سختی: تجزیه و تحلیل آماری نشان داده است که بین مقادیر سختی در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار وجود ندارد.

همان‌گونه که شکل (۱۱) نشان می‌دهد، بیشترین مقدار سختی متعلق به تیمار ۶ یعنی ماده مرکب حاصل از اختلاط پلی‌پروپیلن با ۲۰ درصد الیاف کنف می‌باشد و کمترین مقدار سختی مربوط به تیمار (۹) یعنی



شکل ۱۱-مقادیر سختی تیمارهای مختلف و مقایسه آن با پلی پروپیلن خالص

الیاف بر مقادیر سختی مواد مرکب در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد.

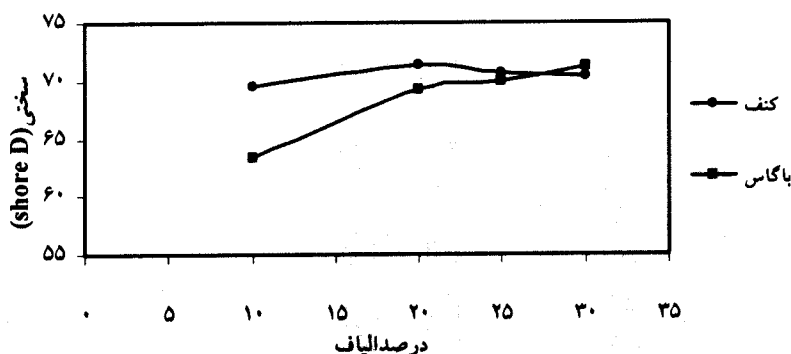
جدول (۸) حاکی از آن است که اثر مستقل نوع الیاف و اثر مستقل درصد الیاف و اثر متقابل نوع الیاف و درصد

جدول ۸- تجزیه واریانس اثرات مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقادیر سختی

| منبع تغییرات | درجه آزادی | مجموع مربعات | میانگین مربعات | مقدار F | سطح معنی داری |
|----------------|------------|--------------|----------------|---------|---------------|
| نوع الیاف (a) | ۱ | ۲۴/۲۰ | ۲۴/۲۰ | ۹۶/۶۴ | **./۰۰۰ |
| درصد الیاف (b) | ۲ | ۷۴/۱۰ | ۲۴/۷۰ | ۹۸/۶۳ | **./۰۰۰ |
| a×b | ۲ | ۴۱/۱۶ | ۱۳/۷۲ | ۵۴/۷۹ | **./۰۰۰ |
| خطا | ۱۶ | ۴/۰۰ | ۰/۲۵ | | |
| کل | ۲۲ | ۱۴۲/۴۷ | | | |

مربوط به ماده مرکبی است که دارای ۲۰ درصد الیاف کف می باشد و کمترین آن متعلق به ماده مرکبی است که دارای ۱۰ درصد الیاف باگاس می باشد.

شکل (۱۲) نشان دهنده اثر متقابل دو فاکتور نوع الیاف و درصد الیاف بر روی مقادیر سختی مواد مرکب می باشد همان گونه که مشاهده می گردد، بیشترین مقدار سختی



شکل ۱۲- اثر متقابل درصد الیاف و نوع الیاف بر مقادیر سختی

زمینه پلی پروپیلن ماده‌ای مناسب می‌باشند. نتایج آزمون‌ها حاکی از آن است که بعضی از خواص ماده مرکب حاصل مانند، مقاومت کششی، تغییر طول در مرحله شکست و مقاومت به ضربه با افزودن الیاف کنف و باگاس کاهش می‌یابند ولی مدول الاستیسیته و سختی فرآورده حاصل بهبود می‌یابند. از آنجایی که تقریباً کلیه خواص یک ماده با یکدیگر در ارتباط هستند، نمی‌توان ترکیبی را معرفی کرد که از نظر کلیه خواص بهترین باشد. آنچه که واضح است، آن است که به علت افزایش بعضی از خواص با افزایش حجم الیاف و از طرفی کاهش نامحسوس خواص دیگر بر اثر افزایش مقدار پرکننده و نیز به صرفه بودن استفاده بیشتر از الیاف پرکننده به جهت هزینه کمتر آنها ترکیب‌هایی که دارای ۳۰ درصد الیاف هستند، توصیه می‌شوند. الیاف کنف در مقایسه با الیاف باگاس خواص بهتری را در ماده مرکب حاصل موجب می‌شوند ولی این اختلاف چشمگیر نمی‌باشد و از آنجایی که فراورش و آماده‌سازی الیاف باگاس راحت‌تر بوده و به‌علت دانسیته حجمی بالاتر، پخش و پراکنش این الیاف در ماده زمینه راحت‌تر صورت می‌گیرد و در فرآورده به‌دست آمده نقاط تجمع الیاف و نایکنواختی کمتر دیده می‌شود، استفاده از

