فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۷، شمارهٔ ۳، صفحهٔ ٤٦٠-٤٤٥، (۱۳۹۱)

بررسی ویژگی‌های چندسازه الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه ـ پلی‌پروپیلن در اثر افزودن حجیم‌کننده

ساسان آبانگا[۱]، احمد جهان لتیباری[۲*]، سید جواد سپیده دم[۳]، مهران روح نیا [۳] و محمد علی حسین[٤]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی
۲*- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
پست الکترونیک: latibari @kiau.ac.ir
۳- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
٤- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

تاریخ دریافت: فروردین ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۱

چکیده

تأثیر دو عامل تقویت‌کننده (الیاف بازیافتی کارتن کنگره کهنه یا OCC) و ماده حجیم‌کننده (آزودی‌کربونامید و بی‌کربنات سدیم) بر دانسیته، ویژگی‌های مقاومتی و پایداری ابعادی چندسازه الیاف پلی‌پروپیلن حجیم شده بررسی گردید. مقدار الیاف تقویت‌کننده معادل ۲۰٪ از وزن کل چندسازه ثابت در نظر گرفته شده و مقدار هر یک از دو ترکیب حجیم‌کننده بین ۳ تا ۷٪ متغیر بوده ویژگی‌های مقاومتی شامل مقاومت‌خمشی (MOR) و مدول‌الاستیسیته خمشی (MOE)، حداکثر مقاومت در برابر کشش و مدول‌الاستیسیته کششی و همچنین مقاومت در برابر ضربه فاقدار اندازه‌گیری گردید. میزان جذب آب بعد از ۲ و ۲٤ ساعت غوطه‌وری در آب مقطر (دمای ۲±۲۳ درجه سانتیگراد) نیز اندازه‌گیری شد. در اثر تجزیه مواد حجیم‌کننده، مقداری از آن در مخلوط باقیمانده و به دلیل نفوذ ماده پلیمری به داخل الیاف OCC دانسیته چندسازه افزایش یافته و از مقدار ۸۳۹/۲ کیلوگرم بر مترمکعب برای پلی‌پروپیلن خالص به مقداری بین ۹۱۹/۲ تا ۹٤۷/۹ کیلوگرم بر مترمکعب در چندسازه‌ها افزایش یافت. در اثر افزودن مواد تقویت‌کننده و حجیم‌کننده، MOR و MOE افزایش یافته و این افزایش فقط به دلیل افزودن الیاف تقویت‌کننده نبود. بلکه افزودن ماده حجیم‌کننده نیز در این افزایش نقش داشت. تأثیر افزودن بی‌کربنات سدیم به‌ویژه در مقادیر ۵ و ۷٪ معنی‌دار بود. البته نتایج مشابهی نیز در مورد مقاومت در برابر کشش مشاهده گردید و بیشترین مقاومت در برابر کشش و مدول‌الاستیسیته کششی در شرایط استفاده از ۵ و ۷٪ بی‌کربنات سدیم به‌دست آمد. افزودن الیاف تقویت‌کننده و مواد حجیم‌کننده به ترکیب چندسازه منجر به افزایش مقاومت در برابر ضربه فاقدار شد و مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه‌ها به‌جزء یک مورد بالاتر از پلی‌پروپیلن خالص به‌دست آمد. از این رو جذب آب چندسازه‌ها زیادتر از پلی‌پروپیلن خالص اندازه‌گیری شد.

واژه‌های کلیدی: چندسازه، پلی‌پروپیلن، الیاف OCC، آزودی‌کربونامید، بی‌کربنات سدیم، مقاومت‌ها.

مقدمه

امروزه حفاظت از منابع طبیعی، نجات جنگل‌ها، کاهش یا اجتناب از برداشت بی‌رویه و قطع درختان و همچنین اعمال محدودیت‌ها در استفاده از چوب ماسیو

مورد توجه همکاران قرار گرفته است. استفاده زیاد و غیر اصولی از چوب و به تبع آن کمبود این ماده، بازیافت محصولات چوبی و غیر چوبی را ضروری کرده و این فرایند اهمیت بسیار بالایی پیدا کرده است. ازجمله تفکرهای در راستای حفاظت از جنگل‌ها و کاهش بهره‌برداری و قطع درختان و درنهایت استفاده مناسب از منابع سلولزی، توسعه و ساخت محصولات ترکیبی با استفاده از چوب است که نه تنها ویژگی‌های مواد تشکیل‌دهنده را تا حدودی حفظ می‌کند، بلکه ویژگی‌های کاربردی جدیدی را ارائه می‌نماید. این فناوری‌ها و محصولات جدید، شامل چندسازه‌های چوب-پلاستیک هستند که با نگرش استفاده مطلوب از چوب و پلاستیک توسعه یافته‌اند. البته امروزه استفاده از چندسازه‌های الیاف طبیعی مورد توجه بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه قرار گرفته است.

در چند دهه‌ی اخیر تحقیقات زیادی در زمینه تولید چوب پلاستیک با استفاده از مواد مختلف و بهبود خواص آن انجام شده است؛ با توجه به ضرورت استفاده از منابع مختلف ماده اولیه و ارتقاء کیفیت محصول، این تحقیقات تداوم دارد.

خان جان زاده و همکاران (۱۳۸۷) تحقیقی در زمینه امکان تولید چندسازه با استفاده از پلی‌پروپیلن بازیافتی از کارخانه تولید نخ نایلونی و استفاده از ۳۰، ۳۵ و ٤٠ درصد خاک اره را ارزیابی کرده‌اند. نمونه‌ها تحت آزمون‌های کشش، خمش و جذب آب قرار گرفته‌اند و بهترین حالت انتخاب شده است. استفاده از کاغذ روزنامه و کاه ساقه برنج برای تهیه چندسازه بر پایه پلی‌استر تحقیق دیگری است که شاکری (۱۳۸۳) در آن به بررسی خواص مکانیکی و شکل‌شناسی محصول پرداخته است. در این پژوهش، چندسازه پلی‌استر با ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی الیاف کاغذ روزنامه بازیافتی و همچنین با استفاده از کاه برنج ساخته شده و خواص مکانیکی (کشش، خمش، مقاومت به ضربه) آن اندازه‌گیری شده است. بررسی مقاومت به اتصال کششی پیچ و میخ چندسازه از آرد ساقه برنج–پلی‌پروپیلن تحقیق دیگری است که نادعلی زاده و همکاران (۱۳۸۷) در آن محصول ساخته شده را تحت آزمون‌های فوق قرار داده‌اند. در این تحقیق پودر ساقه برنج و پلی‌پروپیلن با درصدهای مختلف با هم مخلوط گردید و نتایج آن با هم مقایسه شده است.

کاظمی و همکاران (۱۳۸۷) اثر مقدار پرکننده و جذب آب بر رفتار خزشی چندسازه‌های ساخته شده از ضایعات پلی‌اتیلن سنگین و پودرMDF و اختلاط آنها توسط اکسترودر دو ماردون و استفاده از پرس گرم برای ساخت این محصول را بررسی کرده‌اند. تأثیر مقادیر مختلف پودر MDF بر استحکام خمشی و جذب آب مورد مطالعه قرار گرفته است. بررسی اثر اندازه ذرات چوب بر خواص فیزیکی– مکانیکی و رفتار رئولوژیکی چندسازه پلی‌پروپیلن- پودر چوب تحقیقی است که قاسمی و همکاران (۱۳۸۷) در آن مصرف این ماده را در چوب پلاستیک به‌عنوان منبع جدید مواد اولیه در صنایع مختلف بررسی کرده‌اند. در این تحقیق از٤٠ درصد وزنی پودر چوب با ۳ اندازه ذرات ۱۰۰، ۲۵۰ و٤٠٠μm استفاده گردیده است. این مواد توسط اکسترودر در دو ماردون مخلوط شده و خواص مختلف آن مورد بررسی قرار گرفته است. ابراهیمی و تجویدی (۱۳۸۳) اثر دما بر رفتار خزشی چندسازه حاصل از پلی‌پروپیلن و الیاف طبیعی و خواص محصول و مزیت و جایگزینی الیاف طبیعی به جای الیاف مصنوعی و استفاده از آن در منابع مختلف به

