بررسی رفتار خزش چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن بازیافتی

سامان قهری[۱] و سعید کاظمی نجفی[*۲]

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس

[۲] دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در این پژوهش، رفتار خزش چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن بازیافتی (با سازگار کننده و بدون آن) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور، پنج مرحله تخریب گرمایی (ترمو)مکانیکی مصنوعی پلی‌پروپیلن با دستگاه تزریق چسب (اکسترودر) دو مارپیچ در شرایط کنترل شده با شتاب ۱۰۰ rpm و دمای ۱۹۰ ^{o}C صورت گرفت. پلی‌پروپیلن دست اول (بکر و بازیافتی) و آرد چوب با نسبت ۵۰ درصد وزنی در بود و نبود سازگار کننده (MAPP) با دستگاه تزریق چسب دو مارپیچ مخلوط شده و در نهایت باریکه‌هایی با سطح مقطع ۱۰ mm (ضخامت) در ۷۰ mm (پهنا) ساخته شدند. آزمون خزش خمشی کوتاه مدت در ۱۲۰ دقیقه (۶۰ دقیقه خزش و ۶۰ دقیقه بازگشت) انجام شده است. میزان بارگذاری در آزمون خزش بر پایه ۳۰ درصد از بار شکست نمونه‌ها (حاصل از آزمون خمش ایستا) تعیین شد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که با افزایش بارهای بازیافت پلی‌پروپیلن مقاومت به خزش در چندسازه ساخته شده از پلی‌پروپیلن بازیافتی و آرد چوب کاهش می یابد. همچنین نتایج بررسی های اثرگذاری سازگارکننده بر رفتار خزشی نشان داد که در بود سازگار کننده MAPP تغییر شکل خزشی، ضریب خزش و خزش نسبی کاهش و مدول خزش در چندسازه‌های مورد بررسی افزایش می‌یابد. بیشترین مقاومت به خزش در چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دست اول در بود سازگار کننده دیده شد.

واژه های کلیدی: بازیافت پلی‌پروپیلن؛ خزش؛ چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دست اول (بکر)؛ سازگار کننده؛

[*] مسئول مکاتبه: سعید کاظمی نجفی Email:skazemi@modares.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

در سالهای اخیر رشد فزآینده مصرف مواد پلاستیکی و بهره گیری گسترده از این مواد در کاربردهای مختلف سبب افزایش میزان پسماندهای پلاستیکی شده است. از سویی نداشتن زیست تخریب پذیری و تاثیر منفی پسماندهای پلاستیکی بر محیط زیست و منابع طبیعی و از سوی دیگر مسایل اقتصادی مانند افزایش قیمت مواد خام هیدرو کربنی، افزایش هزینه راه‌اندازی و نگهداری کوره‌های زباله سوزی، افزایش خطرهای زیست محیطی سوزاندن و دفن پلاستیک‌ها سبب شده که جامعه های علمی، بهداشتی و صنعتی به دنبال راه حل های مناسبی برای کاهش اثرگذاری های منفی پسماندهای پلاستیکی به وسیله بازیافت آنها باشند. در این راستا امکان‌سنجی ساخت چندسازه چوب- پلاستیک از پلاستیک‌های پسماندی ، به عنوان یکی از مناسب ترین راه‌حل های بازیافت و استفاده دوباره پلاستیک‌های پسماندی مورد توجه محققان و صنایع مربوط قرار گرفته است. نتایج بررسی های آزمون گرمایی پلاستیک‌های بازیافتی نیز نشان داده‌است که همانند پلاستیک‌های دست اول، پلاستیک‌های بازیافتی که نقطه ذوب زیر دمای تخریب مواد چوبی (حدود ^{o}C ۲۰۰) داشته باشند قابل استفاده در ساخت چندسازه چوب پلاستیک می‌باشند (۸).

