فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۰، شماره ۲، صفحه ۱۹۳-۱۸۳، (۱۳۹۴)

تأثیر ویژگی سطح الیاف بر مقاومت‌های چندسازه پلی‌پروپیلن – الیاف سلولزی

شهرام بادامچی زاده[۱]، احمد جهان لتیباری[۲*]، مهران روح نیا[۳] و سید محمدجواد سپیده‌دم[۳]

۱- کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۲*- مسئول مکاتبات، استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، پست الکترونیک: latibari@kiau.ac.ir

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

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۳

چکیده

در این تحقیق تأثیر ویژگی‌های سطح الیاف سلولزی بر خصوصیات مقاومتی چندسازه پلی‌پروپیلن – الیاف سلولزی بررسی شده است. الیاف تا چهار درجه روانی پالایش‌شده و ویژگی‌های سطح الیاف تغییر داده شد. چندسازه با استفاده از ترکیب ۲۰ درصد الیاف سلولزی و ۳ درصد پلی‌پروپیلن مالئیک‌دار و ۷۷ درصد پلی‌پروپیلن ساخته شدند. نتایج نشان داد که پالایش الیاف تا درجه روانی‌های مختلف باعث تغییر مقاومت‌های مکانیکی چندسازه می‌گردد. تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج نشان داد که تأثیر درجه روانی الیاف بر بعضی از ویژگی‌ها در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد دارای اختلاف معنی‌داری است. زیادترین ویژگی‌های مقاومتی و دانسیته با استفاده از الیاف با درجه روانی ۱۴°SR به‌دست‌آمده است.

واژه‌های کلیدی: پالایش، درجه روانی، چندسازه، پلی‌پروپیلن، ویژگی‌های مقاومتی.

مقدمه

از آنجا که بشر در جستجوی ابداع و کشف روش‌ها و مواد جدید است، از این‌رو در راه رسیدن به این هدف از علوم مختلفی بهره جسته و به کمک تلفیق این علوم گاهی روش‌ها و علوم جدیدی را پایه‌گذاری کرده است. به‌طوری‌که می‌توان گفت، تنها راه پیدایش اختراعات و پیشرفت‌ها در فناوری همین روش قدیمی، اما پرکاربرد و همه جانبه؛ یعنی درک عمیق از علوم قبلی و پیدا کردن ابهامات و در نهایت افزودن و یا کشف یک راه جدید یا یک ماده جدید است.

در صنایع و علوم مواد ترکیبی که عموماً با نام چندسازه‌ها شناخته می‌شود، ترکیب مواد گوناگون با خصوصیات منحصربه‌فرد درنهایت به پیدایش ماده جدیدی منجر خواهد شد که تلفیقی از نقاط مثبت و محاسن مواد قبلی را داشته و نواقص و مشکلات مواد به‌صورت انفرادی برطرف گردیده است. البته در این راه عموماً مشکلات و موانعی نیز وجود خواهد داشت که مهمترین آن عدم سازگاری و نامتناجس بودن مواد ترکیبی باهم است.

امروزه چندسازه‌های چوب – پلاستیک به‌عنوان رقیبی جدی برای مواد پلیمری و پلاستیکی مطرح شده‌اند که نیاز به بررسی و تحقیقات بیشتری برای رفع نواقص و عیوب احتمالی این فراورده جدید است. در این راستا قدم اول شناخت همه‌جانبه و کامل از الیاف سلولزی و چوبی است. در تهیه مواد چندسازه الیاف سلولزی با مواد پلیمری مشکل عدم اتصال مواد غیر قطبی پلیمری به الیاف سلولزی قطبی است.

از آنجا که در این گونه چندسازه‌ها، هر چه سطح اتصال وسیع‌تر باشد بهتر است، از این‌رو به این نتیجه رسیده‌اند که هر چه ذرات کوچک‌تر باشند با افزایش سطح به حجم، میزان اتصال هم بیشتر می‌شود و درنهایت با استفاده از نرمه‌ها به دنبال پیدا کردن بهترین ابعاد ذرات و ریز الیاف بوده‌اند و یا اینکه سعی شده است سطح ویژه الیاف را بدون خرد کردن ولی با اعمال روش‌های مناسب افزایش داد.

از این‌رو به این نتیجه رسیده‌اند که طول الیاف، خصوصیات مورفولوژی الیاف و ساختار فیبری الیاف و ویژگی‌های مقاومتی چندسازه‌های ساخته شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bledzki and Faruk, 2006).

هرچند که سابقه استفاده از الیاف سلولزی و ترکیب آنها با مواد پلیمری و پلاستیکی تاریخچه خیلی کوتاه‌تری دارد. ولی با وجود آن طی همین دوره کوتاه، تحقیقات فراوانی در زمینه بهبود خواص مکانیکی این فراورده انجام شده است.

Shakeri and Hashemi (۲۰۰۲) فراورده چندسازه الیاف خمیرکاغذ- پلی‌پروپیلن سنگین (HDPE)، با استفاده از الیاف دو نوع خمیرکاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) و خمیرکاغذ شیمیایی- مکانیکی (CMP) در چهار سطح ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد (وزنی) با پلی‌اتیلن سنگین را بررسی کرده و اعلام نمودند که افزایش مقدار الیاف از هر دو نوع خمیرکاغذ، طول شکست در نقطه گسیختگی را کاهش داده و مدول‌الاستیسته را افزایش می‌دهد. نتایج تحقیقات آنان نشان داد که تیمارهای حاوی خمیرکاغذ CMP خواص مکانیکی بهتری نسبت به تیمارهای حاوی خمیرکاغذ NSSC دارند.