بحث پرداخته‌اند. رفتار خزشی چندسازه حاصل از چهار نوع الیاف بررسی شده و اثر مقادیر مختلف الیاف و دما بر تغییر شکل خزشی مورد توجه قرار گرفته است. شهریاری و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی اثر عامل حجیم‌کننده بر روی گرانول چوب-پلاستیک ساخته شده از پودر چوب و پلی‌پروپیلن بکر و بازیافتی پرداخته‌اند و اثر حجیم‌کننده (آزودی کربونامید) بر روی دانسیته گرانول‌های ساخته شده از پودر چوب و پلاستیک ارزیابی و مرفولوژی این گرانول را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در زمینه اثر عوامل حجیم‌کننده بر روی کاهش دانستیه گرانول‌های حاصل از پلیمر بکر و بازیافتی است. ولی عنوان شده که عوامل حجیم‌کننده می‌توانند پوششی با مقاومت بالا به ضربه ایجاد کنند و چنین چندسازه‌هایی قادر هستند در بسته‌بندی محصولاتی که احتیاج به حفاظت در برابر ضربه دارند استفاده شوند. توسعه تکنولوژی کاهش وزن برای تزئین با استفاده از پلی‌پروپیلن حجیم شده؛ عنوان تحقیق هیکیتا (۲۰۰۲) است که در آن برای کاهش وزن وسائط نقلیه، یک رزین پلی‌پروپیلن حجیم شده (فومینگ) را به‌عنوان ماده‌ای برای قالب‌گیری تزریقی تزئینی ارائه کرده و خواص این محصول را مورد بررسی قرار داده است. توسعه چندسازه‌های حجیم شده پلیمری از پلی‌اتیلن (PE) بازیافتی و گچ بازیافتی توسط گریکو و همکاران (۲۰۰۵) انجام شده و در آن حجیم کردن تحت فشار پلی‌اتیلن بازیافتی از طریق عوامل حجیم‌کننده مورد بررسی قرار گرفته است. مواد سلولزی در یک قالب چرخشی با انواع مختلف پلی‌اتیلن (سنگین و سبک) و با استفاده از گچ بازیافتی و یک عامل حجیم‌کننده تجاری (آزودی‌کربونامید) مخلوط شده و خواص این محصول مورد مطالعه قرار گرفته است. ژانگ و همکاران (۲۰۰٤) حجیم کردن چندسازه پلی‌اتیلن سنگین – الیاف چوب را از طریق دمیدن در زمان ساخت CO_2 به چندسازه مورد ارزیابی قرار داده‌اند. استفاده از ریزکره‌های ترموپلاستیک به‌عنوان عامل اسفنجی کننده در ترکیبات چوب توسط احمد (۲۰۰٤) بررسی شده است. در این چندسازه‌ها از ریزکره‌های ترموپلاستیک تو خالی به‌عنوان عامل حجیم‌کننده به‌ترکیبات چوب پلاستیک وارد شده است. دوام پردازش و اثرهای آن بر ویژگی‌های فیزیکی ارزیابی شده است. البته تأثیر حجیم کردن بر خمش WPC با تراکم‌های مختلف از ریزکره‌ها و خاکاره نیز تعیین شده است. همچنین چندسازه‌های الیاف چوب-پلی‌پروپیلن میکروسلولار قالب‌گیری شده تزریقی تحقیقی است که بلدزکی و فاروک (۲۰۰٦) در مورد چندسازه‌های الیاف چوب به‌عنوان یک تقویت‌کننده در زمینه پلیمر و مزیت‌های آن نسبت به پلیمرهای خالص از نظر هزینه مواد و بعضی از ویژگی‌های مکانیکی نظیر سختی ارزیابی شده است. ریزحجیم کردن (فوم کردن) ساقه شاهدانه و چندسازه پلی‌پروپیلن تقویت‌شده با الیاف چوبی تحقیق دیگری است که بلدزکی و همکاران (۲۰۰٤) انجام داده‌اند. این محصول دوستدار محیط‌زیست است و قابلیت بازیافت بالا دارد و دارای کاربردهای زیادی است. به طوری که ویژگی‌های مهندسی نسبتاً خوب و تراکم پایین‌تر برای کاربردهای مختلف تکنیکی از خود نشان می‌دهد.

ویژگی‌های سبک وزن بودن و ساختار منفذدار مواد اسفنجی ساخته شده از خاکستر لجن فاضلاب توسط وانگ و همکاران (۲۰۰۵) بررسی شده و ساختار مواد فوم شده و تأثیر قابل ملاحظه‌ای که بر روی عملکرد دمایی

مواد دارند ارزیابی شده است. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و چگونگی ترکیب نسبت‌ها، بر رفتار اسفنجی شامل ویژگی‌های محصول حجیم شده مورد بررسی قرار گرفته است. ساخت چندسازه حجیم از پلی‌اتیلن سنگین- خاک اره و استفاده از عوامل اسفنجی کننده شیمیایی تحقیق لی و ماتوانا (۲۰۰۲) در مورد عوامل اسفنجی کننده شیمیایی است. همچنین استفاده از عوامل جفت‌کننده می‌باشد که بر روی کاهش دانسیته یا حذف فضاهای خالی و مرفولوژی سلولی پلی‌اتیلن سنگین خالص و چندسازه‌های پلی‌اتیلن سنگین- خاک اره و تأثیر این عوامل روی محصول ساخت شده مورد بررسی قرار داده‌اند. اثر عوامل حجیم‌کننده شیمیایی، عامل‌های تزریقی و شاخص جریان- مذاب بر روی ریز ساختار و ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های پلی‌پروپیلن-خاک اره با قالب‌گیری تزریقی میکروسلولی تحقیق دیگری از بلدزکی و فاروک (۲۰۰٤) در مورد استفاده روبه رشد این محصول و جایگزین شدن این محصول و دیگر محصولات حجیم شده بجای محصولات بدون مواد حجیم‌کننده است. این محصولات حجیم شده وزنی کمتر و ساختار نزدیکتر به چوب دارند. اثر عوامل حجیم‌کننده‌ی شیمیایی مختلف، عامل‌های تزریق و انواع پلی‌پروپیلن بر روی دانسیته حاوی ریز فضاها و ویژگی‌های فیزیکی مکانیکی، ناهمواریهای سطحی و طبقه‌بندی میکروسلولزی چندسازه پلی‌پروپیلن-الیاف چوبی ریز حجیم شده مطالعه شده است.

در این مطالعه تأثیر دو عامل تقویت‌کننده و دو نوع ماده حجیم‌کننده بر روی ویژگی‌های مقاومتی و جذب آب چندسازه پلی‌پروپیلن – الیاف OCC بررسی شده است.

مواد و روشها

در این بررسی چندسازه تقویت شده با الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه و دو نوع ماده حجیم‌کننده با ویژگی‌های برتر از پلی‌پروپیلن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

عوامل متغیر:

۱- پلی‌پروپیلن: گرانول پلی‌پروپیلن Moplen V35sتولید شده در کارخانه پتروشیمی اراک، با شاخص جریان مذاب: 18gr/10min؛ ازدیاد طول: ۱۲ درصد و نقطه نرم شدن: ۱٥٤ درجه سانتی‌گراد مورد استفاده قرار گرفته است. مقدار پلی‌پروپیلن معادل ۷۰، ۷۲ و ۷٤ درصد مخلوط انتخاب شده است.

۲- حجیم‌کننده: دو نوع ماده حجیم‌کننده، آزودی‌کربونامید ($C_2H_4N_4O$) و بی‌کربنات سدیم ($NaHCO_3$) و مقدار هر یک از مواد حجیم‌کننده ۳، ٥ و ۷ درصد انتخاب شده است.

عوامل ثابت:

۱- MAPP: برای چسبندگی و اتصال بهتر بین الیاف و پلاستیک و بهبود ویژگی‌های خواص چندسازه، از ماده جفت‌کننده مرسوم MAPP (پلی‌پروپیلن انیدرید مالئیک‌دار) (Mp156^{o} -Mn3900-Mw9100) تولید آلدریچ آمریکا و به مقدار ثابت۳ درصد.

۲- الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه (OCC) به مقدار ۲۰ درصد وزن چندسازه

آماده‌سازی الیاف کارتن کنگره‌ای کهنه (OCC) برای ساخت نمونه‌های آزمایشی

به‌منظور تهیه الیاف OCC؛ ابتدا کارتن کنگره‌ای کهنه را به قطعات کوچک خرد کرده و بعد در آب خیسانده شده است. بعد از حدود ٤٨ ساعت غوطه‌وری در آب،

الیاف توسط پالایشگر، جداسازی شده و سپس توسط الک (با اندازه سوراخ‌های ١٤ مش) غربال شده و پس از آن خشک شده‌اند. الیاف را بعد از خشک کردن توسط هوای فشرده جداسازی کرده و به مدت ٢٤ ساعت در دمای ۲±۱۰۳ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شدند تا رطوبت آن به ۲ درصد کاهش یابد. سپس اختلاط الیاف OCC، PP، MAPP و حجیم‌کننده انجام شد.

فرایند مخلوط‌سازی در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد و با سرعت ماردون ٦٠ دور در دقیقه در دستگاه هک (HAKKE) انجام شد. مخلوط مواد چندسازه به صورت قطعاتی از دستگاه خارج می‌شود. البته مخلوط مواد آماده شده پس از سرد شدن آسیاب شده است. ساخت نمونه‌ها توسط دستگاه پرس تزریقی انجام شده است. در هر دوره پرس کردن نمونه‌های کشش، خمشی، ضربه (از نوع فاقدار) و جذب آب، ساخته می‌شود. نمونه‌های آماده شده به مدت ٤٨ ساعت در شرایط متعادل‌سازی در دمای ۲±۲۳ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی۵ ±٦٥٪ قرار گرفته‌اند. ساخت نمونه‌ها در پژوهشگاه پلیمر ایران انجام شده است.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی

اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی نمونه‌هایی که قبلاً در شرایط مشروط کردن قرار گرفته‌اند، براساس آیین‌نامه‌های ASTM به‌شرح زیر انجام شده است:

آزمون مقاومت کششی: دستورالعمل D638–01

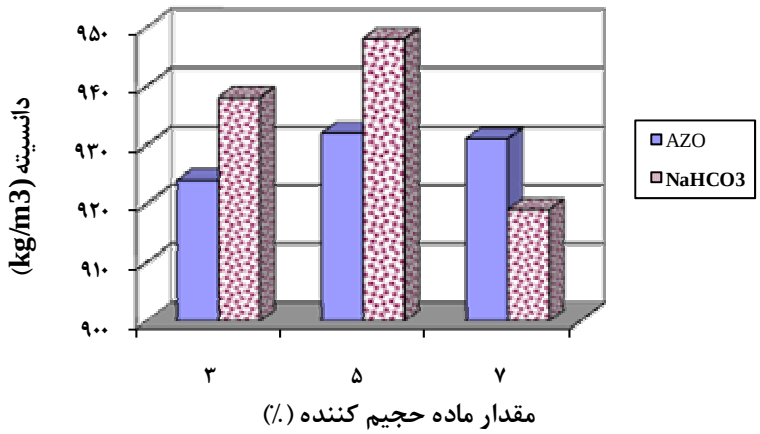
آزمون خمشی: دستورالعمل D7031-04

آزمون مقاومت به ضربه فاقدار: دستورالعمل D256–97

آزمون جذب آب: دستورالعمل D570-98

کلیه آزمون‌های کششی و خمشی توسط دستگاه اندازه‌گیری مقاومت‌های مکانیکی، مدل اینسترون (Instron) و مقاومت به ضربه توسط دستگاه ایزود (Izod)، دانشکده منابع طبیعی تهران انجام شده است.

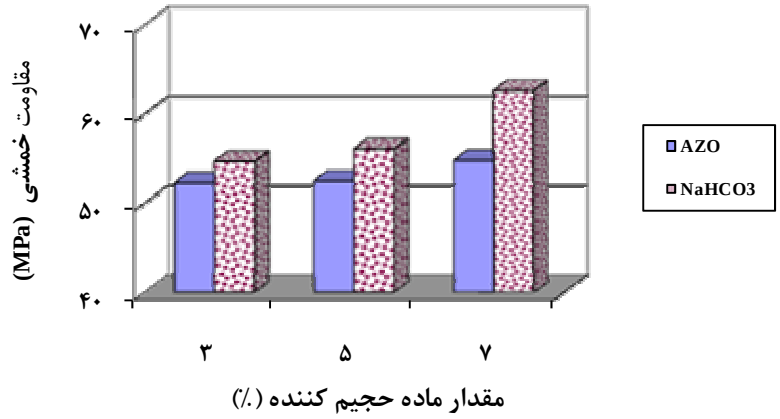
تحلیل آماری داده‌ها: تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی انجام گرفته و در صورت معنی‌دار شدن اختلاف بین میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای گروه‌بندی میانگین‌ها استفاده شده است.



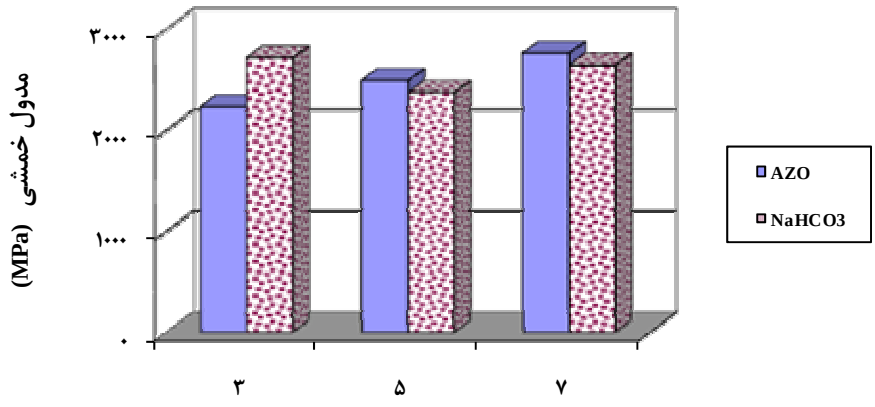
شکل ۱- تأثیر مقدار و نوع ماده حجیم‌کننده بر دانسیته چندسازه الیاف OCC- پلی‌پروپیلن (مقدار الیاف OCC؛ ۲۰٪ و مقدار MAPP؛ ۳٪).

