

بررسی و ارزیابی اثرگذاری های نوع اصلاح کننده ضربه بر مشخصه های جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن بازیافتی

سامان قهری^۱، سعید کاظمی نجفی^{۲*} و بهبود محبی^۳

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

^۲ دانشیار دانشگاه تربیت مدرس گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

^۳ دانشیار دانشگاه تربیت مدرس گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

چکیده

در این پژوهش اثرگذاری های نوع اصلاح کننده ضربه بر ضریب انتشار رطوبت، بیشینه جذب آب و مشخصه (پارامتر) واکنشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن بازیافتی مورد ارزیابی قرار گرفت. با این هدف، دو مرحله بازیافت کنترل شده پلی پروپیلن (به طور مصنوعی) با دستگاه تزریق (اکسترودر) دو پیچی ناهمسو گرد در شرایط کنترل شده با شتاب ۱۰۰ دور در دقیقه و دمای ۱۹۰ درجه سلسیوس انجام پذیرفت. پلی پروپیلن (دست اول و بازیافتی)، سازگار کننده مالئیک انیدرید پلی پروپیلن (صفر و ۲ درصد) و آرد چوب با نسبت ۵۰ درصد وزنی در حضور سه نوع اصلاح کننده ضربه اتیلن وینیل استات (EVA)، اتیلن پروپیلن دیان منومر (EPDM) و اکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS) هریک به مقدار ۶ درصد وزنی با دستگاه اکسترودر دو پیچی با یکدیگر مخلوط شدند. بررسی سازوکار انتشار رطوبت و میزان واکنشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن بازیافتی با نظریه انتشار فیک و مشخصه واکنشیدگی ضخامت انجام شد. نتایج نشان دادند که دوبار بازیافت پلی پروپیلن سبب کاهش ضریب انتشار رطوبت، بیشینه جذب آب و مشخصه واکنشیدگی ضخامت و میزان واکنشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن بازیافتی شد. همچنین اصلاح کننده ضربه EVA نسبت به دو نوع اصلاح کننده ضربه دیگر عملکرد بهتری در کاهش ضریب انتشار رطوبت و مشخصه واکنشیدگی ضخامت نشان داد. همچنین استفاده از سازگار کننده در همه نمونه‌ها سبب بهبود مشخصه های جذب آب و واکنشیدگی ضخامت شد.

واژه‌های کلیدی: ضریب انتشار رطوبت، مشخصه واکنشیدگی ضخامت، اصلاح کننده ضربه، سازگار کننده، چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن بازیافتی.

مقدمه

امروزه بهره گیری از پلاستیک‌های پسماندی در ساخت چندسازه چوب پلاستیک مورد توجه محققان صنایع مربوط قرار گرفته است. نتایج بررسی های آزمون گرمایی پلاستیک‌های بازیافتی نشان داده است که پلاستیک‌های پسماندی که نقطه ذوب زیر ۲۰۰ درجه سلسیوس (زیر دمای تخریب مواد لیگنوسلولزی) داشته باشند به مانند پلاستیک‌های دست اول، قابل استفاده در ساخت چندسازه چوب پلاستیک می‌باشند [۱۸و۷]. نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که ویژگی های فیزیکی (ویسکوزیته (گرانروی) مذاب، وزن مولکولی، کریستالینته (تبلور) و نقطه ذوب) و همچنین ویژگی های مکانیکی پلاستیک‌های پسماندی با پلاستیک‌های دست اول متفاوت است و میزان تفاوت به نوع پلاستیک و دفعات فرآوری پلاستیک‌ها و روش بازیابی آنها بستگی دارد. این تغییرپذیری ویژگی های پلاستیک‌های پسماندی ویژگی های چندسازه‌های چوب پلاستیک را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که ویژگی‌های فیزیکی (جذب آب و واکنشیدگی ضخامت) و ویژگی های مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک ساخته شده از پلاستیک‌های بازیافتی با چندسازه ساخته شده از پلاستیک های دست اول متفاوت است [۱۰و۲]. یکی از عامل های مهم محدود کننده کاربرد نهایی چندسازه چوب پلاستیک جذب آب و رطوبت توسط آن می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که روند و میزان جذب آب در چندسازه چوب پلاستیک تحت تاثیر نوع و میزان پرکننده و نوع پلاستیک های دست اول یا بازیافتی بودن آن می‌باشد. نتایج تحقیق Kazemi Najafi و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد مدت زمان رسیدن به نقطه اشباع مواد مرکب ساخته شده از پلی‌پروپیلن خام بیشتر از پلی-پروپیلن بازیافتی می‌باشد. همچنین ضریب انتشار رطوبت برای مواد مرکب ساخته شده از پلی‌پروپیلن خام کمتر از ضریب انتشار رطوبت برای مواد مرکب ساخته شده از پلی‌پروپیلن بازیافتی بود [۸]. از سوی دیگر افزایش میزان جذب آب چندسازه چوب پلاستیک سبب ایجاد شرایط

مساعد برای حمله میکروارگانیسم‌ها و قارچ‌ها و تخریب آن می‌شود. برای بهبود ویژگی های فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک بازیافتی از روشهای مختلفی مانند استفاده از اصلاح کننده ضربه، استفاده از سازگار کننده‌ها و یا جایگزین کردن بخشی از پلاستیک‌های دست اول با پلاستیک‌های بازیافتی استفاده می‌شود.