Ghasemi و همکاران (۲۰۰۸) نمونه‌هایی از فراورده‌های چندسازه از چوب- پلاستیک با ۴۰ درصد (وزنی) مواد چوبی را در سه اندازه ذرات ۱۰۰، ۲۵۰ و ۴۰۰μm تهیه نمودند. نتایج آنان نشان داد که ذرات درشت‌تر مدول را افزایش می‌دهد و استحکام تا نقطه شکست را کاهش داده و بر ازدیاد طول تا نقطه گسیختگی بی‌اثر است. شاخص جریان مذاب ترکیب مواد با کاهش اندازه ذرات کم شده و دمای واپیچش گرمایی مستقل از اندازه ذرات است. همچنین مقاومت به ضربه با افزایش اندازه ذرات چوب کاهش نشان می‌دهد.

Santos و همکاران (۲۰۰۸) استفاده از الیاف نخل خرما تیمار شده و تیمار نشده در چندسازه‌های پلی‌استر تقویت‌شده با الیاف را بررسی کردند. تیمار شیمیایی با H_2O_2، NaOH و C_3H_3N انجام شده و اثر آن بر عملکرد چسبندگی الیاف به رزین پلی‌استر اشباع‌نشده بررسی شد. چندسازه‌ها از نظر مقاومت کششی و مقاومت به ضربه آیزود آزمایش شدند. نتایج مربوط به الیاف تیمار شده با محلول H_2O_2 به مدت ۱۴۴ ساعت بهترین پایداری حرارتی را نسبت به الیاف تیمار نشده نشان دادند و سایر تیمارها ویژگی‌های حرارتی را بهبود بخشیدند.

Abdul Khalil و همکاران (۲۰۰۸) از خوشه‌های خرما به‌عنوان تقویت‌کننده در ساخت چندسازه‌های پلی‌استر اشباع‌نشده استفاده کردند. در این مطالعه ویژگی‌های مکانیکی (کششی، خمشی و ضربه) و جذب آب خوشه‌های خرما به‌عنوان تقویت‌کننده در چندسازه‌های پلی‌استر اشباع‌نشده بررسی شد. نتایج نشان داد که ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌ها با افزایش واحدهای متیلن در ماتریکس افزایش می‌یابد. همچنین آزمایش جذب آب نشان از جذب آب بالای چندسازه‌ها به دلیل طبیعت آب‌دوست الیاف خرماست.

Bledzki and Faruk (۲۰۰۶) چندسازه‌هایی با پنج نوع الیاف مختلف از چوب (الیاف سوزنی‌برگ، نرمه‌های الیاف سوزنی‌برگ، الیاف پهن‌برگ، نرمه‌های الیاف پهن و الیاف بلند چوبی) تهیه کردند. آنان اثر افزودن مقادیر مختلفی از الیاف (۳۰ تا ۶۰ درصد) را بررسی کردند. این تحقیق نشان داد که چندسازه‌های با الیاف بیشتر و کوتاه‌تر به دلیل ساختار مورفولوژیکی خصوصیات فیزیکی مکانیکی بهتری دارند. این امر به دلیل سطح اتصال بیشتر مواد با الیاف برای برقراری اتصال تفسیر شده و خصوصیات مثبت مقادیر زیادتر الیاف در ترکیب چندسازه غالب بوده و توانسته خصوصیات فیزیکی مکانیکی چندسازه را بهبود ببخشد.

Bledzki and Faruk (۲۰۰۳) از چند نوع مختلف الیاف سوزنی‌برگ، پهن‌برگ، خرده چوب و نرمه الیاف در ساخت

چندسازه استفاده کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که ماده جفت کننده (MAPP) توانایی زیادی در پراکنده‌سازی و یکنواخت سازی برای اتصال بین اجزاء چندسازه و درنهایت کاهش میزان جذب آب خواهد داشت. البته در نمونه‌هایی که حاوی ماده جفت کننده و با الیاف بلندتر بودند خصوصیات کششی، خمشی و مقاومت فشاری بهبودی بهتری داشته است.

Park and Balatinecz (۱۹۹۷) ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های پلی‌پروپلین ایزوسیانات – الیاف چوب را مورد بررسی قرار دادند. در ساخت این چندسازه‌ها از الیاف چوب و پلی‌پروپیلن اصلاح‌شده با انیدرید مالئیک استفاده شده است. نتایج نشان داد که هرچند با افزایش میزان الیاف چوبی مدول خمشی و کششی افزایش می‌یابد اما با تغییر میزان EPDM از ۴۰ درصد وزنی الیاف چوبی باعث کاهش شگفت‌آور هر دو مدول خمشی و کششی، از حدود ۴ به ۲ مگاپاسکال می‌شود.

Selk (۱۹۸۹) ویژگی‌های چندسازه‌های ساخته شده با پلی‌اتیلن سنگین بازیافتی و الیاف چوبی را بررسی و نتیجه‌گیری کرده است که با استفاده از اکسترودر دو مارپیچی این چندسازه‌ها به سهولت قابل تولید می‌باشند و مواد افزودنی، مقاومت کششی این چندسازه‌ها را در مقایسه با پلی‌اتیلن سنگین بهبود می‌دهند.

Raj و همکاران (۱۹۸۹) اثر مقدار الیاف و نوع جفت کننده (سیلان، ایزوسیانات و پلی‌پروپیلن مالئیک‌دار) را بر چندسازه‌های ساخته شده از پلی‌اتیلن (سنگین و سبک)، پلی‌پروپیلن و پلی وینیل کلرید و خمیرکاغذ مکانیکی، خمیرکاغذ کرافت و آرد چوب مطالعه و نتیجه گرفته‌اند که با افزایش عوامل جفت کننده، مقاومت کششی و مدول الاستیسیته کششی بهبود می‌یابند.

Spert and Karlsson (۲۰۰۳) رفتار حرارتی چندسازه‌های ساخته شده از الیاف سلولزی (خمیرکاغذ کرافت چوب اکالیپتوس، الیاف سیزال و الیاف پوست نارگیل) و پلی‌پروپیلن بکر و بازیافتی را با روش DSC بررسی کرده و نتیجه گرفته‌اند که با افزایش مقدار الیاف از ۱۰ تا ۳۰ درصد وزنی، دمای تشکیل بلور و نقطه ذوب چندسازه‌ها کاهش می‌یابد.

مواد و روش‌ها

مواد

پلی‌پروپیلن: تولیدی شرکت پتروشیمی اراک (ایران) با نام تجاری: EPD – 60 R، چگالی ۰/۹(g/cm^3) و با شاخص جریان مذاب ۰/۳۵(g/10min).

الیاف: الیاف خمیرکاغذ سوزنی‌برگ وارداتی. با توجه به اینکه به الیاف یکنواخت و بلند احتیاج بود، از این‌رو برای حذف الیاف کوتاه‌تر و نرمه‌ها، ابتدا الیاف در آب پراکنده شد و بعد با استفاده از غربال با اندازه سوراخ‌های ۴۰ مش الیاف کوتاه و نرمه‌ها جدا شدند.

پلی‌پروپیلن مالئیک‌دار (MAPP) با نام تجاری Aldrich کُد 427845 و گرانروی بروکفیلد: ۴۰۰۰pois وزن مولکولی: ۹۱۰۰(GPC) Mw، ۳۹۰۰(GPC) Mn

آماده‌سازی الیاف

با توجه به اینکه هدف این تحقیق بررسی تأثیر خصوصیات سطح الیاف بر مقاومت چندسازه الیاف – پلی‌پروپیلن بود، بنابراین پس از یکنواخت کردن الیاف، ابتدا درجه آبگیری (Drainage) طبق دستورالعمل شماره آیین‌نامه تاپی T221 cm-99 اندازه‌گیری شد و بعد تنظیم ویژگی‌های سطح الیاف از طریق پالایش انجام شد.

به‌منظور ایجاد سطوح با تمایل به چسبندگی زیادتر از طریق در هم رفتن مکانیکی (اتصال مکانیکی) سعی شده است توسط پالایش ناهمواری (پرزدار شدن) در سطح الیاف ایجاد گردد. الیاف با درجه روانی اولیه، توسط پالایشگر PFI تا سطوح متفاوت پالایش شدند. به‌منظور حذف تأثیر طول الیاف بر مقاومت چندسازه و یکسان‌سازی اندازه الیاف پس از پالایش، خمیرکاغذها مجدداً توسط غربال با اندازه سوراخ‌های ۴۰ مش غربال شدند و الیاف خیلی کوتاه و نرمه‌ها جدا شدند. تعداد دور پالایشگر PFI، درجه روانی پس از پالایش و همچنین درجه روانی پس از غربال کردن در جدول ۱ خلاصه‌شده است.

جدول۱- درجه روانی الیاف پس از پالایش و بعد از غربال کردن

تعداد دور پالایشگر	درجه روانی پس از پالایش (°SR)	درجه روانی بعد از غربال کردن (°SR)
پالایش نشده	۱۱	۱۱
۴۸۰۰	۱۷/۵	۱۴
۹۰۰۰	۲۵	۱۷
۱۲۰۰۰	۳۵	۲۱

نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵°C داخل آون خشک شدند و برای عدم جذب مجدد رطوبت در بسته‌های بدون منفذ پلاستیکی (که بدون تبادل رطوبتی باشند) قرار داده شدند.

اختلاط مواد

اختلاط مواد، در مخلوط‌کن تولید داخلی، مدل SIS90 به‌صورت نمونه‌های ۲۰۰ گرمی در دمای ۱۶۰°C و با سرعت چرخش ۴۵ دور در دقیقه به مدت ۸ دقیقه انجام شد. سپس برای تبدیل مخلوط به گرانول ترکیب به‌دست‌آمده توسط آسیاب تیغه‌ای بسرعت برش خورده و به قطعات کوچک تبدیل شد، نمونه داخل کیسه‌هایی بسته‌بندی‌شده و بلافاصله با همان رطوبت (۶ درصد) برای مرحله تزریق به دستگاه اکسترودر تک ماردون مجهز به سیستم قالب‌گیری فشاری منتقل شد. شرایط تنظیم دستگاه اکسترودر برای انجام عملیات تزریق بشرح زیر بوده است:

دمای مورد استفاده: ۱۷۵-۱۸۰°C، سرعت تزریق برابر ۵۰ بار پس از بارگیری و ذوب مواد مذاب با فشار حدود ۱۰۰ بار به درون قالب، تزریق شده و جریان پیدا می‌کند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های چندسازه

نمونه‌ها برای مدتی در شرایط محیط مشروط کردن قرار داده شدند و پس از این آزمون مقاومت‌کششی، نمونه‌های مقاومت‌خمشی، نمونه‌های مقاومت به ضربه فاق‌دار انجام شد. تمام نمونه‌ها علامت‌گذاری شده و طول، عرض، ضخامت و وزن آنها با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم و میکرومتر اندازه‌گیری و یادداشت شد و برای محاسبات بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه‌گیری ویژگی‌های نمونه‌ها پس از ساخت و کدگذاری بر اساس دستورالعمل‌های مربوطه در آیین‌نامه ASTM و با سه تکرار انجام شد.

مقاومت‌کششی و مدول‌الاستیسیته کششی: ASTM D638

مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته: ASTM D790

مقاومت به ضربه آیزود: ASTM D256 (مقدار انرژی لازم برای شکستن نمونه‌های شکافدار).

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه واریانس داده‌های این بررسی با استفاده از طرح آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد و در صورت معنی‌دار شدن اختلاف میانگین‌ها، گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گردید. برای تجزیه‌وتحلیل آماری نتایج از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است.

نتایج

نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی چندسازه‌های الیاف سلولزی- پلی‌پروپیلن که با استفاده از الیاف با درجه روانی متفاوت ساخته شده‌اند در شکل ۱ تا ۴ ارائه شده است. هر یک از ارقام شکل‌های ۱ تا ۴ میانگین سه اندازه‌گیری است. نتایج تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های این بررسی در جدول ۲ خلاصه‌شده است.

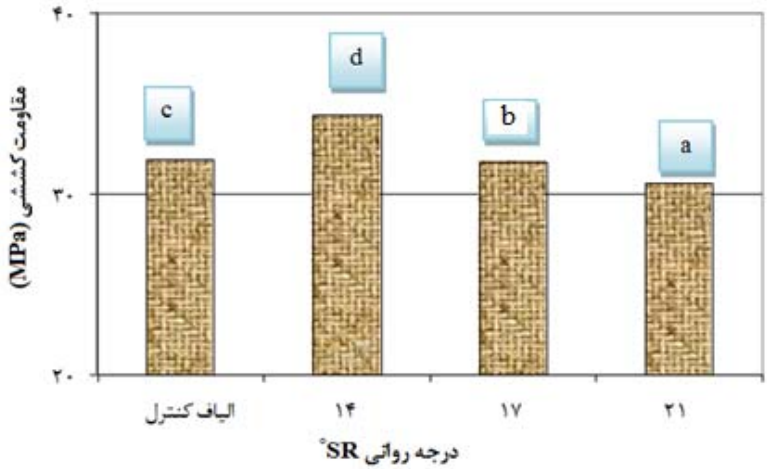
اثر پالایش الیاف بر مقاومت به کشش و مدول‌الاستیسیته کششی

بر اثر پالایش الیاف، مقاومت به کشش چندسازه افزایش یافته است (شکل ۲). تأثیر آن بر مقاومت‌کششی چندسازه در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). گروه‌بندی میانگین‌های مقاومت به کشش نیز در شکل ۲ نشان داده‌شده است. نمونه‌های چندسازه حاوی الیاف پالایش‌شده تا درجه روانی °SR۱۴ بیشترین مقاومت‌کششی داشته و در اثر پالایش زیادتر این ویژگی کاهش پیدا کرده است. به‌طوری‌که مقاومت به کشش چندسازه ساخته شده با الیاف پالایش‌شده

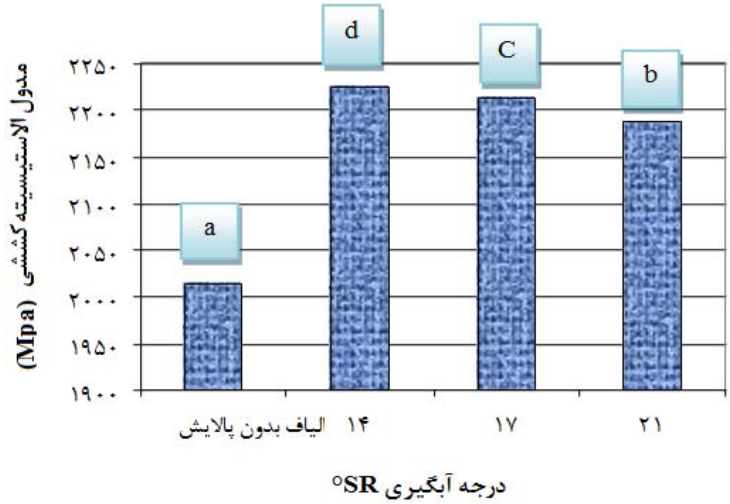
تا درجه روانی °SR۲۱ کمتر از الیاف پالایش نشده با درجه روانی °SR۱۱ است.

پالایش الیاف به‌طور محدودی اثر مثبت و افزایشی بر مقاومت به کشش داشته باشد، زیرا بیشترین مقدار مقاومت‌کششی را نمونه‌های با درجه روانی °SR۱۴ (پالایش ملایم) در بین تمام نمونه‌های تولیدی داشته است. ولی با ادامه پالایش و تغییر درجه روانی از °SR۱۴ به °SR۲۱ میزان مقاومت‌کششی به‌طور چشمگیری کاهش داشته است.

پالایش الیاف تا درجه روانی‌های متفاوت باعث افزایش مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه حاوی الیاف پالایشی شده است (شکل ۲). مدول‌الاستیسیته کششی نمونه‌های چندسازه ساخته شده با الیاف پالایش‌شده تا درجه روانی °SR۱۴ زیادترین مقدار بوده و با افزایش پالایش کاهش یافته و به حدود ۲۳۵۸ مگاپاسکال (الیاف با درجه روانی °SR۲۱) رسیده است. این مقدار مدول کششی زیادتر از مدول کششی نمونه‌های با الیاف بدون پالایش است. مقایسه میانگین‌های مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه‌های الیاف پالایش‌شده تفاوت معنی‌داری را در سطح اعتماد آماری ۹۵ درصد نشان داده است (جدول ۲). در شکل ۲ گروه‌بندی میانگین‌های مدول‌الاستیسیته نشان داده شده است.



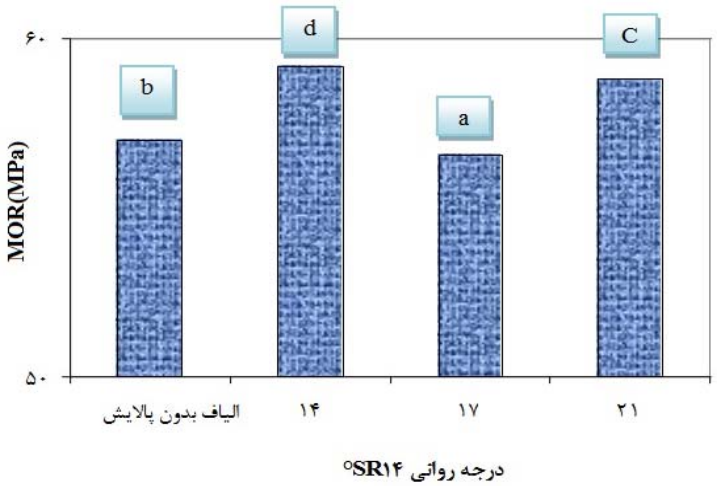
شکل ۱- تأثیر میزان پالایش الیاف بر مقاومت به کشش چندسازه سلولزی- پلی‌پروپیلن



شکل ۲- تأثیر میزان پالایش بر مدول‌الاستیسیته کششی چندسازه الیاف سلولزی- پلی‌پروپیلن

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر میزان پالایش بر ویژگی‌های مقاومتی چندسازه

	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F
مقاومت به ضربه فاقدار	۱۳۸/۸۹۱	۳		
	۰/۰۰۱	۸	۴۶/۲۹۹	۴۲۱۰۶۱/۰۷
	۱۳۸/۸۹۸	۱۱		
مدول کششی	۲۰۶۸۲۲۷/۰	۳	۶۸۹۴۰۹/۰۰۰	
	۲/۶۶۷	۸	۰/۳۳۳	۲۰۶۸۲۲۷/۰۰
	۲۰۶۸۲۲۹/۷	۱۱		
مقاومت‌کششی	۲۱/۷۹۷	۳	۷/۲۶۶	
	۰/۰۰۰	۸	۰/۰۰۰	۲۱۷۹۷۲/۲۵
	۲۱/۷۹۷	۱۱		
MOE	۸۷۳۶۷/۰۰۰	۳	۲۹۱۲۲/۳۳۳	
	۲/۶۶۷	۸	۰/۳۳۳	۸۷۳۶۷/۰۰۰
	۸۷۳۶۹/۶۶۷	۱۱		
MOR	۱۴/۸۹۹	۳	۴/۹۶۶	
	۰/۰۰۰	۸	۰/۰۰۰	۱۴۸۹۹۴/۲۵
	۱۴/۹۰۰	۱۱		
دانسیته	۳۷۸/۹۸۲	۳	۱۲۶/۳۲۷	
	۰/۰۰۰	۸	۰/۰۰۰	۵۰۵۳۰۹۲/۰
	۳۷۸/۹۸۲	۱۱		



شکل ۳- تأثیر میزان پالایش الیاف بر MOR چندسازه سلولزی- پلی‌پروپیلن

اثر پالایش بر مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته خمشی

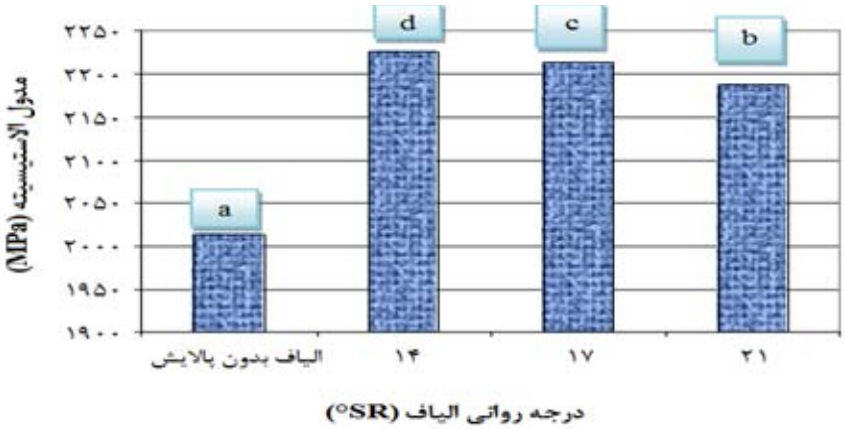
مقادیر MOR نمونه‌های حاوی الیاف پالایش‌شده زیادتر از نمونه‌های الیاف بدون پالایش است. با پالایش ملایم (°SR۱۴) افزایش زیادتری در این ویژگی نسبت به نمونه کنترل دیده می‌شود، اما این روند افزایشی در مورد چندسازه حاوی الیاف با درجه روانی تا °SR۱۴ کاهش‌یافته ولی در اثر پالایش شدیدتر بر روی الیاف تا درجه روانی °SR۲۱ دوباره افزایش یافته است

(شکل ۳).

نمونه‌های حاوی الیاف بدون پالایش و الیاف پالایش‌شده با درجه روانی SR۱۴° و SR۱۴° در سطح اعتماد آماری ۹۵ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). از این‌رو گروه‌بندی میانگین‌های انجام‌شده در شکل ۳ نشان داده شده است.

اثر پالایش ملایم بر افزایش MOR زیاد بوده و مقدار MOR نمونه‌های حاوی الیاف با درجه روانی SR۱۴° به میزان ۶۰/۹۴ MPa رسیده است. اما با ادامه پالایش این اثر افزایشی کم شده و حتی در نمونه‌های با درجه روانی SR ۱۷° کمتر از نمونه‌های حاوی الیاف پالایش نشده است.

در اثر پالایش الیاف چندسازه‌ها MOE افزایش یافته است. زیادترین مقدار MOE در چندسازه‌های حاوی الیاف با درجه روانی SR 14° اندازه‌گیری شده و در اثر پالایش زیادتر از مقدار MOE کاسته شده است. ولی کماکان MOE زیادتر از چندسازه حاوی الیاف بدون پالایش است (شکل ۴). تأثیر پالایش بر MOE چندسازه‌ها در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). گروه‌بندی دانکن میانگین‌های MOE نمونه‌های چندسازه در شکل ۴ نشان داده شده است.



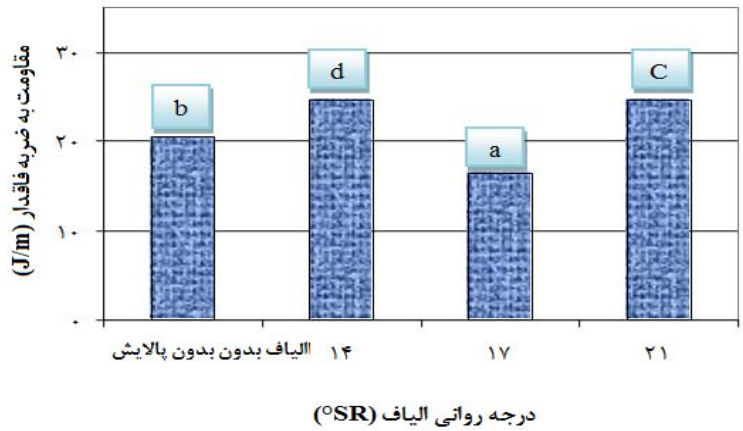
شکل ۴- تأثیر میزان پالایش الیاف بر MOE چندسازه سلولزی- پلی‌پروپیلن

مقاومت به ضربه فاق‌دار

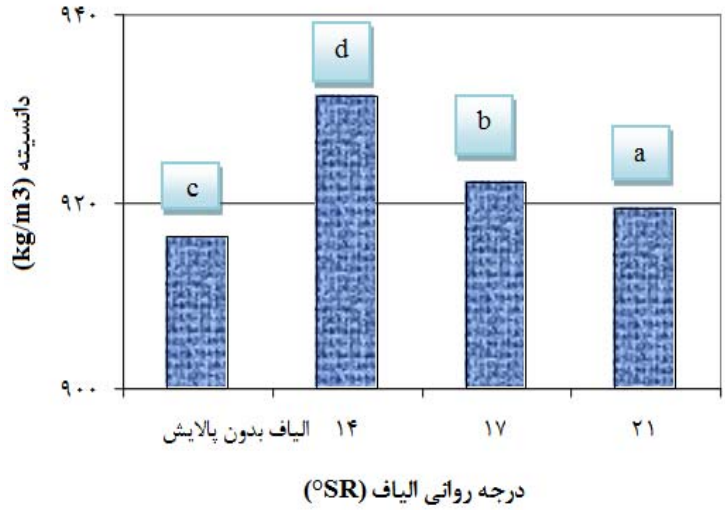
با افزایش پالایش مقاومت به ضربه فاق‌دار نمونه‌های چندسازه افزایش یافته است (شکل ۵). با پالایش الیاف تا درجه روانی SR۱۴°، مقاومت به ضربه چندسازه افزایش یافته و در اثر پالایش زیادتر این ویژگی‌ها کم شده است، ولی مقدار آن از مقاومت به ضربه چندسازه‌های الیاف بدون پالایش زیادتر شده است. تأثیر پالایش بر مقاومت به ضربه در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). گروه‌بندی دانکن میانگین مقاومت به ضربه فاق‌دار در شکل ۵ نشان داده شده است.

دانسیته

پالایش الیاف در حد ملایم تا درجه روانی SR۱۴° باعث افزایش دانسیته چندسازه شده است؛ اما پس از آن در اثر افزایش میزان پالایش دانسیته کاهش یافته و سیر نزولی داشته است (شکل ۶). تأثیر پالایش الیاف بر دانسیته چندسازه در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). گروه‌بندی میانگین دانسیته نمونه‌ها تحت تأثیر میزان پالایش الیاف در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۵- تأثیر میزان پالایش الیاف بر مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه سلولزی- پلی‌پروپیلن



شکل ۶- تأثیر میزان پالایش الیاف بر دانسیته چندسازه سلولزی- پلی‌پروپیلن

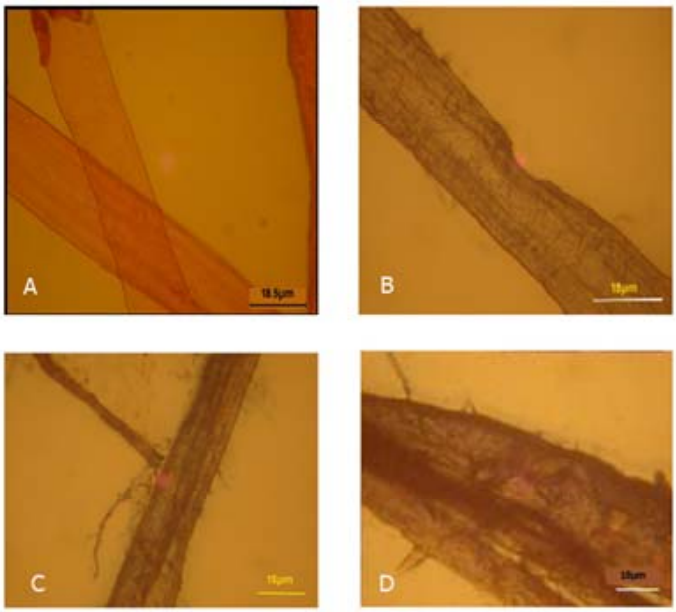
بحث

در این تحقیق تأثیر ویژگی سطح الیاف بر ویژگی‌های مقاومتی چندسازه پروپیلن – الیاف سوزنی‌برگ بررسی شده است. بدین منظور ابتدا خمیرکاغذ پس از حذف الیاف خیلی کوتاه و نرمه‌ها تا درجات روانی متفاوت برای ایجاد الیاف با ویژگی‌های سطحی متفاوت پالایش شدند. پس از پالایش الیاف دوباره با استفاده از غربال ۴۰ مش غربال شدند تا الیاف کوتاه و نرمه‌ها حذف شده و میانگین طول الیاف یکنواخت گردد. درجه روانی الیاف پس از غربال شدن به‌ترتیب ۱۴، ۱۱، ۱۷ و ۲۱ °SR برای الیاف پالایش نشده و پالایش‌شده تعیین شد. از این الیاف برای ساخت چندسازه‌های الیاف سلولزی – پلی‌پروپیلن استفاده گردید و بعد مقاومت چندسازه‌ها نیز اندازه‌گیری شد.

بررسی نتایج نشان می‌دهد که پالایش ملایم الیاف تا درجه روانی ۱۴°SR باعث افزایش مقاومت‌های چندسازه می‌شود. باوجود آن که با افزایش میزان پالایش مقاومت چندسازه افزایش یافته است ولی در بعضی موارد این افزایش با پالایش بیشتر کمتر شده و بعضاً سیر نزولی پیدا

کرده است.

هر تغییر در ویژگی سطح الیاف به‌طور مستقیم و محسوسی مقاومت‌های چندسازه را تغییر می‌دهد؛ بنابراین می‌توان عنوان کرد در اثر پالایش، سطح واقعی الیاف افزایش یافته و به‌تبع آن میزان اتصال بین الیاف و پلیمر افزایش می‌یابد. ولی در این مورد نباید ویژگی‌های مقاومتی الیاف را از نظر دور داشت. در اثر پالایش ملایم، سطح الیاف پرزدار شده است (شکل ۷) ولی اگر پالایش تداوم داشته باشد باعث کم شدن مقاومت ذاتی الیاف می‌شود. با توجه به اینکه رابطه مستقیمی بین مقاومت الیاف و مقاومت چندسازه وجود دارد، بنابراین در مقادیر زیادتر پالایش با کم شدن مقاومت ذاتی الیاف مقاومت چندسازه ساخته شده از آنها نیز کم می‌شود؛ بنابراین ازآنجاکه برای مقاومت چندسازه یک میزان بهینه‌ای از میزان پالایش مد نظر است باید با توجه به اهداف نهایی و کاربردهای چندسازه میزان پالایش تنظیم گردد تا بتواند نقش مثبت ویژگی سطح الیاف در چندسازه را ارتقاء دهد. این نکته می‌تواند با پراکنده شدن بهتر الیاف دریافت زمینه، انعطاف‌پذیرتر کردن الیاف و اتصال بهتر الیاف با بافت زمینه را بهبود ببخشد (Bledzki and Faruk, 2006).



شکل ۷- ساختار سطح الیاف پس از پالایش؛

A؛ الیاف پالایش نشده؛ B؛ الیاف پالایش شده تا درجه روانی SR۱۴ ؛

C؛ الیاف پالایش شه تا درجه روانی SR۱۷ ؛ D؛ الیاف پالایش شده تا درجه روانی SR ۲۱

در حالتی که الیاف بدون فرآوری در چندسازه قرار می‌گیرند مقاومت به ضربه کم می‌شود؛ اما در حالتی که الیاف فرآوری می‌شوند به دلیل ایجاد منافذ و پارگی‌ها در سطح الیاف، راه نفوذ مواد پلیمری به درون الیاف باز خواهد شد و همزمان به دلیل گسترده‌تر شدن سطح الیاف، میزان اتصال الیاف با ماده زمینه پلیمری بیشتر می‌شود. ایجاد منافذ و پارگی‌های فراوان در سطح الیاف در اثر پالایش بیشتر الیاف نمایان‌تر شده است (Nourbakhsh and Ashori, 2008). مواد پلیمری که مقاومت به ضربه بیشتری دارند مانند یک آستر قوی درون و اطراف الیاف را می‌پوشانند و باعث افزایش مقاومت به ضربه چندسازه می‌گردند. در طی فرایند ساخت چندسازه‌های پلیمری- الیاف، مواد ترکیبی باید

قدرت پیوندزنی داشته باشند و بتوانند فضاهای خالی را پر کنند. ساختار سفت و سخت الیاف بکر مانع از این پدیده می‌شود و با تجمع و عدم پراکندگی مناسب به‌صورت توده‌های کوچک در یک منطقه تجمع کرده و نقش انتقال تنش را به‌خوبی انجام نمی‌دهند و فضاهای خالی بین دو ماده پلیمر و الیاف زیاد می‌شود. درنهایت خاصیت پیوندیابی هم به دلیل فاصله زیاد کاهش می‌یابد. این عوامل باعث کاهش مقاومت‌های مکانیکی می‌شوند؛ اما در چندسازه‌های ساخته شده با الیاف فرآوری شده که انعطاف بیشتری به دلیل پارگی سطوح دیواره دارند الیاف بهتر در بافت زمینه‌ای پلیمری پراکنده شده و فضای خالی را به‌خوبی پر می‌کنند و پیوندهای مناسبی برقرار می‌کنند.

در طی پالایش، الیاف پرزدار شده و سطح تماس بیشتری پیدا می‌کنند (شکل ۷). اگر عملیات پالایش ادامه پیدا کند الیاف بیشتر باز شده و شکاف بیشتری در دیوار سلولی پدیدار می‌شود و این الیاف می‌توانند با مواد پلیمری درهم‌رفتگی بهتری ایجاد کنند. پالایش بجز اتصال بهتر می‌تواند انعطاف‌پذیری الیاف را هم زیاد کند. این افزایش انعطاف‌پذیری در افزایش مقاومت به ضربه فاق‌دار به‌خوبی نشان داده شده است. به‌نحوی‌که الیاف پالایش‌شده تا درجه روانی ۱۴°SR بیشترین مقاومت به ضربه فاقدار و سایر ویژگی‌های مقاومتی را به وجود آورده‌اند. البته الیاف پس از پالایش سطح تماس بیشتری برای برقراری پیوند پیدا خواهد کرد، اما این نکته تا حد مشخص و بهینه‌ای می‌تواند ادامه داشته باشد. همچنان که بیشتر در مورد محصولات سلولزی مثل کاغذ، مقوا و ... شاهد هستیم با شدت پالایش و بیشتر شدن زمان پالایش، ضعیف شدن الیاف بیشتر می‌شود و بعضی مقاومت‌های الیاف کاهش می‌یابد. به طور طبیعی با کاهش مقاومت الیاف مقاومت چندسازه نیز بشدت کاهش خواهد یافت.

منابع مورد استفاده

-Abdul Khalil, H.P.S, Norshashillawati Azura, M., and Issam, A.M., 2008. Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) Reinforced in New Unsaturated Polyester Composites. Journal of Reinforced plastics and Composites, 27(16-17):1827-1832.

-ASTM annual books of standards. 2008. Philadelphia, PA. USA.

-Bledzki, A.K. and Faruk, O., 2003. Wood Fiber Reinforced Poly Propylene Composites: Effect of Fiber Geometry and Coupling Agent On Physico-Mechanical Properties. Composite Materials 10:365-379 (ED) Kluwer Academic Publishers.

-Bledzki, A.K. and Faruk, O., 2006. Effect of Wood Fiber Length and Content on Cell Morphology and Physico–Mechanical Properties. J. of Cellular Plastics, 42:77-85.

-Ghasemi, A.J., Azizi, V.B. and Ehsan, N., 2008. Investigation on the effect of wood particle size on the physical, mechanical and reology og polypropylene wood composite. J. of Polymer Science and Technology, 21(1):45-52.

-Nourbakhsh, A. and Ashori, A., 2008. Fundamental Studies on Wood-Plastic Composites: Effect or Fiber Concentration and Mixing Temperature on the Mechanical Properties of Poplar / PP Composite. Polymer Composite, 29(5): 569-573.

-Park, B.D. and Balatinecz, J.J., 1997. The Effects of Temperature and Moisture Exposure on Properties of Wood-Fiber Thermoplastic Composites. J. Thermoplastic Composite Materials, 10(5):476-487.

-Raj, R.,G., Kokta, B.V. and Daneault, C. J., 1989. Use of wood Fiber as Filler in Common Thermoplastics: Studies on Mechanical Properties. Sci. Eng. Composite Materials, 1(3): 85-98.

-Shakeri, A. and Hashemi, S.A., 2002. The physical properties and topography of the composite material made using paper fibers and high density polyethylene. J. of Agriculture and Natural Resources 9(1):171-182.

-Selk, S.E., 1989. Recycled post-consumer HDPE: Properties and Use as a Matrix for Wood-Fiber Composites. Design and Manufacturing of Advanced Composites. Dearborn, Michigan, USA. Polymer preprints, 32(2); 148-149, 3-5 June.

-Santos, A.S., Farina, M.Z. and Pezzin, P.T., 2008. The Application of Peach Palm Fibers as an Alternative to Fiber Reinforced Polyester Composites. J. of Reinforced Plastics and Composites, 27(16-17)1805-1816.

-Spert, A. and Karlsson, S., 2003. Characterization and Comparison of Thermal and Mechanical Properties of Different Natural Fiber-Filled Polypropylene Composite. 7th International Conference on wood fiber-plastic composites (and other natural fiber). Madison, Wisconsin, USA; May,19-29 2003.

-Tappi standard test methods. 2008. Tappi press, Atlanta, GA. USA.

Investigation on the effect of fiber surface characteristics on mechanical properties of cellulosic fiber /polypropylene composite

Sh. Badamchizadeh[1], A. Jahan Latibari[2]*, M. Roohnia[3] and S.J. Sepedehdam[3]

1- M.Sc., Department of Wood and Paper Sciences and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
2*- Corresponding author, Professor, Department of Wood and Paper Sciences and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, Email: latibari@kiau.ac.ir
3- Associate Prof., Department of Wood and Paper Sciences and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: April, 2013 Accepted: Jan., 2015

Abstract

The effect of softwood fibers surface characteristics on mechanical properties of cellulosic fibers / polypropylene composite (W.P.C) was studied. Fibers were refined to modify the surface characteristics and to reach four different freeness levels (11, 14, 17 and 21 °SR). Then the fibers were compounded with polypropylene using pre-determined levels of 20% fibers and 77% polypropylene and 3% MAPP and samples were made using extrusion molding. The results revealed that refining the fibers will change the strength of the composites. Statistical analysis showed that the impact of the different freeness levels significantly influenced the strength at 99% confidence level. The highest strength levels were reached using fibers with the freeness level of 14 °SR.

Keywords: Polypropylene, cellulosic fibers, mechanical properties, freeness