نتایج

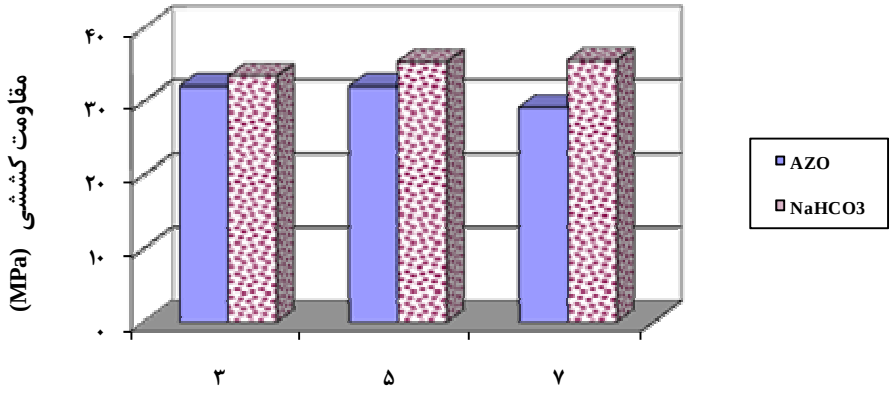
در این بررسی تأثیر همزمان عامل حجیم‌کننده (فوم زا) و تقویت‌کننده (OCC) بر ویژگی‌های چندسازه الیاف OCC – پلی‌پروپیلن حجیم شده مورد ارزیابی قرار گرفته است. دو ماده حجیم‌کننده گرمازا (آزودی‌کربونامید) و گرماگیر (بی‌کربنات سدیم) به طور جداگانه به ترکیب افزوده شده و پس از آن اختلاط مواد انجام شده و نمونه ساخته شده است. ویژگی‌های مقاومتی چندسازه‌ها شامل مقاومت در برابر گسیختگی (MOE)، مدول‌گسیختگی (MOE)، مقاومت در برابر کشش و جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ اندازه‌گیری شده است (شکل ۱ تا ۸).



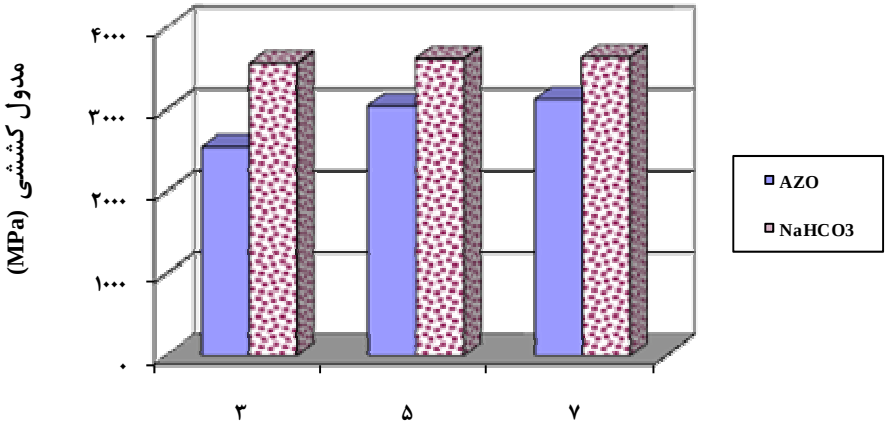
شکل ۲- تأثیر مقدار و نوع ماده حجیم‌کننده بر مقاومت‌خمشی (MOR) چندسازه الیاف OCC- پلی‌پروپیلن (مقدار الیاف OCC؛ ۲۰٪ و مقدار MAPP؛ ۳٪).



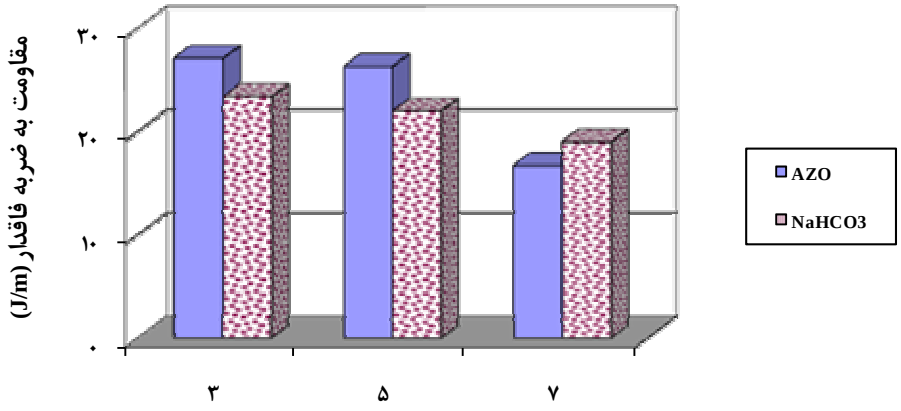
شکل ۳- تأثیر مقدار و نوع ماده حجیم‌کننده بر مدول خمشی (MOE) چندسازه الیاف OCC- پلی‌پروپیلن (مقدار الیاف OCC؛ ۲۰٪ و مقدار MAPP؛ ۳٪).



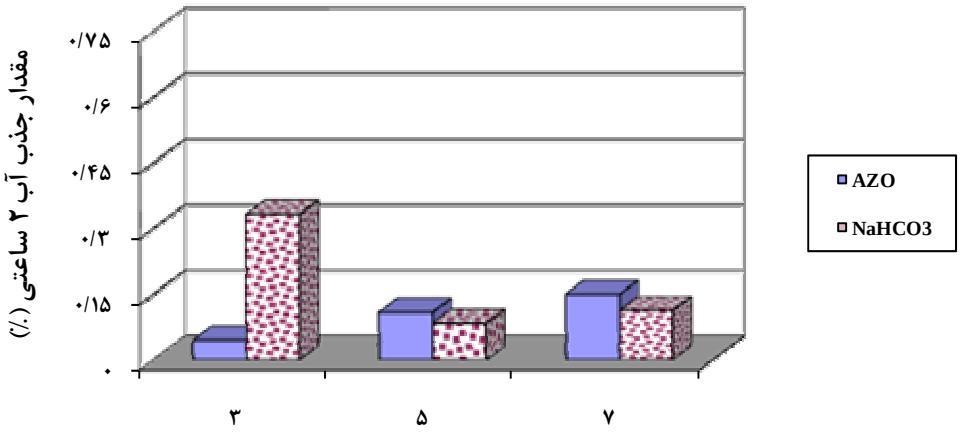
شکل ٤- نمودار تأثیر مقدار و نوع ماده حجیم‌کننده بر مقاومت در برابر کشش چندسازه الیاف OCC- پلی‌پروپیلن (مقدار الیاف OCC؛ ۲۰٪ و مقدار MAPP؛ ۳٪).



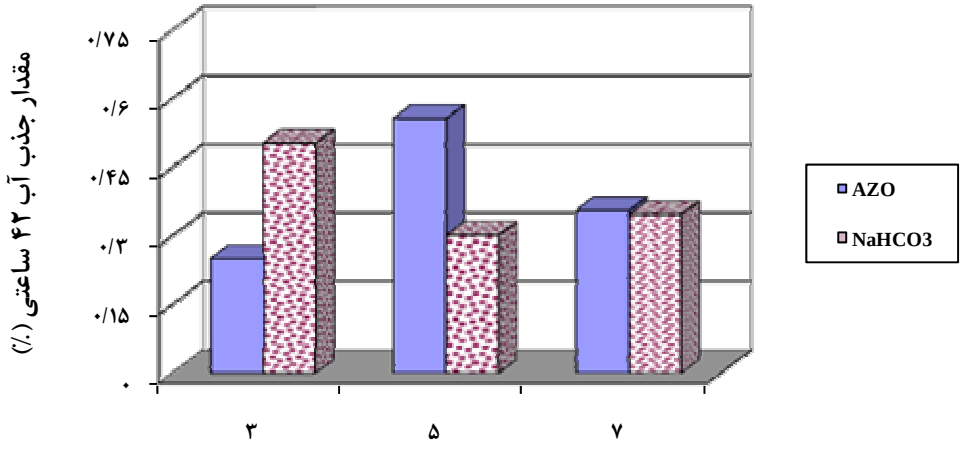
شکل ٥- تأثیر مقدار و نوع ماده حجیم‌کننده بر مدول کششی چندسازه الیاف OCC- پلی‌پروپیلن (مقدار الیاف OCC؛ ۲۰٪ و مقدار MAPP؛ ۳٪).



شکل ٦- تأثیر مقدار و نوع ماده حجیم‌کننده بر مقاومت در برابر ضربه فاقدار چندسازه الیاف OCC- پلی‌پروپیلن (مقدار الیاف OCC؛ ۲۰٪ و مقدار MAPP؛ ۳٪).