از آنجایی که سختی الیاف کنف و باگاس بیشتر از پلی پروپیلن خالص می‌باشد، انتظار می‌رود که با افزودن این الیاف به پلیمر خالص، سختی ماده مرکب حاصل افزایش یابد که نتایج آزمون‌های سختی موید این موضوع می‌باشند. بالا رفتن مقدار سختی ترکیبات حاوی الیاف کنف و باگاس علاوه بر نشان دادن قابلیت افزودن سختی الیاف، نشان‌دهنده پخش مناسب الیاف در مخلوط می‌باشد. معنی‌دار نبودن اختلاف میانگین‌های مقادیر سختی در تیمارهای مختلف، می‌تواند ناشی از پخش نامناسب الیاف در پلی پروپیلن و رانده شدن الیاف به قسمت‌های داخلی صفحه پرس، باشد که منجر به افزایش کمی در مقدار سختی می‌شود. با توجه به بالا رفتن مقدار سختی در اثر افزایش درصد الیاف، می‌توان نتیجه گرفت که در درصد‌های بالا، ماده مرکب در کاربردهایی که سختی اهمیت دارد و می‌تواند کاربرد بهتری نسبت به پلی پروپیلن خالص داشته باشد (۲).

بحث و نتیجه‌گیری

با بررسی مقدار کارایی محصولات ساخته شده، به‌وسیله آزمون‌های مکانیکی می‌توان نتیجه گرفت که مصرف الیاف کنف و باگاس به‌عنوان فاز پرکننده و تقویت‌کننده در ماده

الیاف باگاس با نسبت ۳۰ درصد در ساخت فرآورده‌های مرکب الیاف-پلی‌پروپیلن توصیه می‌شود.

منابع

- ۱- کبریان، ماسیس، ۱۳۸۰. کامپوزیت‌ها، جزوه درسی دانشکده مهندسی پلیمر، دانشگاه امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)
- ۲- تجویدی، مهدی و قنبر ابراهیمی، ۱۳۷۷. بررسی امکان استفاده از الیاف سلولز، چوب و کاغذ در ساخت چندسازه‌های الیاف-پلی‌پروپیلن، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۱، (۲)، ص ۳۵-۴۵.
- 3-Chow, P. et al., 1999. Mechanical Holding Power of Melt-Blend Boards Made From Recycled Plastic and Kenaf, Fifth International Conference on Wood Fiber-Plastic Composites, May26-27, 1999. Madison, Wisconsin.
- 4-English, Brent et al, 1996. Waste-Wood-Derived Fillers for Plastics, Gen. Tech. Rep. FPL. GTR-91. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 15p. Madison, WI:US.
- 5-English, Brent et al, 1996. Wood and Mineral Fillers for Injection Molding Grade Polypropylene, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- 6-Maldas, D. and B. V. Kokta, 1993. Current Trends in the Utilization of Cellulosic Materials in the Polymer Industry, Trends in Polymer Science, 1.(6), 174-178.
- 7-Sanadi. A. R. et al, 1999. Thermal and Mechanical Analysis of Lignocellulosic Polypropylene Composites, Fifth International Conference on Wood Fiber-Plastic Composites, May26-27, 1999. Madison, Wisconsin.

A Study of the Feasibility of the Use of Lignocellulosic, Bagasse and Kenaf Fibers in the Manufacture of Fiber-Polypropylene Composites

A.N.Karimi¹M. Roohani²D. Parsapajouh³Gh. Ebrahimi⁴

Abstract

In order to study the feasibility of the use of Lignocellulosic fibers in the manufacture of fiber-polymer composites, two types of these materials namely, kenaf and bagasse were mixed with polypropylene at 10, 20, 25 and 30 percent by weight. 2% MAPP was used as the compatibilizer and 1% DCP was used as the promoting interfacial agent. The results indicated that tensile strength, elongation at break and impact energy application declined whereas tensile modulus and hardness increased as compared with pure polypropylene. From the two filler types, kenaf fibers had better improved properties of composite materials. But this difference was not significant. Due to processing convenience and good dispersion in the polymer matrix of bagasse fibers, use of this material is recommended. Regarding a lack of significant difference in the reduction of properties due to an increase in filler content from 10% to 30% and the increase in tensile modulus as well as hardness, a 30% fiber content is recommended for application purposes.

Keywords: Composite, Polypropylene, Compatibilizer, Promoting interfacial agent, Lignocellulosic fibers, Kenaf, Bagasse.

¹ -Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran (E-mail: Karimi@nrf.ut.ac.ir)

² - Ph.D. Student, Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

³ -Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

⁴ - Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran