بررسی ساخت فراورده مرکب الیاف سلولزی-پلیمر با استفاده از پلی‌استایرن بازیافتی و کاغذ روزنامه باطله[1]

علیرضا شاکری[2] لیزا سیلانی[3] اصغرامیدوار[4]

چکیده

به‌علت تولید روزافزون مواد پلیمری زیست تخریب‌ناپذیر و حجم عمده پلاستیک و کاغذ در ضایعات شهری، بازیافت این مواد مورد توجه است. در این تحقیق استفاده از الیاف بازیافتی کاغذ روزنامه و پلی‌استایرن(PS)[5] حاصل از بازیافت مواد زائد شهری، جهت ساخت فراورده مرکب مورد مطالعه قرارگرفت. برای تهیه فراورده مرکب الیاف سلولزی پلیمر، الیاف کاغذ روزنامه باطله در سه سطح ۱۰ و ۲۰ و ۳۰درصد وزنی با پلی‌استایرن بازیافتی مخلوط شد. به‌منظور سازگارکردن پلی‌استایرن با الیاف روزنامه از مالئیک انیدرید (MA)[6] به‌عنوان جفت‌کننده[7] در چهار سطح ۰ و ۱ و ۲ و ۳ درصد وزنی استفاده شد. خواص مکانیکی فراورده مرکب مورد مطالعه قرارگرفت. نتایج آزمون خواص مکانیکی نشان می‌دهد که بین سطوح مختلف درصد الیاف کاغذ روزنامه تفاوت معنی‌داری در استحکام کششی فراورده وجود ندارد، ولی در حضور جفت‌کننده مالئیک انیدرید این تفاوت معنی‌دار است و نسبت به پلی‌استایرن خالص استحکام کششی افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش مقدار الیاف روزنامه،مدول کششی (الاستیسیته) فراورده مرکب افزایش پیدا می‌کند. فراورده مرکب حاوی ۲۰درصد الیاف روزنامه و ۲درصد جفت‌کننده از استحکام ضربه شکافدار[8] بالاتری نسبت به سایر فراورده‌های مرکب برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: کاغذروزنامه بازیافتی، پلی‌استایرن، فراورده مرکب، جفت‌کننده، مالئیک انیدرید و بازیافت.

---

[1]-تایخ دریافت:۸۰/۱۱/۱۰ ، تاریخ تصویب نهایی: ۸۱/۶/۱۱

[2]- دانشجوی دکتری صنایع پلیمر و عضو هیات علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (E-mail:a_shakeri 2004@yahoo.ca)

[3]- دانشجوی دکتری علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[4]- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

[5] - Poly Styrene
[6] - Maleic anhydride
[7] - Coupling agent
[8] -Notch

مقدمه

دو جزء عمده مواد جامد زائد شهری کاغذ و پلاستیک است. به‌علت پایداری پلاستیک‌ها در محیط، بازیافت و استفاده بهینه از آنها چه از لحاظ مسائل زیست‌محیطی و چه از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد.

تلاش سال‌های اخیر محققان در کاهش زیان‌های زیست‌محیطی پلاستیک‌ها، تولید مواد جدید از بازیافت این مواد است. مطالعات زیادی در مورد مخلوط کردن[۱] پلاستیک‌های زائد شهری انجام شده است. از آنجایی‌که بین اجزای تشکیل‌دهنده سازگاری و چسبندگی کمی در سطح تماس وجود دارد، محصولات به‌دست آمده خواص مکانیکی ضعیفی دارند (۱) (داوید و همکاران[۲]، ۱۹۹۲).

بعد از مواد زائد فسادپذیر و قابل کمپوست[۳]، کاغذ دومین جزء باارزش و قابل بازیافت است. یک رهیافت برای استفاده بهینه از کاغذ باطله علاوه بر تهیه خمیر کاغذ جهت تولید مجدد کاغذ، استفاده از این ماده به‌عنوان الیاف تقویت‌کننده درپلاستیک‌هاست.

طی دو دهه اخیر استفاده از الیاف لیگنوسلولزی مثل الیاف چوب، باگاس، نارگیل، کاه و سایر الیاف با منشا طبیعی برای تقویت پلاستیک‌ها مورد توجه بسیاری از محققان قرارگرفته است. مزایای عمده این الیاف به‌عنوان پرکننده و تقویت‌کننده در پلاستیک‌ها عبارت است از: چگالی کم، عدم سایش ماشین‌آلات، سهولت فراورش، ارزان بودن و قابلیت تخریب بیولوژیکی (وودهمز و همکاران[۴]، ۱۹۹۱).

از عوامل موثر بر خواص پلاستیک‌های تقویت‌شده علاوه بر نوع پلاستیک و الیاف، چگونگی اتصال الیاف و پلیمر است. هرچه اتصال بین فاز الیاف تقویت‌کننده و فاز زمینه پلیمر بهتر باشد، فراورده مرکب از خواص بهتری برخوردار خواهد بود. از این‌رو از مواد جفت‌کننده به عنوان اتصال‌دهنده دو فاز استفاده می‌شود. این مواد به‌صورت یک پل رابط سبب چسبندگی دو فاز مذکور می‌گردند و در نتیجه تنش از فاز زمینه به فاز تقویت‌کننده به‌راحتی منتقل می‌شود (یاوری، ۱۳۷۰).

مالداس و کوکتا[۵] (۱۹۹۱) تاثیر مالئیک انیدرید را بر روی فراورده مرکب حاصل از پلی‌استایرن و الیاف چوب مورد بررسی قرار دادند و مشخص کردند که وجود مالئیک انیدرید به عنوان عامل جفت‌کننده سبب بهبود خواص مکانیکی فراورده مرکب می‌گردد(۶).

از آنجایی‌که الیاف طبیعی قطبی و اکثر ترموپلاستیک‌ها، غیر قطبی‌اند، مالئیک انیدرید از طریق ایجاد پیوند[۶] با ترموپلاستیک‌ها و دارا بودن گروه‌های قطبی، موجب پیوندهای فیزیکی و شیمیایی با الیاف طبیعی می‌شود که این امر سبب سازگاری دو جزء خواهد شد.

هان و سین[۷] (۱۹۹۲) فراورده مرکب شامل الیاف بازیافتی کاغذ روزنامه و پلی‌استایرن را تهیه کردند. در این تحقیق شرایط فراورش مانند دمای اختلاط، زمان اختلاط، سرعت چرخش مخلوط‌کن و اثر درصد الیاف بر روی وزن مولکولی پلی‌استایرن و انرژی فراورش مورد بررسی قرارگرفت.

ابراهیمی و صفارزاده (۱۳۷۹) فراورده مرکب حاصل از پلی‌اتیلن سنگین و الیاف کاغذ باطله،

---

۱ -Blending
۲ -David et al.
۳ -Compost
۴ -Woodhames
۵ -Maldas & Kokta
۶ -Han & Sean
۷ -Graftting

آلفاسلولز و الیاف خام چوب را در چهار سطح وزنی مورد بررسی قرار داده و مقدار ۳۰درصد الیاف کاغذ روزنامه همراه با ۲درصد وزنی انیدرید را در ساخت فراورده الیاف-پلی‌اتیلن سنگین توصیه کردند (۵).

امیدوار و ثابت رفتار (۱۳۷۹) فراورده مرکب پلی‌استر با الیاف بازیافتی کاغذ روزنامه را تهیه و مشخص کردند که افزودن ۱۵درصد الیاف بازیافتی سبب تقویت خواص مکانیکی فراورده مرکب حاصله می‌شود. آنها استفاده از جفت‌کننده سیلانی را برای بهبود خواص مکانیکی فراورده مرکب توصیه کردند (۲).

محراب‌زاده و فرهمند (۱۳۸۰) با استفاده از مخلوط پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن بازیافتی و کاغذ روزنامه، فراورده مرکب تهیه کردند و به این نتیجه رسیدند که مخلوط ۴۸درصد پلی‌پروپیلن، ۱۲درصد پلی‌اتیلن و ۴۰درصد الیاف کاغذ روزنامه بهترین استحکام و مدول کششی را دارد و از الاستومر اتیلن –پروپیلن دی‌ان مونومر[1] **(EPDM)** جهت اصلاح مقاومت به ضربه فراورده استفاده کردند (۷).

هدف از انجام این تحقیق، تعیین شرایط بهینه در ساخت فراورده مرکب الیاف کاغذ روزنامه-پلی‌استایرن از مواد زائد شهری است. همچنین خواص مکانیکی این فراورده‌ها مورد بررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

مواد

گرانول پلی‌استایرن از محصولات مجتمع پتروشیمی تبریز با کد ۱۵۴۰ با MFI=11gr/10mim بود.

الیاف کاغذ روزنامه‌های کیهان و اطلاعات، مالئیک انیدرید **(MA)** و دی کومیل پراکسید[2] **(DCP)** از شرکت هرکولس با خلوص ۹۸درصد و نام تجاری **Di-cup** بود.

فرایند تهیه پلیمر

به‌منظور رسیدن کیفیت پلی‌استایرن به پلاستیک بازیافت‌شده (ظروف یک‌بار مصرف) گرانول پلی‌استایرن دو بار از دستگاه اکسترودر عبور داده شد.

فرایند تهیه الیاف

۱۵۰۰ گرم کاغذ روزنامه در ۳۰ لیتر آب به‌مدت سه روز غوطه‌ور گردید. جداسازی الیاف کاغذ مذکور، در دو مرحله انجام شد. مرحله اول، شامل هم‌زدن کاغذ با همزن بزرگ کارگاهی همراه با مقدار زیادی آب به مدت ۱۰ دقیقه بود. در مرحله بعد جداسازی الیاف با همزن آزمایشگاهی انجام شد. الیاف از صافی عبور داده شد، تا در حد امکان آب از الیاف خارج شود. سپس الیاف به مدت ۴۸ ساعت در آون حرارتی کاملا خشک شده با آسیاب آزمایشگاهی آسیاب و از الک مش ۴۰ عبور داده شد.

فرایند تهیه فراورده مرکب

اختلاط مواد در دستگاه مخلوط‌کن داخلی مدل Hakke SIS90 در ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۴۵ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. نخست پلی‌استایرن اضافه گردید و بعد از اطمینان از ذوب شدن به ترتیب DCP و MA اضافه شد. پس از ثابت شدن گشتاور دستگاه و انجام شدن عمل پیوند MA بر روی پلی‌استایرن، الیاف کاغذ به مخلوط‌کن اضافه شد. به‌منظور بررسی مقدار الیاف کاغذ روزنامه و جفت‌کننده مالئیک انیدرید برخواص مکانیکی فرآورده، ۱۳ تیمار به‌شرح جدول ۱ تهیه شد. در تمام تیمارها

[1] -Ethylene-propylene-diene copolymer

[2] - Dicumylperoxide

به مقدار ۰/۲درصد وزنی پلیمر، دی‌کومیل پراکسید به عنوان شروع‌کننده اضافه گردید.

ساخت نمونه‌های آزمونی

به‌منظور تهیه نمونه‌های آزمونی آزمون‌های کششی و ضربه، از دستگاه قالبگیری تزریقی در دمای ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. برای هر آزمون حداقل سه نمونه جهت هر تیمار تهیه شد.

اندازه‌گیری خواص مکانیکی

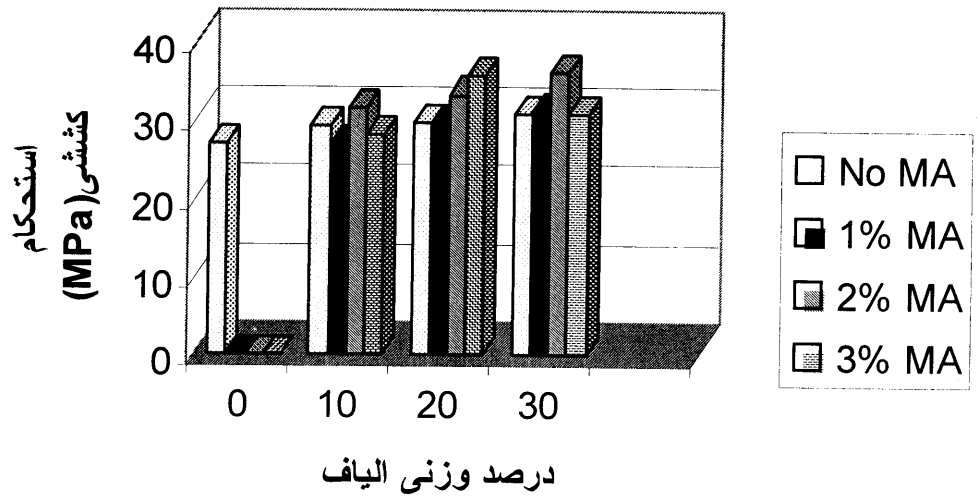
آزمون کششی با استفاده از آیین‌نامه D۶۳۸ استاندارد ASTM توسط دستگاه Istron مدل ۶۰۲۵ انجام شد. آزمون مقاومت به ضربه نمونه شکافدار مطابق آئین‌نامه D۲۵۶ استاندارد ASTM با دستگاه پاندولی دیجیتالی ساخت شرکت Zwick انجام شد. درصد ازدیاد طول و مدول کششی نیز در آزمون مقاومت کششی محاسبه گردید. نتایج این تحقیق در قالب طرح کاملا تصادفی با ۱۳ تیمار و سه تکرار لحاظ شد. برای داده‌های حاصل از آزمون تیمارهای حاوی الیاف و ماده جفت‌کننده از طرح آماری فاکتوریل استفاده شد. به‌منظور بررسی اثر مالئیک انیدرید، تیمارهای حاوی مالئیک انیدرید و فاقد مالئیک انیدرید از طریق آزمون t- استیودنت مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

آزمون کششی: نتایج آزمون کششی ۱۳ تیمار مختلف فروورده مرکب در شکل ۱ آمده است.

جدول ۱- میزان ترکیبات تیمارهای موردآزمایش (برحسب درصد)

شماره تیمار	میزان پلی‌استایرن	میزان الیاف	میزان مالئیک انیدرید	دی کومیل پراکسید
۱	۸۸/۸	۱۰	۱	۰/۲
۲	۸۷/۸	۱۰	۲	۰/۲
۳	۸۶/۸	۱۰	۳	۰/۲
٤	۷۸/۸	۲۰	۱	۰/۲
۵	۷۷/۸	۲۰	۲	۰/۲
٦	۷٦/۸	۲۰	۳	۰/۲
۷	٦۸/۸	۳۰	۱	۰/۲
۸	٦۷/۸	۳۰	۲	۰/۲
۹	٦٦/۸	۳۰	۳	۰/۲
۱۰	۹۰	۱۰	۰	۰
۱۱	۸۰	۲۰	۰	۰
۱۲	۷۰	۳۰	۰	
۱۳	۱۰۰	۰	۰	۰



شکل ۱- نمودار تغییرات استحکام کششی *(Mpa)* برحسب درصد وزنی الیاف

جدول ۲ جدول تجزیه واریانس ۹ تیمار اول و تیمار ۱۳ است. با توجه به این جدول می‌توان دریافت بین میانگین‌های این تیمارها در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. با توجه به نتایج آزمون فاکتوریل (جدول ۳) که مربوط به ۹ تیمار اول است، می‌توان گفت به احتمال ۹۹ درصد تغییر درصد الیاف و نیز درصد مالئیک انیدرید موجود در فراورده مرکب سبب تغییر معنی‌دار در استحکام کششی آن می‌گردد، اما **F** برای فاکتور **A** (درصد الیاف) در سطح ۵درصد معنی‌دار نیست؛ یعنی بین سطوح مختلف درصد الیاف تفاوت معنی‌دار وجود ندارد همچنین **F** برای فاکتور **B** (درصد مالئیک انیدرید) در سطح ۵درصد معنی‌دار است. یعنی بین سطوح مختلف مالئیک انیدرید تفاوت معنی‌دار وجود دارد. اما **F** مربوط به اثر متقابل **A** و **B** درسطح ۵درصد معنی‌دار نیست، یعنی بین فاکتورهای **A** و **B** اثر متقابل وجود ندارد.

برای بررسی اثر وجود مالئیک انیدرید تیمار ۳ انتخاب شد و با روش **t-Student** با تیمار ۱۰، مورد بررسی و مقایسه قرارگرفت (جدول ۳). با توجه به این جدول می‌توان گفت که بین این دو تیمار در سطح ۵درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ یعنی با احتمال ۹۵درصد مالئیک انیدرید به‌عنوان ماده جفت‌کننده بر روی استحکام کششی فراورده مرکب اثر معنی‌دار دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس استحکام کششی

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Df	مجموع مربعات S.S.	میانگین مربعات M.S.	F
تیمار	۹	۳۶۹/۷۰۳	۴۱/۰۷۸	۳/۹۶۶
خطا	۳۰	۳۱۰/۷۱۹	۱۰/۳۵۷	F۰/۰۵=۲/۲۲
کل	۳۹	۶۸۰/۴۱۹		F۰/۰۱=۳/۰۱

جدول ۳-مقایسه میانگین استحکام کششی ۹ تیمار اول

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Df	مجموعه مربعات S.S.	میانگین مربعات M.S.	F	F۰/۰۵	F۰/۰۱
تیمار	۲۰۵/۵۳	۸	۲۵/۶۹	۲/۳۵۳	۳۰۵۲	۳/۲۶
فاکتورA	۳۵/۳۱	۲	۱۷/۶۵	۱/۶۱۷	۳/۳۵۵	۵/۴۹
فاکتور B	۹۹/۷۰	۲	۴۹/۸۵	۴/۵۶۶	۳/۳۵۵	۵/۴۹
AB	۷۰/۵۲	۴	۱۷/۶۳	۱/۶۱۵	۲/۷۲۵	۴/۱۰۵
E	۲۹۴/۷۷	۲۷	۱۰/۹۲			
کل		۳۵				

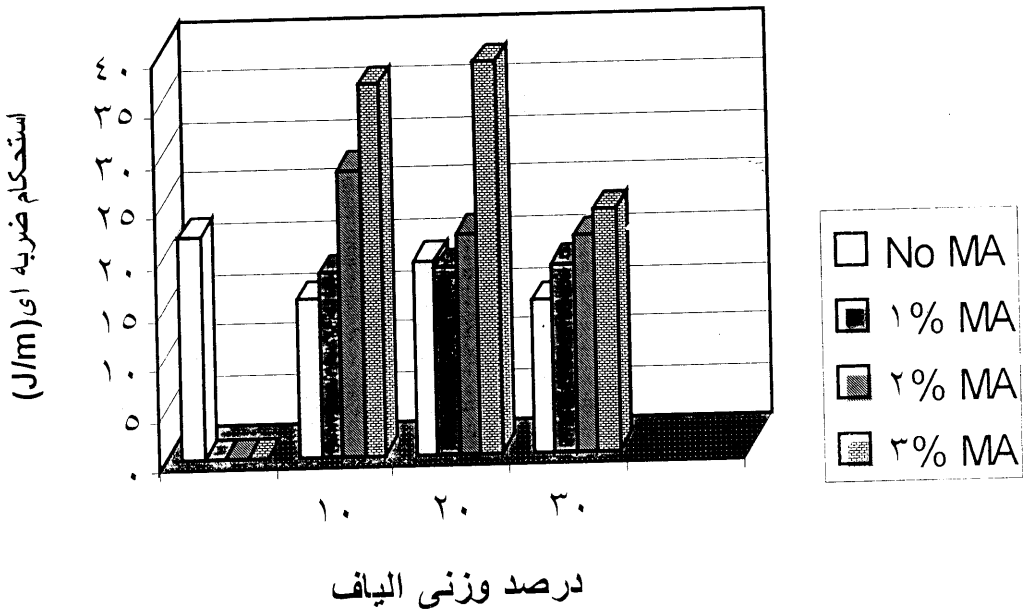
جدول ۴-مقایسه میانگین دوتیمار شماره۳ و ۱۰ به روش آزمونt

شماره تیمار	میانگین (Mpa)	انحراف معیار ox	ضریب تغییرات %C.V.	آزمون t
۳	۳۰/۹۱	۰/۶۵	۲/۱۰	t(۳و۰/۰۵)=۳/۱۸۲
				t(۳ و ۰/۰۱)=۵/۸۴۱
۱۰	۲۸/۸۸	۱/۰۰	۳/۴۶	t=۳/۴۵

مدول الاستیسیته کششی

نتایج اندازه‌گیری مدول الاستیسیته ۱۳ تیمارمختلف فراورده مرکب در شکل ۲ آمده است.

جدول۵ جدول تجزیه واریانس ۹ تیمار اول و تیمار ۱۳ است. با توجه به این جدول می‌توان دریافت بین میانگین‌های این تیمارها در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد.



شکل ۲-نمودار تغییرات مدول کششی (Mpa) برحسب درصد وزنی الیاف

با توجه به نتایج آزمون فاکتوریل (جدول ۶) که بین ۹ تیمار اول صورت گرفت، می‌توان گفت به احتمال ۹۹درصد تغییر درصد الیاف و نیز درصد مالئیک انیدرید موجود در فراورده مرکب سبب تغییر معنی‌دار در مدول کششی آن می‌گردد. همچنین مشاهده می‌شود که **F** برای فاکتور **B** (درصد مالئیک انیدرید) نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، یعنی بین سطوح مختلف فاکتور **B** نیز اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بین دو فاکتور **A** و **B** اثر متقابل وجود دارد.

برای بررسی اثر مالئیک انیدرید تیمار ۳ انتخاب شد و با تیمار ۱۰ با روش **t-Student** مورد بررسی و مقایسه قرارگرفت (جدول۷). با توجه به این جدول می‌توان گفت وجود مالئیک انیدرید بر روی مدول کششی اثر معنی‌دار دارد.

جدول ۵- تجزیه واریانس مدول کششی

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Df	مجموع مربعات S.S.	میانگین مربعات M.S.	F
تیمار	۹	۲۰۴۳۳۵۳/۱۳	۲۲۷۰۳۹/۴۴	۱۶/۹۷۰
خطا	۳۰	۴۰۱۳۶۲/۲۶	۱۳۳۷۸/۷۴	F۰/۰۵=۲/۲۲
کل	۳۹	۲۴۴۴۷۱۵/۳۹		F۰/۰۱=۳/۰۱

جدول ۶-مقایسه میانگین مدول کششی ۹ تیمار اول

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Df	مجموع مربعات S.S.	میانگین مربعات M.S.	F	F۰/۰۵	F۰/۰۱
تیمار	۱۹۵۲/۵۹	۸	۲۴۴/۰۷	۱۷/۰۱	۲/۳۰۵	۳/۲۶
فاکتورA	۲۷۲/۹۱	۲	۱۳۶/۴۶	۹/۵۱	۳/۳۵۵	۵/۴۹
فاکتور B	۱۳۲۱/۹۳	۲	۶۶۰/۹۶	۴۶/۰۶	۳/۳۵۵	۵/۴۹
AB	۳۵۷/۷۵	۴	۸۹/۴۴	۶/۲۳	۲/۷۲۵	۴/۱۰۵
E	۳۸۷/۴۳	۲۷	۱۴/۳۵			
کل		۳۵				

جدول ۷-مقایسه میانگین دوتیمار ۳ و ۱۰ به روش آزمون t

شماره تیمار	میانگین (Mpa)	انحراف معیار ox	ضریب تغییرات %C.V.	آزمون t
۳	۲۰۱۰/۴۱	۱۳۲۰۷	۶/۵۷	t(۳و۰/۰۵)=۳/۱۸۲
				t(۳ و ۰/۰۱)=۵/۸۴۱
۱۰	۱۶۰۰	۳۹/۷۸	۲/۴۹	ts=۶/۹۷

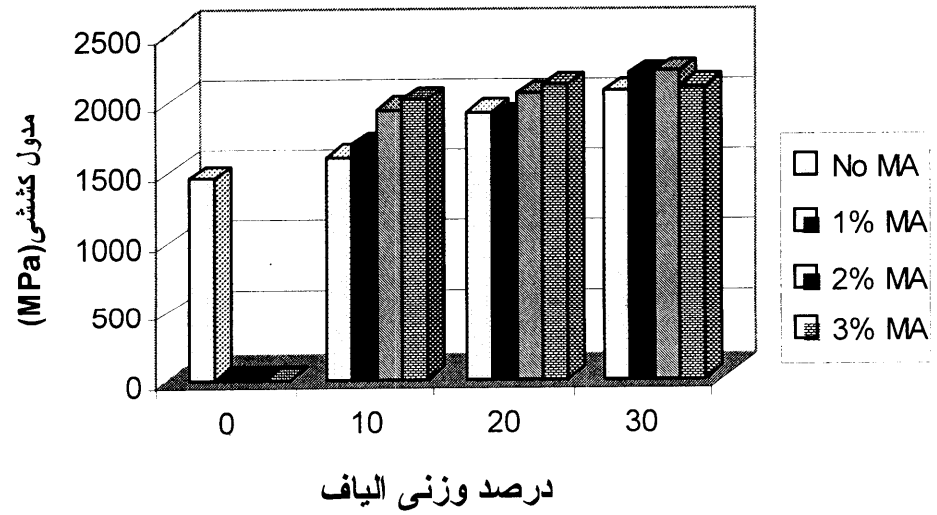
آزمون ضربه

نتایج اندازه‌گیری استحکام ضربه‌ای ۱۳ تیمار مختلف فراورده مرکب در شکل ۳ آمده است. جدول ۸، جدول تجزیه واریانس ۹ تیمار اول و تیمار ۱۳ است. با توجه به این جدول می‌توان دریافت که بین میانگین‌های این تیمارها در سطح ۱درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

با توجه به نتایج آزمون فاکتوریل (جدول ۹) که بین ۹ تیمار اول صورت گرفت می‌توان گفت که به احتمال ۹۹درصد تغییر درصد الیاف و نیز

درصد مالئیک انیدرید موجود در فرآورده سبب تغییرمعنی‌دار در استحکام ضربه‌ای آن می‌گردد. همچنین مشاهده می‌شود **F** برای فاکتوریل **A** (درصد الیاف) در سطح ۱درصد معنی‌دار است، یعنی بین سطوح مختلف درصد الیاف اختلاف معنی‌دار وجود دارد. همچنین بین سطوح مختلف درصد مالئیک انیدرید اختلاف معنی‌دار وجود دارد و نیز **F** مربوط به اثر متقابل نیز معنی‌دار است، یعنی بین دو فاکتور **A** و **B** اثر متقابل وجود دارد.

برای بررسی اثر مالئیک انیدرید تیمار ۳ انتخاب و با تیمار ۱۰ به روش **t-Student** مقایسه شد (جدول ۱۰). با توجه به این جدول می‌توان گفت مالئیک انیدرید بر روی مدول کششی اثر معنی‌داری دارد.



شکل ۳-نمودار تغییرات استحکام ضربه‌ای *(J/m)* برحسب درصد وزنی الیاف

جدول ۸- تجزیه واریانس استحکام ضربه‌ای

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی Df	مجموع مربعات S.S.	میانگین مربعات M.S	F
تیمار	۹	۱۹۸۸/۵٦۷	۲۲۰/۷۳۰	۱۵/۰۷۹
خطا	۳۰	٤۳۹/۱٤۷	۱٤/٦۳۸	F۰/۰۵=۲/۲۲
کل	۳۹	۲٤۲۵/۷۱٤		F۰/۰۱=۳/۰۱

جدول ۹- مقایسه میانگین استحکام ضربه‌ای ۹ تیمار اول

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	مجموع مربعات S.S.	میانگین مربعات M.S.	F	F۰/۰۵	F۰/۰۱
تیمار	۱۹۵۲/۵۹	۸	۲٤٤/۰۷	۱۷/۰۱	۲/۳۰۵	۳/۲٦
فاکتورA	۲۷۲/۹۱	۲	۱۳٦/٤٦	۹/۵۱۱	۳/۳۵۵	۵/٤۹
فاکتور B	۱۳۲۱/۹۳	۲	٦٦۰/۹٦	٤٦/۰٦	۳/۳۵۵	۵/٤۹
AB	۳۵۷/۷۵	٤	۸۹/٤٤	٦/۲۳	۲/۷۲۵	٤/۱۰۵
E	۳۸۷/٤۳	۲۷	۱٤/۳۵			
کل		۳۵				

جدول ۱۰- مقایسه میانگین دوتیمار ۳ و ۱۰ به روش آزمون t

شماره تیمار	میانگین (Mpa)	انحراف معیار ox	ضریب تغییرات %CV	آزمون t
۳	۳۶/۵۱۲۵	۲/۸۲۶۸	۷/۷۴	t(۳و۰/۰۵)=۳/۱۸۲
				t(۳ و ۰/۰۱)=۵/۸۴۱
۱۰	۱۵/۴۵۵۰	۰/۷۲۴۶	۴/۶۸	t=۱۱/۸۶۶

نتیجه‌گیری

۱- به‌طور کلی مقاومت‌های مکانیکی پلی‌استایرن بازیافتی تقویت‌شده با الیاف بازیافتی کاغذ روزنامه نسبت به پلی‌استایرن بدون الیاف به‌طور موثری بهبود یافت. بنابراین استفاده از الیاف کاغذ روزنامه برای تهیه فراورده مرکب توصیه می‌شود.

۲- استفاده از مالئیک انیدرید به‌عنوان جفت‌کننده الیاف کاغذ روزنامه و پلی‌استایرن که سبب اتصال بین دو فاز می‌گردد، توصیه می‌شود.

۳- حداکثر استحکام کششی و مقاومت به ضربه فاقدار بین تیمارهای مختلف فراورده مرکب الیاف کاغذ روزنامه–پلی‌استایرن متعلق به ۲۰ درصد الیاف و ۲درصد مالئیک انیدرید بود.

۴- حداکثر مدول کششی متعلق به تیمار ۳۰ درصد الیاف و ۲درصد مالئیک انیدرید بود.

۵- با افزایش میزان الیاف کاغذ روزنامه در فراورده مرکب ازدیاد طول کاهش می‌یابد.

منابع

۱-ابراهیمی، قنبر و سیلا صفارزاده، ۱۳۷۹. مطالعه اختلاط الیاف سلولز طبیعی با پلی‌اتیلن سنگین و بررسی خواص مکانیکی فراورده‌های حاصل، مجله منابع طبیعی ایران، (۵۳) ۳: ۲۱۷-۲۲۴.

۲-امیدوار، اصغر و حبیبا... ثابت‌رفتار، ۱۳۷۹. بررسی ساخت فراورده مرکب الیاف چوب-پلی‌استر با استفاده از الیاف بازیافتی کاغذ روزنامه، مجله منابع طبیعی ایران، (۵۳) ۳: ۱۸۷-۱۹۸.

۳-یاوری، عیسی و موسی قائمی، ۱۳۷۰. شیمی و تکنولوژی پلاستیک‌ها (ترجمه) درایور و والتر، مرکز نشر دانشگاهی.

4-David N., Y. Wayne & C. J.Buhion, 1992. Recycling commingle. Plastics plastic Engineering, 25-28.

5-Hon. D. & T. Sean, 1992. Composites from nesw prints fiber and polyolefin: their processability and properties. Wood/ Plastic Composites Conference proceedings. Madison, U.S.A, 63-67.

6-Maldas, D.& Kokta, B.V, 1991. Influence of maleic anhydriedeus a coupling agent on the performance of wood fiber-polystyrene composites. Poymer Enginering and Science, Vol. 31, No. 18: 145-161.

7-Mehrabzade & f.Farahmand, 2001. Recycling of commingled plastics waste containing polypropylen, polyethlen, and paper, vol. 80: 2573-2577.

8-Woodhames S. & R.T. Shianglaw, B. & J, 1991. Intensive mixing of wood fiber with thermoplastic for injection-molded composite in Wood/Plastic Composites Conference Proceedings. Madison, U.S.A, 75-78.

An Investigation of Fabrication Cellulose Fibers-Polymer Using Recycled Polystyrene and Waste Newspaper

A. Shakeri[1] L. Seilani[2] A.Omidvar[3]

Abstract

An investigation of fabricating cellolusic fibers-polymer composite using recycled polystyrene and waste newspaper was conducted. Today, recycling of polymers is very important because of undegradability of polymers and economical considerations. In this study, samples were prepared from paper fibers and polyestyrene, where recycled newspaper fiber were mixed with recycled polystyrene at different levels (i.e., 10, 20 and 30% by wt.). Maleic anhydrided (MA) was added as coupling agent at 0, 1, 2 and 3% by wt. Mechanical properties of the composite were studied. It was found that adding MA increased the tensile strength. With increasing paper fibers, elastin modulus increased. The highest notch impact strength was obtained in sample which contained 20% paper fibers and 2% MA.

Keywords: Recycled fiber newspaper, Polystyrene, Waste recycling, Composites, Coupling agent, Maleic anhydried.

[1] -*Ph.D. student of Polymer Industry, Faculty member of Gorgan University of Agriculture and Natural Resources Sciences*

[2] - *Ph.D. student of Wood & Paper Science and Technology, Faculty of Natutral Resources, University of Tehran*

[3] - *Asst. Prof., Gorgan University of Agriculture and Natural Resources Sciences*