شکل۷- تأثیر مقدار و نوع ماده حجیم‌کننده بر درصد جذب آب ۲ ساعته چندسازه الیاف OCC- پلی‌پروپیلن (مقدار الیاف OCC؛ ۲۰٪ و مقدار MAPP؛ ۳٪).



شکل ۸ – تأثیر مقدار و نوع ماده حجیم‌کننده بر درصد جذب آب ٢٤ ساعته چندسازه الیاف OCC- پلی‌پروپیلن (مقدار الیاف OCC؛ ۲۰٪ و مقدار MAPP؛ ۳٪).

نتیجه ارزیابی آماری تأثیر عوامل مورد بررسی بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به صورت تجزیه واریانس (ANOVA) در جدول ۱ خلاصه شده است. همان طور که در جدول ۱ مشخص است، تأثیر عوامل مورد بررسی بر ویژگی‌های مقاومتی چندسازه در سطح ۹۹٪ معنی‌دار شده است. ولی تأثیر این عوامل بر میزان جذب آب پس از ۲ ساعت و ٢٤ ساعت غوطه‌وری در آب معنی‌دار نشده است. با توجه به معنی‌دار شدن تأثیر عوامل مورد بررسی بر ویژگی مقاومتی چندسازه، گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از روش گروه‌بندی دانکن انجام شده و نتایج در جدول ۲ نشان داده شده است.

دانسیته پلی‌پروپلین معادل ۸۳۹/۲ کیلوگرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شده است، که در اثر افزودن ۲۰٪ الیاف OCC و مقادیر مختلف حجیم‌کننده تا حدود ۹٤۷ کیلوگرم بر مترمکعب افزایش یافته است. تأثیر افزودن مقادیر مختلف ماده حجیم‌کننده بر این ویژگی در سطح ۹۹٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۱). البته میزان افزایش یکسان نبوده بلکه در اثر استفاده از بی‌کربنات سدیم افزایش بیشتری در دانسیته چندسازه در مقایسه با آزودی‌کربونامید را شاهد هستیم (شکل ۱). تنها استثنا در تغییر دانسیته مربوطه چندسازه‌ای است که در آن از ۷٪ بی‌کربنات سدیم استفاده شده است. در این حالت دانسیته کمتر از حالتی است که از ۳ یا ۵٪ بی‌کربنات سدیم استفاده شده است.

میانگین دانسیته نمونه‌ها در ۳ گروه قرار گرفته‌اند (جدول ۲). به طوری که کمترین مقدار دانسیته معادل ۸۳۹/۲ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به پلی‌پروپیلن خالص است و بیشترین مقدار دانسیته معادل ۹٤۷/۹ کیلوگرم بر مترمکعب با اعمال ۵٪ بی‌کربنات سدیم به مخلوط پلی‌پروپیلن– الیاف OCC تعلق دارد.

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر عوامل مورد بررسی چندسازه الیاف OCC- پلی‌پروپیلن حجیم شده

		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی‌دار
دانسیته	بین گروه‌ها	۲۳۷٤۷/۸۷۱	٦	۳۹٥۷/۹۷۹	۲٤/٥٦۹	۰/۰۰۰
	داخل گروه‌ها	۲۲٥٥/۳۰۷	۱٤	۱٦۱/۰۹۳		
	کل	۲٦۰۰۳/۱۷۸	۲۰			
مقاومت‌خمشی	بین گروه‌ها	٦۱٥/٦۹٤	٦	۱۰۲/٦۱٦	۲۱/۷۰۳	۰/۰۰۰
	داخل گروه‌ها	٦٦/۱۹٥	۱٤	٤/۷۲۸		
	کل	٦۸۱/۸۸۹	۲۰			
مدول خمشی	بین گروه‌ها	٥۰٤٤۳۳۲/٥	٦	۸٤۰۷۲۲/۰۷۹	٥۰/۳۲۳	۰/۰۰۰
	داخل گروه‌ها	۲۳۳۸۹۰/٦۷	۱٤	۱٦۷۰٦/٤۷٦		
	کل	٥۲۷۸۲۲۳/۱	۲۰			
مقاومت کششی	بین گروه‌ها	۹۲/٦۸٤	٦	۱٥/٤٤۷	٥/٤۹۱	۰/۰۰٤
	داخل گروه‌ها	۳۹/۳۸٥	۱٤	۲/۸۱۳		
	کل	۱۳۲/۰٦۸	۲۰			
مدول کششی	بین گروه‌ها	۸۲۲۰٤٥۸/٥	٦	۱۳۷۰۰۷٦/٤۱۳	۱۰/۰۹٥	۰/۰۰۰
	داخل گروه‌ها	۱۹۰۰۱۲٥/۳	۱٤	۱۳٥۷۲۳/۲۳۸		
	کل	۱۰۱۲۰٥۸٤	۲۰			
جذب آب ۲ ساعتی	بین گروه‌ها	۰/۰۹۸	٦	۰/۰۱٦	۱/۰٤۷	۰/٤۳۷
	داخل گروه‌ها	۰/۲۱۹	۱٤	۰/۰۱٦		
	کل	۰/۳۱۸	۲۰			
جذب آب ۲٤ ساعتی	بین گروه‌ها	۰/۳۰٥	٦	۰/۰٥۱	۱/۷۸۹	۰/۱۷۳
	داخل گروه‌ها	۰/۳۹۸	۱٤	۰/۰۲۸		
	کل	۰/۷۰۳	۲۰			
مقاومت به ضربه	بین گروه‌ها	۲۸۱/٤۷۰	٦	٤٦/۹۱۲	۲/٤٦٤	۰/۰۷۷
	داخل گروه‌ها	۲٦٦/٥۰۰	۱٤	۱۹/۰۳٦		
	کل	٥٤۷/۹۷۰	۲۰			

در اثر افزودن همزمان الیاف تقویت‌کننده (OCC) و ماده حجیم‌کننده، مقاومت‌خمشی (MOR) و مدول‌الاستیسیته‌ی خمشی (MOE) افزایش یافته است. مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته پلی‌پروپیلن به‌ترتیب معادل ٤۲/۹٥ مگاپاسکال و ۱۲۳۲ مگاپاسکال اندازه‌گیری شده است که بعد افزودن الیاف و مواد حجیم‌کننده به مقادیری بین ٥۲/۳۳ تا ٦۲/٦۲ مگاپاسکال و ۲۲۳٤ تا ۲٦٤٥ مگاپاسکال افزایش یافته است (شکل ۲ و ۳). تحلیل آماری نتایج مربوط به این ویژگی‌ها نشان می‌دهد که تأثیر عوامل مورد بررسی بر آنها در سطح ۹۹٪ معنی‌دار بوده و اختلاف معنی‌داری بین ویژگی‌های خمشی چندسازه با پلی پروپلین و بین ویژگی‌های انواع چندسازه ساخته شده وجود دارد (جدول ۲).

جدول ۲ – گروه‌بندی دانکن نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های چندسازه از الیاف OCC – پلی‌پروپیلن حجیم شده

کد نمونه	PP (٪)	$NaHCO_3$ (٪)	AZOD (٪)	OCC (٪)	دانسیته (kg/m^3)	MOR (MPa) مقاومت‌خمشی	MOE (MPa) مدول خمشی	مقاومت کششی (MPa)	مدول کششی (MPa)	مقاومت به ضربه J/m	جذب آب ۲ ساعتی (٪)	جذب آب ۲٤ ساعتی (٪)
۱	۷٤	–	۳	۲۰	^{ab}۹۲٤/۲	^{ab}٥۲/۳۳	^{b}۲۲۳٤	^{ab}۳۲/۱۰	^{ab}۲٥٤۳	^{b}۲۷/۱	۰/۰٤٥	۰/۲٥۱
۲	۷۲	–	٥	۲۰	^{ab}۹۳۱/۸	^{ab}٥۲/٥٤	^{cd}۲٤۹٥	^{ab}۳۲/۱٤	^{bc}۳۰٤٤	^{b}۲٦/۳	۰/۱۰۹	۰/٥٥۷
۳	۷۰	–	۷	۲۰	^{ab}۹۳۱	^{ab}٥٤/۸۱	^{e}۲۷٦٦	^{a}۲۹/۱٥	^{bc}۳۱۲٥	^{a}۱٦/۷	۰/۱٥۰	۰/۳٥٦
٤	۷٤	–	–	۲۰	^{ab}۹۳۷/۹	^{ab}٥۳/۷۰	^{de}۲۷۱۹	^{bc}۳۳/٤۸	^{c}۳٥٦۳	^{ab}۲۳/٤	۰/۲۳۳	۰/٥۰۳
٥	۷۲	٥	–	۲۰	^{b}۹٤۷/۹	^{ab}٥٦/۱۰	^{bc}۲۳۷٦	^{c}۳٥/٤۱	^{c}۳٦۱۹	^{ab}۲۲	۰/۰۸٤	۰/۳۰۲
٦	۷۰	۷	–	۲۰	^{ab}۹۱۹/۲	^{b}٦۲/٦۲	^{de}۲٦٤٦	^{c}۳٥/٦۲	^{c}۳٦۳۷	^{ab}۱۹	۰/۱۱۳	۰/۳٤۷
۷	۱۰۰	–	–	۰	^{a}۸۳۹/۲	^{a}٤۲/۹٥	^{a}۱۲۳۲	^{ab}۳۱/۸۹	^{a}۱۸٤۷	^{ab}۱۸/۸	۰/۰۰۱	۰/۰۷٥

(مقدار واکشیدگی ضخامت در نمونه‌ها صفر است).

در اثر افزودن مقادیر بین ۳٪ تا ۷٪ آزودی‌کربونامید به چندسازه، مقاومت‌خمشی تا ٥٤/۸۱ مگاپاسکال و مدول‌الاستیسیته تا مقدار ۲۷٦٦ مگاپاسکال افزایش یافته است. باوجودی که بین مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته چندسازه‌ها و پلی‌پروپیلن خالص اختلاف معنی‌داری وجود دارد ولی بین مقاومت‌خمشی چندسازه‌های ساخته شده با مقادیر مختلف آزودی کربونامید اختلاف وجود ندارد و در یک گروه قرار می‌گیرند (جدول ۲). ولی بین مدول‌الاستیسیته آنها اختلاف معنی‌دار وجود داشته و در سه گروه مجزا قرار گرفته‌اند (جدول ۲). البته حالت مشابهی نیز در مورد بی‌کربنات سدیم مشاهده می‌گردد.

میانگین MOR نمونه‌ها در ۲ گروه قرار گرفته‌اند (جدول ۲). به طوری که کمترین مقدار MOR معادل ٤۲/۹٥ مگاپاسکال مربوط به پلی‌پروپیلن خالص و بیشترین مقدار MOR معادل ٦۲/٦۲ مگاپاسکال با اعمال ۷٪ بی‌کربنات سدیم به مخلوط چندسازه به‌دست آمده است. گروه‌بندی میانگین‌های MOE نمونه‌ها نیز تقریباً مشابه MOR بوده است. میانگین‌ها در ٤ گروه قرار گرفته‌اند (جدول ۲). به نحوی که کمترین مقدار MOE معادل ۱۲۳۲ مگاپاسکال مربوط به پلی‌پروپیلن خالص و بیشترین آن معادل ۲۷۱۹ مگاپاسکال با اعمال ۳٪ بی‌کربنات سدیم به مخلوط چندسازه به‌دست آمده است.

اصولاً افزودن مواد تقویت‌کننده الیافی نظیر الیاف OCC در مقادیر کم قادر به ارتقاء قابل ملاحظه‌ای در مقاومت کششی چندسازه خواهد شد. در این بررسی با وجودی که افزودن ۲۰٪ الیاف OCC توانسته است مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته خمشی را افزایش دهد، ولی تأثیر آن بر مقاومت کششی چندسازه‌ها در حالی که معنی‌دار است ولی افزایش قابل توجهی مشاهده نمی‌گردد (شکل ٤)؛ حتی در یک مورد کاهش در این ویژگی وجود دارد. مقاومت در برابر کشش چندسازه در اثر افزودن ۳٪ و ٥٪ آزودی کربونامید به مخلوط آن افزایش کمی را ایجاد کرده است، ولی بین مقادیر اندازه‌گیری شده با مقاومت در برابر کشش پلی‌پروپیلن اختلاف معنی‌داری

وجود دارند. ولی در اثر استفاده از ۷٪ آزودی کربونامید در مخلوط چندسازه، مقدار مقاومت در برابر کشش چندسازه تا ۲۹/۱۵ مگاپاسکال کاهش یافته و این مقدار با مقاومت در برابر کشش پلی‌پروپیلن و چندسازه ساخته شده با اختلاط ۳٪ و ۵٪ آزودی کربونامید اختلاف دارد (جدول ۲). البته کمترین مقدار مقاومت کششی معادل ۲۹/۱۵ مگاپاسکال مربوط به چندسازه با ۷٪ آزودی‌کربونامید و بیشترین مقدار مقاومت کششی معادل ۳۵/۷ مگاپاسکال با اعمال ۷٪ بی‌کربنات سدیم به‌دست آمده است. میانگین مدول کششی نمونه‌ها در ٤ گروه قرارگرفته‌اند (جدول ۲). به طوری که کمترین مقدار مدول کششی معادل ۱۸٤۷/۳۳ مگاپاسکال در مورد پلی‌پروپیلن خالص و بیشترین مقدار مدول کششی معادل ۳٦۳۷ مگاپاسکال با اعمال ۷٪ بی‌کربنات سدیم به‌دست آمده است.

با وجود اینکه مقاومت به ضربه فاقدار اندازه‌گیری شده از تمام چندسازه‌ها در سه گروه قرار گرفته‌اند ولی تفاوت زیادی بین چندسازه‌های ساخته شده با افزودن یک نوع ماده حجیم‌کننده مشخص مشاهده نمی‌گردد (جدول ۲). نکته قابل توجه این است که نخست تأثیر بی‌کربنات سدیم در افزایش در برابر ضربه فاقدار زیادتر است و درثانی تأثیر آزودی‌کربونامید در مقادیر مصرف کمتر، بهتر می‌باشد. به طوری که مقاومت در برابر ضربه فاقدار با ۷٪ آزودی کربونامید حتی از پلی‌پروپیلن خالص کمتر است. ولی وقتی مقدار این ماده در ترکیب محدود به ۳٪ می‌شود، مقدار مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه تا ۲۷ ژول بر متر افزایش می‌یابد. البته بین مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه با مقادیر مختلف بی‌کربنات سدیم و پلی‌پروپیلن خالص اختلاف معنی‌داری وجود دارد؛ امّا اختلاف معنی‌داری بین میانگین‌های جذب آب ۲ ساعتی نمونه‌ها مشاهده نمی‌گردد. ولی کمترین مقدار جذب آب ۲ ساعتی معادل ۰/۰۰۱ مربوط به پلی‌پروپیلن خالص و بیشترین مقدار جذب آب ۲ ساعتی معادل ۰/۲۳۳ با مصرف ۳٪ بی‌کربنات سدیم به‌دست آمده است. همچنین اختلاف معنی‌داری بین میانگین جذب آب ۲٤ ساعتی نمونه‌ها وجود ندارد. به طوری که کمترین مقدار درصد جذب آب ۲٤ساعتی معادل ۰/۰۷۵ مربوط به پلی‌پروپیلن خالص و بیشترین مقدار درصد جذب آب ۲٤ساعتی معادل ۰/۵۵۷ و ۰/۵۰۳ با مصرف ۵٪ آزودی کربونامید و ۳٪ بی‌کربنات سدیم به‌دست آمده است.

بحث

در ساخت چندسازه‌ی الیاف سلولزی-پلاستیک هدف اصلی تقویت و ارتقاء ویژگی‌های مقاومتی محصول می‌باشد. در چنین فرایندی از انواع الیاف نظیر الیاف خمیرکاغذ رنگ‌بری شده و یا رنگ‌بری نشده از چوب‌های مختلف استفاده می‌شود. در این حالت متناسب با ویژگی‌های مقاومتی الیاف، ویژگی‌های مقاومتی چندسازه ارتقا یافته و کاربرد محصول بهتر می‌شود. ولی با افزودن الیاف به مخلوط، دانسیته محصول نیز زیاد می‌شود. بنابراین برای کاهش دانسیته و یا ثابت نگه داشتن آن از مقادیر متفاوتی مواد حجیم‌کننده (فوم‌زا) استفاده می‌گردد. این مواد در هنگام فرآوری پلاستیک از طریق واکنش گرمازا و یا گرماگیر و آزاد کردن ترکیبات گازی نظیر دی اکسید کربن ساختمان متخلخل به وجود آورده و دانسیته چندسازه کاهش پیدا می‌کند (ژانگ و همکاران ۲۰۰٤؛ بلدزکی و فاروک ۲۰۰٦؛ بلدزکی و همکاران ۲۰۰۵؛ لی و ماتوئانا ۲۰۰۳؛ وانگ و همکاران ۲۰۰۵).

ترکیب‌های گرمازا نظیر ترکیب‌های آزودی کربونامید، ساختار متخلخل نایکنواخت و ترکیب‌های گرماگیر نظیر بی کربنات سدیم، ساختار با تخلخل یکنواخت بوجود می‌آورند (وانگ و همکاران، ۲۰۰۵). اغلب پژوهش‌ها عنوان می‌کنند که وقتی از ترکیب‌های حجیم‌کننده استفاده می‌گردد، ویژگی‌های خمشی بهبود پیدا نمی‌کند.

در این بررسی تأثیر همزمان عامل تقویت‌کننده (الیاف بازیافتی کارتن کنگره کهنه یا OCC) و حجیم‌کننده (آزودی کربونامید و بی کربنات سدیم) بر دانسیته، ویژگی‌های مقاومتی و پایداری ابعادی چندسازه الیاف پلاستیک بررسی شده است. الیاف تقویت‌کننده در مقدار ۲۰٪ وزن کل چندسازه ثابت در نظر گرفته شده و مقدار هر یک از دو ترکیب حجیم‌کننده بین ۳ تا ۷٪ درصد متغیر بوده است (جدول ۲). ویژگی‌های مقاومتی شامل مقاومت‌خمشی (MOR) و مدول‌الاستیسیته خمشی (MOE)، حداکثر مقاومت در برابر کشش و مدول‌الاستیسیته کششی و همچنین مقاومت در برابر ضربه فاقدار اندازه‌گیری شده است. میزان جذب آب بعد از ۲ساعت و ۲٤ساعت غوطه‌وری در آب‌مقطر (دمای ۲±۲۳ درجه سانتیگراد) نیز اندازه‌گیری شده است.

با وجودی که توقع بر این است که دانسیته چندسازه در اثر افزودن حجیم‌کننده کاهش یابد، ولی در مقادیر کم مصرف حجیم‌کننده در دمای پایین‌تر و استفاده همزمان از الیاف تقویت‌کننده نخست گاز کافی برای محبوس شدن در چندسازه ایجاد نشده است و گاز کم تولید شده از محیط واکنش و از داخل چندسازه خارج می‌گردد. بنابراین در اثر باقیماندن ماده پس از واکنش، توده سنگین‌تری ایجاد می‌شود. به علاوه اینکه حضور ماده سلولزی سنگین‌تر از پلی‌پروپیلن (دانسیته ماده الیاف سلولزی حدود ۱/۵ گرم بر سانتیمترمکعب است) و نفوذ پلیمر به داخل الیاف، به افزایش دانسیته چندسازه‌ها کمک می‌کند. البته تأثیر باقی ماندن مواد حاصل از تجزیه بی‌کربنات سدیم بیشتر بوده است. در اثر دو پدیده‌ی مذکور، دانسیته چندسازه به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. ولی در مقادیر زیادتر بی کربنات سدیم، گاز دی اکسید کربن آزاد شده به اندازه‌ای زیاد است که قادر به حجیم کردن توده چندسازه و کاهش دانسیته شده است.

ویژگی‌های خمشی MOR و MOE چندسازه‌ها با استفاده از بی‌کربنات سدیم برتر از حالت استفاده از آزودی‌کربونامید است. دلیل توانایی بی‌کربنات سدیم در افزایش مقاومت‌خمشی نامشخص است، ولی احتمال نقش کاتالیزوری این ماده در فرایند تشکیل اتصال بین الیاف و پلی‌پروپیلن را باید در نظر گرفت. البته واکنش مقطعی بی‌کربنات با الیاف سلولزی و ایجاد نقاط واکنش‌زا بیشتر متحمل است.

احتمالا در اثر استفاده از مقادیر زیادتر آزودی کربونامید، به دلیل آزاد شدن مقادیر زیادتر گازها و شرایط گرمازا، تخریبی در الیاف اتفاق افتاده و از قابلیت اتصال بین الیاف و پلی‌پروپیلن کاسته شده است.

تأثیر افزودن بی‌کربنات سدیم بر مقاومت در برابر کشش نمونه‌های چندسازه زیادتر بوده و توانسته است این ویژگی را افزایش دهد. اختلاف بین مقاومت کششی چندسازه با پلی‌پروپیلن و همچنین اختلاف معنی‌دار بین مقاومت در برابر کشش چندسازه‌ها با استفاده از بی‌کربنات سدیم معنی‌دار بوده در گروه‌های جداگانه قرار گرفته است. تحلیل داده‌های مربوطه به مدول‌الاستیسیته کششی نمونه‌های چندسازه با استفاده از دو نوع

حجیم‌کننده و مقادیر مختلف آنها نشان می‌دهد که در اثر افزودن الیاف OCC و حجیم‌کننده، این ویژگی افزایش یافته و بیشتر از پلی‌پروپیلن خالص است. به علاوه اینکه ارقام مربوط به نمونه‌های مختلف نیز از روندی خاص برخوردار نمی‌باشد و تأثیر نوع ماده حجیم‌کننده و مقدار آن بر این ویژگی مشخص نمی‌باشد. ولی نکته قابل توجه این است که هر چه مقدار ماده حجیم‌کننده در مخلوط زیادتر می‌شود، این ویژگی نیز زیادتر شده است. همچنین تأثیر بی‌کربنات سدیم در افزایش مدول‌الاستیسیته کششی زیادتر است و ارقام اندازه‌گیری شده، مقادیر بیشتری را نشان می‌دهند. با توجه به اینکه مقاومت در برابر کشش نمونه‌های چندسازه با مقادیرمختلف بی‌کربنات سدیم زیادتر بوده است، می‌توان چنین استنباط کرد که نخست اتصال بهتری بین الیاف و پلی‌پروپیلن به وجود آمده و درثانی وجود کربنات سدیم به‌عنوان ماده باقی مانده از واکنش تجزیه بی‌کربنات سدیم، سختی بیشتری در چندسازه ایجاد کرده و باعث زیاد شدن مدول‌الاستیسیته کششی شده است.

مواد پلاستیکی نظیر پلی‌پروپیلن ازجمله مواد ضربه‌پذیر می‌باشند. ولی این ویژگی را می‌توان با افزودن مواد الیافی و هم‌چنین ایجاد پیوند بین مواد الیافی و پلی‌پروپیلن افزایش داد. نتایج اندازه‌گیری مقاومت به ضربه فاقدار چندسازه‌های الیاف OCC-پلی‌پروپیلن که با افزودن مقادیر متفاوتی از دو نوع ماده حجیم‌کننده ساخته شده، نشان می‌دهد که به‌جز یک ترکیب (چندسازه‌ای که با افزودن ۷٪ آزودی‌کربونامید ساخته شده است) در بقیه چندسازه‌ها، این ویژگی افزایش یافته است. با وجودی که مقاومت در برابر ضربه فاقدار چندسازه ساخته شده با استفاده از بی‌کربنات سدیم زیادتر از پلی‌پروپیلن خالص اندازه‌گیری شده است ولی اختلاف معنی‌داری با آن ندارد. در مورد بی‌کربنات سدیم، با زیاد شدن مقدار آن در ترکیب چندسازه، مقاومت در برابر ضربه فاقدار زیادتر شده است. بنابراین نتایج نشان می‌دهد که عملکرد آزودی کربونامید در افزایش مقاومت به ضربه فاقدار بهتر است.

جذب آب در پلاستیک‌ها به دلیل طبیعت آب‌گریز آنها ناچیز است. ولی حضور مواد سلولزی در چندسازه‌ها باعث جذب آب کمی در آنها می‌شود. در این بررسی نمونه‌های چندسازه پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مقطر (دمای ۲±۲۳ درجه سانتیگراد) هیچ گونه واکشیدگی ضخامتی نشان ندادند. ولی میزان جذب آب آنها پس از دو ساعت غوطه‌وری در آب مقطر بین ۰/۰۴۵٪ تا ۰/۲۳۳٪ و پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب بین ۰/۲۵۱٪ تا ۰/۵۵۷٪ اندازه‌گیری شد.

منابع مورد استفاده

- آزاد، ف، ۱۳۸۷، بررسی امکان استفاده از ماده لیگنوسلولزی نی در ساخت ماده مرکب آرد نی-پلی‌پروپیلن و اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی آن، اولین همایش ملی تامین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور، گرگان، ۵صفحه.
- ابراهیمی، ق.، تجویدی، م، ۱۳۸۳، اثر دما بر رفتار خزشی مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن و الیاف طبیعی، مجموعه مقالات سمینار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۷ صفحه.
- خان جان زاده، ح؛ مدهوشی، م؛ محمدی، ح، ۱۳۸۷، بررسی مقاومت به اتصال کششی پیچ و میخ چندسازه حاصل از ساقه برنج-پلی‌پروپیلن، اولین همایش ملی تامین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور، ۷ صفحه.
- شاکری، ع، ۱۳۸۳، استفاده از کاغذ روزنامه و کاه و ساقه برنج برای تهیه کامپوزیت‌های پایه پلی‌استر (بررسی خواص مکانیکی و شکل شناسی)، مجموعه مقالات سمینار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ٦ صفحه .
- شهریاری، ب؛ نجفی، ع؛ شاکری، ع، ۱۳۸۷، بررسی عامل فوم

کننده بر ر وی گرانول‌های چوب-پلاستیک ساخته شده از آرد چوب و پلی‌پروپیلن بکر و بازیافتی، اولین همایش ملی تامین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور، گرگان، ۸ صفحه.

- قاسمی، ا؛عزیزی، ح؛احسانی نمینی، پ، ۱۳۸۷، بررسی اثر اندازه ذره چوب بر خواص فیزیکی-مکانیکی و رفتار رئولوژیکی کامپوزیت پلی‌پروپیلن-چوب، اولین همایش ملی تامین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور، گرگان، صفحه ۵۲-۴۵.

- کاظمی نجفی، س؛ مصطفی زاده، م؛ چهارمحالی، م ؛تجویدی، م، ۱۳۸۷، اثر مقدار پرکننده و جذب آب بر رفتار خزشی کامپوزیت ساخته شده از ضایعات پلی‌اتیلن و آرد MDF، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال بیست و یکم، شماره ۱، صفحه ۵۹-۵۳.

- نادعلی زاده، ح؛ مدهوشی، م؛ محمدی، ح، ۱۳۸۷، بررسی مقاومت به اتصال کششی پیچ و میخ چندسازه حاصل از آرد ساقه برنج-پلی پروپیلن، اولین همایش ملی تامین مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور، ۸ صفحه.

- Ahmad, M., 2004, Thermoplastic Microspheres as Foaming Agent for Wood Plastic Composites, Expancel Inc, presented at WPC 2004 conference Vienna, Austria, 1-12.

- Bledzki, K, A., Faruk, O., 2004, Effects of the Chemical Foaming Agents, Injection Parameters, and Melt – Flow Index on the Microstructure and Mechanical Properties of Microcellular Injection – Molded Wood – Fiber / Polypropylene Composites, Journal of Applied Polymer Science Vol 97 , 1090-1096.

- Bledzki, K, A., Faruk, O., 2006, Injection Moulded Microcellular Wood Fiber-Polypropylene Composites, Composites: Part A, 37(9):1358-1367.

- Bledzki, K, A., Zhang, W., Faruk, O., 2004, Microfoaming of Flax and Wood Fiber reinforced PolyPropylene Composites, Holz als Rou-und werkstoff 63:30-37.

- Greco, A., Mffezzoli, A., Manni, O., 2005, Development of Polymeric Foam from recycled Polyethylene and recycled Gypsum, Polymer Degtadation and Stability 90, 256-263.

Gardner, J, D., Han, Y., Wayne, S., 2008, Wood Plastic Composites Technology Trends, Proceeding of the 5 Ist International Convention of Wood Science and Technology, November 10-12, 2008, Concepcion, CHILE, 1-6.

- Hikita, K., 2002, Development of weight reduction technology for door trim using Foamed PP, JSAE Review23, 239-244.

- Li, Q., Matuana, M, L., 2002, Foam Extrusion of High Density Polyethylene/ Wood-Flour Composites Using Chemical Foaming Agent, Journal of Appleid Polymer Science, Vol. 88, 3139-3150.

- Wang, K, S., Chiou, I, J., Chen, C, H., Wang, D., 2005, Lightweight Properties and Povestructure of Foamed material made from sewage sludge ash. Constraction and Building Materials 19, 627-633.

- Zhang, H., Rizvi, G, M., Park, C, B., 2004, Development of an Extrusion System for Production Fine – Celled HDPE / Wood – Fiber Composite Foams Using CO_2 as a Blowing Agent, Advavces in Polymer Technology, 23(4), 263-276.

Investigation on the properties of polypropylene/old corrugated container fibers composites with added foaming agents

Abanga, S.[1], Jahan Latibati, A.[2]*, Sepidehdam, S.J.[2], Roohnia, M.[2] and Hossein, M.A.[3]

1-M.Sc. Graduate, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
2*-Corresponding Authir, Associate professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, Email: latibari@kiau.ac.ir
3- Assistant professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
4-M.Sc., Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: April, 2011 Accepted: April, 2012

Abstract

The influence of reinforcing fibers (old corrugated container fibers called OCC) and addition of foaming agents (Azodicarbinamide and sodium bicarbonate) on density, strength properties and dimensional stability of OCC fiber/polypropylene composite were investigated. Conten of reinforcing fibers constant at 20% and the content of either foaming agent varied as 3, 5 and 7%. Strength properties including MOR, MOE, maximum tensile strength and modulus as well as izod impact strength were measured. Water absorption after 2 and 24 hours soaking in distilled water at 23±2 ºC were measured. Foaming agent decomposition caused some chemical residues in composite and the diffusion and penetration of polymer into the fibers structure led to increase in the density from 839.2 kg/m^3 for pure polypropylene to 919.2 - 947.9kg/m^3 for the composite, MOR and MOE also increased by the addition of foaming agent and the reinforcing fiber. The effect of 5 or 7% sodium bicarbonate was statistically significant and it improved the properties of the composite. Similar results were obtained for tensile strength and the modulus. Reinforcing fibers and foaming agent caused higher impact strength of the composite. Water absorption of the composites was higher than pure polypropylene.

Key words: Polypropylene, OCC, azodicarbonamide, sodium bicarbonate, strength