نتایج بررسی های اخیر نشان می‌دهد که افزایش بارهای بازیافت پلی‌پروپیلن سبب کاهش مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک ساخته شده از آن می‌شود [۱۸]. در این باره نتایج بررسی های Kazemi Najafi و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که مقاومت به ضربه چندسازه ساخته شده از پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی نسبت به چندسازه ساخته شده از پلی‌پروپیلن دست اول به طور معنی‌دار و قابل ملاحظه‌ای کمتر است [۱۰]. یکی از رایج‌ترین روش‌های بهبود ویژگی های فیزیکی و مکانیکی و به ویژه مقاومت به ضربه چندسازه چوب پلاستیک، استفاده از اصلاح کننده ضربه (Impact Modifier) است [۱۴]. کوپلیمر اتیلن- پروپیلن دی‌ان منومر (EPDM)، استایرن اتیلن- بوتیلن استایرن (SEBS)، لاستیک اتیلن پروپیلن (EPR)، اتیلن وینیل استات (EVA) و لاستیک استایرن- بوتادین (SBR) متداول‌ترین اصلاح کننده‌های ضربه برای آمیخته‌های پلیمری به دست آمده از پلی‌پروپیلن و همچنین چندسازه چوب پلاستیک می‌باشند [۵، ۶، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۵و۱۷].

باید در نظر داشت که در صورت استفاده از اصلاح کننده ضربه ویژگی های فیزیکی و مکانیکی چندسازه چوب پلاستیک تحت تاثیر نوع، میزان و شکل اصلاح کننده (پودری یا دانه ای) قرار می‌گیرد. Xu و همکاران (۲۰۰۸) اثر مقادیر مختلف اصلاح کننده ضربه SEBS بر روند جذب آب مواد مرکب چوب پلاستیک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش میزان SEBS باعث افزایش میزان جذب آب و واکنشیدگی ضخامت چندسازه اصلاح شده می‌شود [۱۶].

(اکسترودر) دو پیچی نا همسوگرد (مدل ۴۸۱۵-WPC) ساخت شرکت برنا پارس مهر) در دمای 190°C و شتاب 100rpm انجام گرفت. پلی پروپیلن دست اول در دستگاه اکسترودر ریخته شد و پس از خروج از دستگاه اکسترودر با دستگاه آسیاب آزمایشگاهی (ساخت شرکت ایران خودساز) خرد شد. این عمل تا دو بار تکرار شد و دانه‌های به دست آمده برای ساخت چندسازه گزینش شدند.

فرآیند اختلاط

پلی پروپیلن (دست اول و بازیافتی)، آرد چوب خشک شده (در آن با دمای 80°C به مدت ۲۴ h)، سازگار کننده MAPP و هر یک از اصلاح کننده‌های ضربه برابر جدول ۱ در یک مخلوط کن آزمایشگاهی با شتاب 100rpm به منظور دستیابی به یک اختلاط به نسبت همگن مخلوط شدند. سپس اختلاط به دست آمده وارد قسمت تغذیه دستگاه تزریق با شش منطقه گرمایی برای اختلاط و دو منطقه قالب شد. دمای تزریق برای هر یک از مناطق گرمای به ترتیب 165°C ، 180°C ، 180°C ، 177°C ، 175°C ، 165°C برای مناطق ۱ تا ۶ و 145°C و 115°C برای قالب تنظیم شد و شتاب چرخش ماریچج ها 120rpm در نظر گرفته شد و در نهایت باریکه‌های با سطح مقطع $10\text{mm} \times 70$ ساخته شد. نمونه‌ها در دمای $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ و رطوبت نسبی $3\% \pm 65\%$ به مدت دوهفته پیش از انجام آزمون‌ها مشروط سازی شدند و سپس برای تهیه نمونه‌های آزمون برای آزمون‌های پیش‌بینی شده برابر استانداردها برش داده شدند.

در صورتی که Espert و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که EVA باعث افزایش مقاومت چندسازه چوب پلاستیک در برابر جذب رطوبت می‌شود [۴].

با توجه به اینکه داده‌های محدودی در زمینه جذب آب چندسازه چوب پلاستیک بازیافتی و اثر اصلاح کننده ضربه بر میزان و روند جذب آب و مقاومت زیستی آن موجود می‌باشد؛ این پژوهش با هدف ارزیابی اثر سه نوع اصلاح کننده ضربه: اتیلن وینیل استات (EVA)، اتیلن دی‌ان منومر (EPDM) و اکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS) بر ویژگی‌های فیزیکی چندسازه آرد چوب-پلی پروپیلن بازیافتی انجام شده است. برای این منظور پلی پروپیلن به طور مصنوعی تحت شرایط کنترل شده دو بار بازیافت شد تا اثر بازیافت و نوع اصلاح کننده ضربه بر روند جذب آب، واکنشیدگی ضخامت دراز مدت چندسازه ساخته شده از پلی پروپیلن بازیافتی و آرد چوب مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از پلی پروپیلن با شاخص جریان مذاب $5/8\text{g}/10\text{min}$ ساخت شرکت پلی‌نار استفاده شد. به منظور بهبود چسبندگی بین دو مرحله ناسازگار (پلاستیک و آرد چوب) از سازگار کننده پلی پروپیلن پیوند خورده با مالئیک انیدرید (MAPP) ساخت شرکت کیمیا جاوید با شاخص جریان مذاب $10\text{g}/10\text{min}$ بهره گیری شد. از اتیلن وینیل استات (EVA) ساخت شرکت LG، اتیلن پروپیلن دی‌ان منومر (EPDM) ساخت شرکت Bayer و اکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS) ساخت شرکت پتروشیمی قائد بصیر به عنوان مواد اصلاح کننده ضربه استفاده شد. آرد چوب مورد استفاده در این تحقیق از خاک اره چوب گونه راش پس از غربال کردن با الک چشمه $40/-60$ تهیه شد.

آماده سازی پلی پروپیلن بازیافتی

دو مرحله تخریب ترمومکانیکی روی پلی پروپیلن دست اول به عنوان شاخصی از دفعات بازیافت در دستگاه تزریق

جدول ۱- درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده ترکیبات مختلف چندسازه چوب پلاستیک

کد تیمار	پلی پروپیلن	آرد چوب (%)	EVA (%)	EPDM (%)	ABS (%)	MAPP (%)
WVPP	۵۰	۵۰	-	-	-	۰
WPPMA	۴۸	۵۰	-	-	-	۲
WR2PP	۵۰	۵۰	-	-	-	۰
WR2PPMA	۴۸	۵۰	-	-	-	۲
WR2PPEVA	۴۴	۵۰	۶	-	-	۰
WR2PPMAEVA	۴۲	۵۰	۶	-	-	۲
WR2PPEPDM	۴۴	۵۰	-	۶	-	۰
WR2PPMAEPDM	۴۲	۵۰	-	۶	-	۲
WR2PPABS	۴۴	۵۰	-	-	۶	۰
WR2PPMAABS	۴۲	۵۰	-	-	۶	۲

آرد چوب (W)؛ سازگار کننده (MA)؛ پلی پروپیلن بکر (VPP)؛ پلی پروپیلن دوبار بازیافتی (R2PP)؛ اتیلن ونیل استات (EVA)؛ اتیلن پروپیلن دیان منومر (EPDM)؛ آکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS).

اندازه گیری ویژگی های فیزیکی

آزمایش های فیزیکی شامل جذب آب و واکنش پذیری ضخامت (دراز مدت) برابر استاندارد ASTM آیین نامه D ۷۰۳۱-۰۴ انجام شد. برای توزین نمونه ها از ترازوی دیجیتال با دقت $0.001g$ و برای اندازه گیری ضخامت نمونه ها از میکرومتر با دقت $0.001 mm$ استفاده شد. در آزمون جذب آب نمونه ها در درون آب مقطر غوطه ور شدند و در زمان های مختلف تا رسیدن به بیشینه جذب آب، وزن و ضخامت نمونه ها اندازه گیری و بوسیله مقادیر به دست آمده میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامت در زمان های مختلف محاسبه شد. از آزمون مشخصه ای تجزیه واریانس یک سویه (ANOVA) برای بررسی امکان وجود اختلاف آماری معنی دار بین مقادیر ویژگی های فیزیکی نمونه های آزمون استفاده شد و پس از اثبات وجود چنین تفاوتی، از آزمون چند دامنه Duncan برای گروه بندی میانگین ها استفاده شد هر عدد میانگین ۱۰ تکرار است. میزان جذب آب و واکنش پذیری ضخامت در زمان غوطه وری t با رابطه ۱ محاسبه شد:

$$Wa_t = \left(\frac{W_t}{W_0} - 1 \right) \times 100 \quad \text{رابطه ۱:}$$

که Wa_t میزان جذب آب در زمان t ، W_t وزن نمونه در زمان غوطه وری t و W_0 وزن خشک نمونه پیش از غوطه وری می باشد.

همچنین واکنش پذیری ضخامت در زمان t با رابطه ۲ محاسبه شد:

$$TS_t = \left(\frac{H_t}{H_0} - 1 \right) \times 100 \quad \text{رابطه ۲:}$$

که TS_t واکنش پذیری ضخامت در زمان غوطه وری t ، H_0 ضخامت اولیه نمونه های خشک شده و H_t ضخامت در زمان t می باشد.

نظریه انتشار فیک^۱

ضریب انتشار آب از مهم ترین مشخصه ها در بیان چگونگی جذب آب در چندسازه چوب پلاستیک می باشد. به طور کلی از دیدگاه نظری، ضریب انتشار آب به وسیله

^۱ Fick's Theory

نمونه می‌باشد. تغییرات روند در رابطه ۵ نشان داده شده است:
رابطه ۵:

$$S_t = \left(\frac{T_\infty}{T_0 + (T_\infty - T_0)e^{-K_{SR} t}} - 1 \right) \times 100$$

که در آن T_0 ضخامت اولیه نمونه (mm)، T_∞ ضخامت نهایی پس از غوطه‌وری (mm)، S_t واکشیدگی ضخامت در زمان t (٪) و K_{SR} ثابت روند واکشیدگی ضخامت است. میزان K_{SR} در رابطه ۵ وابسته به چگونگی شدت واکشیدگی چندسازه و نیز میزان ضخامت نهایی و اولیه است. از روش برازش منحنی غیر خطی با استفاده از داده‌های تجربی برای به دست آوردن میزان K_{SR} استفاده شد. از دو میزان واکشیدگی ضخامت اندازه‌گیری شده و معادله ۶ مجموع تفاوت مربعات واکشیدگی (SS) به دست می‌آید. در این حالت y_i میزان واکشیدگی اندازه‌گیری شده (تجربی) و \bar{y}_i میزان واکشیدگی پیش-بینی شده است.

$$SS = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2 \quad \text{رابطه ۶:}$$

نتایج و بحث

جذب آب چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن: مقدار ضریب انتشار رطوبت و میزان بیشینه جذب آب چندسازه چوب پلاستیک در جدول ۲ ارائه شده است. همان طور که دیده می‌شود با افزایش مراحل تخریب ترمومکانیکی به دوبار، بیشینه جذب آب و ضریب انتشار رطوبت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن دوبار بازیافتی نسبت به چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن دست اول کاهش می‌یابد. افزایش مراحل بازیافت به دوبار باعث افزایش شاخص جریان مذاب پلی پروپیلن و اختلاط بهتر آرد چوب بوسیله پلی پروپیلن می‌شود و بواسطه همپوشانی بهتر و دربرگیری مناسب آرد چوب و پلی پروپیلن [۱۰].

شیب منحنی جذب آب با استفاده از رابطه ۳ تعیین می‌شود:
رابطه ۳:

$$Kt^n = \frac{M_t}{M_\infty}$$

که M_t میزان آب در زمان t (٪)، M_∞ میزان آب اشباع (٪) و K (h^2) و n نیز ثابت می‌باشند. تجزیه سازوکار انتشار در مواد ارزیابی بر پایه نظریه انتشار فیک از رابطه ۴ و همخوانی داده‌ها به دست آمد.
رابطه ۴:

$$\text{Log} \left(\frac{M_t}{M_\infty} \right) = \text{Log} (K) + n \text{Log} (t)$$

میزان ضریب n شاخص رفتاری مواد مختلف از نظر انتشار آب می‌باشد و بیان‌کننده چگونگی حرکت آب در ساختار چندسازه است. برای مواردی که $n \leq 0.5$ باشد (مانند چندسازه چوب پلاستیک)، انتشار آب از نظریه فیک پیروی می‌کند و به حالت خطی نزدیک‌تر می‌شود [۴ و ۲]. چنانچه $n \geq 1$ باشد، جریان آب به صورت آزاد می‌باشد و در صورتی که $0.5 < n < 1$ باشد، جریان آب به صورت آشفته انجام می‌شود [۲]. ضریب k نشان دهنده مدت زمان لازم برای اشباع یک چندسازه می‌باشد. هر چه این زمان کمتر باشد، بدین معنی است که چندسازه در مدت زمان کمتری به نقطه اشباع می‌رسد [۹ و ۲].

واکشیدگی ضخامت

روند واکشیدگی ضخامت چندسازه توسط Shi و Gardner، در سال ۲۰۰۵ کمی شد. با استفاده از این روش می‌توان واکشیدگی مواد مختلف را به آسانی مقایسه نمود. از این مدل به طور موفقیت آمیزی برای توصیف واکشیدگی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک ساخته شده از پلاستیک‌های پسماندی و خاک اره نیز استفاده شده است [۸ و ۲]. در این مدل از مشخصه روند واکشیدگی (K_{SR}) استفاده شد. این روند وابسته به شتاب واکشیدگی، بیشینه واکشیدگی ضخامت و ضخامت اولیه

(جذب آب اشباع) چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن (دست اول و بازیافتی) افزایش نشان داد. این پدیده به دلیل نقش سازگار کنندگی و ایجاد اتصال بین پلی- پروپیلن و آرد چوب توسط MAPP می باشد [۳].

میزان جذب آب دراز مدت چندسازه ساخته شده از آرد چوب- پلی پروپیلن دوبار بازیافتی کاهش می یابد. همچنین در حضور MAPP ضریب انتشار رطوبت، میزان بیشینه جذب آب کاهش و زمان رسیدن به بیشینه جذب آب

جدول ۲- مشخصه های جذب آب و ضریب های n و k در چندسازه چوب پلاستیک

کد تیمار	n	K (h^2)	بیشینه جذب آب (%)	زمان رسیدن به بیشینه جذب آب (h)	ضریب انتشار آب $\times 10^{-12}$ (m^2s^{-1})
WVPP	۰/۱۳	۰/۰۶	۲۰/۴۵	۱۰۰۸	۸/۲۲
WPPMA	۰/۱۷	۰/۰۳	۱۸/۰۱	۱۳۴۴	۶/۲۴
WR2PP	۰/۱۳	۰/۰۴	۱۸/۴۲	۱۰۰۸	۷/۲۶
WR2PPMA	۰/۱۵	۰/۰۲	۱۵/۹۲	۱۱۷۶	۳/۱۵
WR2PPPEVA	۰/۱۴	۰/۰۵	۱۵/۰۱	۱۱۷۶	۵/۷۷
WR2PPMAEVA	۰/۱۲	۰/۰۳	۱۱/۰۴	۱۳۴۴	۱/۸۴
WR2PPEPDM	۰/۱۵	۰/۰۴	۱۷/۷۹	۱۰۰۸	۵/۵۲
WR2PPMAEPDM	۰/۱۳	۰/۰۴	۱۰/۲۹	۱۱۷۶	۳/۴۳
WR2PPABS	۰/۱۶	۰/۰۳	۲۲/۹۲	۸۴۰	۷/۷۹
WR2PPMAABS	۰/۱۶	۰/۰۳	۱۵/۵۷	۱۰۰۸	۵/۹

آرد چوب (W)؛ سازگار کننده (MA)؛ پلی پروپیلن دست اول (VPP)؛ پلی پروپیلن دوبار بازیافتی (R2PP)؛ اتیلن ونیل استات (EVA)؛ اتیلن پروپیلن دیان منومر (EPDM)؛ آکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS).

همچنین بودن گروه های قطبی در ساختار اصلاح کننده های ضربه نیز احتمال ایجاد پیوند با گروه های هیدروکسیل آرد چوب و در نتیجه کاهش جذب آب و ضریب انتشار رطوبت را ممکن می سازد. به عنوان مثال EVA (پلاستیک گرما نرم یا ترموپلاستیک الاستومر قطبی) به دلیل وجود عامل استات در ساختارش باعث چسبندگی مطلوب با مواد قطبی (مانند آرد چوب) می شود [۱]. نتایج بررسی ها نشان داد که کاربرد سازگار کننده MAPP و اصلاح کننده ضربه به صورت توأم سبب کاهش بیشتر ضریب انتشار رطوبت و بیشینه جذب آب در چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن شد.

جدول ۲ اثرگذاری نوع اصلاح کننده ضربه در بود و یا نبود MAPP بر ضریب انتشار رطوبت و میزان بیشینه جذب آب چندسازه چوب پلاستیک را نشان می دهد. در حضور اصلاح کننده ضربه EVA و EPDM در ترکیب چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن دوبار بازیافتی ضریب انتشار رطوبت و بیشینه جذب آب نسبت به چندسازه همانند بدون اصلاح کننده ضربه کاهش یافت. اما در حضور اصلاح کننده ضربه ABS ضریب انتشار رطوبت بطور جزئی کاهش و بیشینه جذب آب نسبت به چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن دوبار بازیافتی بدون اصلاح کننده ضربه افزایش یافت. اصلاح کننده های ضربه تمایل به در برگیری و پوشش ذرات آرد چوب را دارند. این عامل باعث کاهش جذب آب بوسیله آرد چوب می شود.

واکشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن

جدول ۳ مقادیر مشخصه میزان واکشیدگی ضخامت و درصد واکشیدگی ضخامت به همراه دیگر مشخصه های مربوط به واکشیدگی چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن را در بود و یا نبود MAPP نشان می دهد. همان طور که دیده می شود با افزایش دفعات بازیافت پلی پروپیلن به دوبار میزان K_{SR} در چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن دوبار بازیافتی نسبت به چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن دست اول کاهش نشان می دهد.

همچنین در بودن MAPP میزان این مشخصه در چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن بکر و چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن دوبار بازیافتی کاهش می یابد. توضیح اینکه در صورت استفاده از MAPP به واسطه همپوشانی بهتر آرد چوب توسط پلاستیک که سبب کاهش خلل و فرج و دسترسی مولکول های آب به آرد چوب می شود و همچنین به دلیل احتمال تشکیل اتصال های هیدروژنی بین سازگار کننده و آرد چوب که می تواند سبب کاهش گروه های هیدروکسیل آرد چوب شود میزان جذب آب چندسازه کاهش می یابد که به تبع آن میزان واکشیدگی ضخامت و K_{SR} نیز کاهش پیدا می کند.

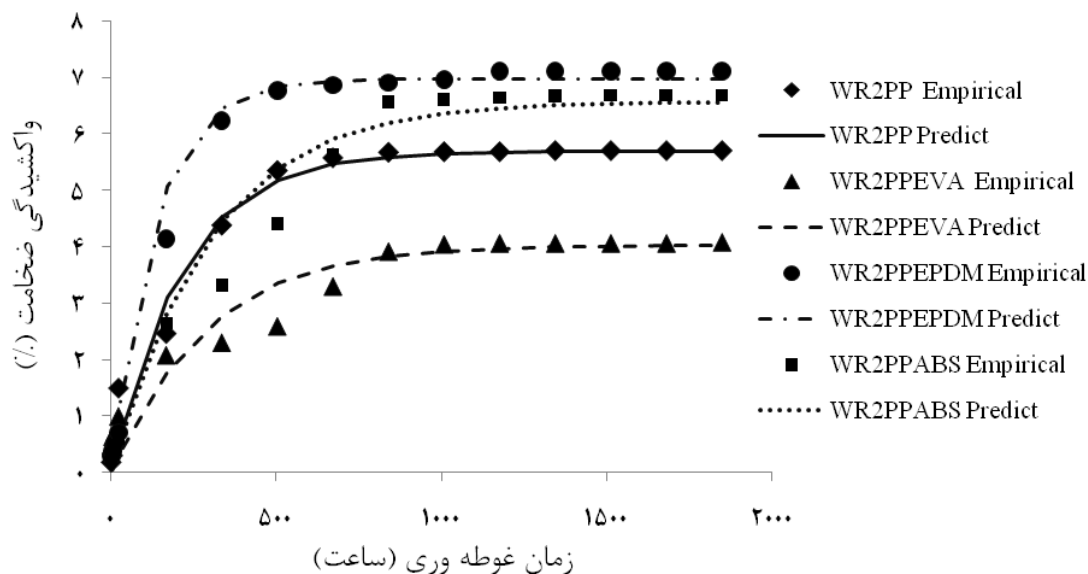
همچنین جدول ۳ اثر نوع اصلاح کننده ضربه در بود و یا نبود MAPP بر مشخصه های مربوط به واکشیدگی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک را نشان می دهد. در بین سه نوع اصلاح کننده ضربه مورد استفاده، EVA باعث کاهش میزان K_{SR} در چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن بازیافتی اصلاح شده می شود. کاهش میزان مشخصه واکشیدگی ضخامت و درصد واکشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن بازیافتی اصلاح شده با EVA می تواند به دلیل تشکیل اتصال بین گروه استات EVA و گروه هیدروکسیل آرد چوب باشد. همچنین همانند جذب آب چندسازه چوب پلاستیک، استفاد از هر سه نوع اصلاح کننده ضربه به همراه MAPP باعث کاهش بیشتر مشخصه های واکشیدگی ضخامت و افزایش پایداری ابعاد چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن (دست اول و بازیافتی) می شود.

شکل ۱ میزان واکشیدگی ضخامت دراز مدت و پیش بینی مدل واکشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن دوبار بازیافتی را نشان می دهد. همان طور که دیده می شود مدل مورد استفاده برای بررسی واکشیدگی ضخامت به خوبی روند واکشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن دوبار بازیافتی را پیش بینی می کند. همچنین شکل ۱ نشان می دهد که با افزایش زمان غوطه وری در آب مقطر واکشیدگی ضخامت افزایش می یابد. میزان افزایش واکشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن دوبار بازیافتی در ساعت های اولیه بیشتر بوده و با گذشت زمان تا نقطه اشباع کاهش می یابد. نتایج نشان می دهند که از بین سه نوع اصلاح کننده ضربه، EVA باعث کاهش مقدار واکشیدگی ضخامت و افزایش مدت زمان رسیدن به حد اشباع می گردد.

جدول ۳- مشخصه های واكشیدگی ضخامت چندسازه چوب پلاستیک

کد تیمار	W_{∞} (%)	T_0 (mm)	T_{∞} (mm)	TS (%)	$Time_{max}$ (h)	K_{SR} ($\times 10^{-3} h^{-1}$)	SS	R^2
WVPP	۲۰/۴۵	۱۰/۰۴۶	۱۰/۴۴۸	۴/۰۰۲	۱۰۰۸	۴/۹۷	۱/۷۱	۰/۹۹
WPPMA	۱۸/۴۲	۱۰/۰۰۳	۱۰/۲۱۲	۲/۰۸۹	۱۵۱۲	۲/۱۱	۱/۳۷	۰/۹۵
WR2PP	۱۸/۰۱	۱۰/۱۸۷	۱۰/۷۶۷	۳/۶۹۴	۱۰۰۸	۴/۱۶	۱/۳۶	۰/۹۵
WR2PPMA	۱۵/۹۲	۱۰/۰۲۶	۱۰/۱۹۶	۱/۶۹۶	۱۳۴۴	۲/۹۰	۱/۱۰	۰/۹۸
WR2PPEVA	۱۵/۰۱	۱۰/۳۶۱	۱۰/۷۷۹	۴/۰۳۴	۱۰۰۸	۳/۵۷	۲/۳۴	۰/۹۸
WR2PPMAEVA	۱۱/۰۴	۱۰/۰۱	۱۰/۱۲۳	۱/۱۲۹	۱۳۴۴	۱/۷۱	۰/۱۲	۰/۹۶
WR2PPEPDM	۱۷/۷۹	۱۰/۶۴۷	۱۱/۳۸۹	۶/۹۶۹	۱۰۰۸	۴/۹۳	۱/۲۴	۰/۹۹
WR2PPMAEPDM	۱۰/۲۹	۱۰/۱۱۳	۱۰/۳۵۲	۲/۳۶۳	۱۳۴۴	۲/۲۳	۰/۳۳	۰/۹۹
WR2PPABS	۲۲/۹۲	۱۰/۴۲۱	۱۱/۱۰۶	۵/۵۷۳	۸۴۰	۷/۱۶	۲/۷۵	۰/۹۹
WR2PPMAABS	۱۵/۵۷	۱۰/۱۹۳	۱۰/۵۴۸	۳/۴۹۳	۱۱۷۶	۳/۷۴	۰/۹۱	۰/۹۹

W_{∞} ، بیشینه جذب آب (%); T_0 ، ضخامت اولیه (mm); T_{∞} ، ضخامت نهایی (mm); TS، واكشیدگی ضخامت (%); $Time_{max}$ (h)، زمان رسیدن به بیشینه واكشیدگی؛ K_{SR} ، معیار روند واكشیدگی؛ SS، مجموع مربعات. آرد چوب (W)؛ سازگار کننده (MA)؛ پلی پروپیلن دست اول (VPP)؛ پلی پروپیلن دوبار بازیافتی (R2PP)؛ اتیلن ونیل استات (EVA)؛ اتیلن پروپیلن دیان منومر (EPDM)؛ آکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS).



شکل ۱- روند واكشیدگی ضخامت دراز مدت چندسازه آرد چوب- پلی پروپیلن بازیافتی

آرد چوب (W)؛ سازگار کننده (MA)؛ پلی پروپیلن دوبار بازیافتی (R2PP)؛ اتیلن ونیل استات (EVA)؛ اتیلن پروپیلن دیان منومر (EPDM)؛ آکریلونیتریل بوتادین استایرن (ABS)، تجربی (Empirical)، پیش بینی مدل (Predict).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که با افزایش دفعات بازیافت پلی‌پروپیلن به دوبرابر ضریب انتشار رطوبت، بیشینه جذب آب، مشخصه واکنشیدگی ضخامت و درصد واکنشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن کاهش می‌یابد. همچنین کاربرد ۲ درصد سازگار کننده MAPP باعث کاهش بیشتر مشخصه‌های مورد بررسی می‌شود. از بین سه نوع اصلاح کننده ضربه مورد بررسی در این تحقیق EVA عملکرد بهتری را در کاهش ضریب

انتشار رطوبت، بیشینه جذب آب، بیشینه واکنشیدگی ضخامت و درصد واکنشیدگی ضخامت چندسازه نشان داد. در صورت کاربرد ۲ درصد MAPP در ترکیب چندسازه هر سه نوع اصلاح کننده ضربه عملکرد بهتری نسبت به نمونه‌های بدون MAPP نشان دادند. مدل مورد استفاده برای بررسی واکنشیدگی ضخامت به خوبی روند واکنشیدگی ضخامت چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن را پیش‌بینی می‌کند.

منابع

- 1- Dick J. S. 1987. Compounding Materials for the Polymer Industries, Noyes Publications, New Jersey, USA, 288 p. (in Persian)
- 2- Adhikary, K. B., Pang, Sh., Staiger, M. P., 2008. Dimensional stability and mechanical behavior of wood-plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE), Composites: Part B, (39), 807-815.
- 3- Bledzki, A. K., Faruk, O., 2003. Wood fibre reinforced polypropylene composites: effect of fibre geometry and coupling agent on physico-mechanical properties, Applied Composite Materials, (10): 365-379.
- 4- Espert, A, Vilaplana F, Karlsson S., 2004. Comparison of water absorption in natural cellulosic fibres from wood and one-year crops in polypropylene composites and its influence on their mechanical properties, Composites: Part A (35), 1267-1276.
- 5- Hristov V. N., Vasileva S. T., 2004. Deformation mechanisms and mechanical properties of modified polypropylene/wood fiber composites, Polymer composite, (25) 5: 521-526.
- 6- Jafari S.H., Gupta A., 2000. Impact strength and dynamic mechanical properties correlation in elastomer-modified polypropylene, Applied Polymer Science Journal, (78): 962-971.
- 7- Kazemi Najafi, S., Hamidinia E. and Tajvidi M., 2006. Mechanical properties of composites from sawdust and recycled plastics, Journal of Applied Polymer Science, (100), 3641-3645.
- 8- Kazemi Najafi, S., Hamidinia E. and Tajvidi M., 2007. Effect of temperature, plastic type and virginity on the water uptake of sawdust/plastic composites. Holz ALS Roh und Werkstoff. 65(5): 377-382.
- 9- Kazemi Najafi, S., Kiaeifar, A. Tajvidi, M., Hamidinia, E. 2008. Hygroscopic thickness swelling rate of composites from sawdust and recycled plastics, Wood Science and Technology, DOI 10.1007/s00226-007-0163-4, 42:161-168.
- 10- Kazemi Najafi S, Mostafazadeh-Marznaaki, M., Chaharmahali M and Tajvidi M., 2009. Effect of thermomechanical degradation of polypropylene on mechanical properties of wood-polypropylene composites, Journal of Composite Material., (43), 2543-2554.
- 11- Maciel A., Del Real A., Garcia Garduño M. V., Oliva E., Manero O., Castaño V. M., 1996. Morphology and elastic properties of PP/EVA polymer blends, Polymer International, 41 (3): 227-236.
- 12- Oksman K., Clemons C., 1998. Mechanical properties and morphology of impact modified polypropylene-wood flour composites, Applied Polymer Science, (67):1503-1513.
- 13- Oksuz M., Eroglu M., 2005. Effect of the elastomer type on the microstructure and mechanical properties of polypropylene, Journal of Applied Polymer Science, (98), 1445-1450.

- 14- Shakeri, A., Hoseini, S.K. and Ebrahimi Gh., 2005. Improvement in mechanical properties of cellulose fibers- thermoplastic polymer composites, Iranian Polymer Journal, ISSN 5523-6101, 143-150, (in Persian)
- 15- Tjong S.C., Xu S.A., Mai Y.W., 2003. Process-structure-property relationship in ternary short-glass-fiber/elastomer/polypropylene composites, Applied Polymer Science Journal, (88): 1384-1392.
- 16- Xu, Y. Wu, Q. Lei, Y. Yao, F. Zhang, Q., 2008, Natural fiber reinforced poly (vinyl chloride) composites: effect of fiber type and impact modifier, Journal of Polymer Environment, DOI 10.1007/s 10924-008-0113-8, 16: 250–257.
- 17- Yazdani H., Morshedian J., Khonakdar H.A., 2006. Effect of maleated polypropylene and impact modifiers on the morphology and mechanical properties of pp/mica composites, Polymer Composites Journal, DOI 10.1002/pc: 614-620.
- 18- Ghahri, S. 2010. Improvement of impact strength of wood flour- recycled polypropylene composites by using impact modifier, M. Sc. Thesis, Department of Wood and Paper Science and Technology, Tarbiat Modares University, 69 pages. (In Persian)

Effect of Impact Modifier Type on Water Absorption and Thickness Swelling Parameters of Wood Flour- Recycled Polypropylene Composites

S. Ghahri¹, S. Kazemi Najafi^{*2} and B. Mohebbi³

Abstract

In this research, the effect of impact modifier type on water diffusion coefficient, maximum water absorption and thickness swelling parameters of wood flour- recycled polypropylene composites were evaluated. For this purpose, a virgin PP was thermo-mechanically degraded by two times extrusion under controlled conditions in a twin-screw extruder at a rotor speed of 100 rpm and a temperature of 190⁰C. The virgin and recycled PP in 2nd stage, compatibilizer (0, 2 % w/w) and wood flour were compounded at 50% weight sawdust loading in a counter-rotating twin-screw extruder in presence different type of impact modifiers (0, 6 % w/w). Ethylene vinyl acetate (EVA), ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) and acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) were used as impact modifiers. The analysis of diffusion mechanism and thickness swelling rate were done based on Fick's theory and swelling model for wood flour- recycled polypropylene composites. The composites containing two times recycled PP exhibited lower moisture diffusion coefficients, swelling rate parameter, maximum water absorption, thickness swelling. Also results showed that moisture diffusion coefficients and thickness swelling parameters of composites containing EVA are lower than composites containing EPDM and ABS. The use of compatibilizer decreased the moisture diffusion coefficients and thickness swelling parameters of the wood flour- recycled polypropylene composites

Keywords: Moisture diffusion coefficients; Thickness swelling parameter; Impact modifier; Compatibilizer; Wood flour- recycled polypropylene composites.

* Corresponding author: Email: skazemi@modares.ac.ir