در بسیاری از کاربردها، پایداری مواد پلیمری اهمیت دارد، به طوری که اغلب قطعه های پلیمری سفت باید بتوانند میزان معینی تنش برای مدتی طولانی را بدون تغییر ابعاد تحمل کنند. بر این پایه یکی از ویژگی‌های مهم و کاربردی چندسازه‌های پلیمری و همچنین چندسازه چوب- پلاستیک رفتار وابسته به زمان (مانند خزش) آن می‌باشد. به طور کلی، تغییر شکل وابسته به زمان محصول با یک بار ثابت و دمای ثابت به عنوان خزش شناخته می‌شود.

اگر چندسازه‌های چوب- پلاستیک در شرایط بار کوتاه مدت و یا بار بلند مدت قرار گیرند، بررسی خزش (خیز تدریجی) می‌تواند به عنوان یک مشخصه (پارامتر) اصلی در کاربرد این مواد مورد توجه باشد. همچنین رفتار خزشی می‌تواند در فیزیک و نمای ظاهری چندسازه نیز اثر گذار باشد. با توجه به ساختار چندسازه چوب پلاستیک، عامل های مختلفی بر رفتار خزشی آنها تأثیر می‌گذارند که از آن جمله می‌توان به میزان بارگذاری (۱۱،۷)، میزان و نوع پرکننده (۱۰و۱۳)، نوع پلاستیک و دست اول یا بازیافتی بودن آن (۱۱،۱۶و۱۸)، استفاده از سازگار کننده (۲،۶و۱۲)، رطوبت (۹) و دما (۳) اشاره کرد. Sain و همکاران (۲۰۰۰) خواص خزشی چندسازه چوب پلاستیک ساخته شده از چند نوع پلاستیک را باهم مقایسه کردند. این محققان بیان کردند که چندسازه‌هایی که پایه پلیمری آنها پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن و پلی‌وینیل کلراید می‌باشد خزش به شدت به میزان بار، زمان و دما بستگی دارد (۱۶). Najafi و Kazemi Najafi (۲۰۰۹) اثرگذاری سطوح بارگزاری و نوع پلاستیک بر رفتار خزشی چندسازه آرد چوب- پلی‌اتیلن را مورد بررسی قرار دادند. آنان بیان کردند که در همه سطوح بارگزاری چندسازه ساخته شده از پلی‌اتیلن دست اول جابجایی بیشتری از خود نشان می‌دهد، اما با افزودن پلی‌اتیلن پسماندی میزان این جابجایی کاهش می‌یابد (۱۱). Bledzki و Faruk (۲۰۰۴) نیز اثرگذاری دما، طول الیاف و سازگارکننده (MAPP) بر رفتار خزشی مواد مرکب چوب- پلاستیک تولیدی از الیاف چوب و پلی پروپیلن را بررسی کردند. نتایج نشان دادند که نمونه‌های تیمار شده با سازگارکننده مدول خزشی بالاتری دارند و با افزایش دما مدول خزشی کاهش می‌یابد (۳). چندسازه‌های چوب- پلاستیک، جزو مواد با طبیعت گرانروی کشسانی (ویسکوالاستیک) طبقه‌بندی می شوند (۱) و در ساخت اعضای سازه های مهندسی شده به کار می روند که مسئله بار ثابت وارد بر آنها بسته به نوع کاربرد، اهمیت دارد. بنابراین با توجه به اهمیت قابل توجه (زیست محیطی و اقتصادی) بازیافت پلاستیک‌ها و استفاده دوباره و سودمند از آنها برای تولید چندسازه چوب- پلاستیک با ویژگی های بهینه (اپتیمم)؛ این پژوهش با هدف ارزیابی اثرگذاری های پلی‌پروپیلن بازیافتی و سازگار کننده بر رفتار خزش چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن بازیافتی انجام شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از پلی‌پروپیلن با شاخص جریان مذاب ۵/۸g/۱۰min ساخت شرکت پلی‌نار استفاده شد. آرد چوب مورد استفاده در این تحقیق از خاک اره چوب گونه راش پس از غربال کردن با الک چشمه ۴۰-/۶۰+ تهیه شد. از پلی‌پروپیلن پیوند خورده با مالئیک انیدرید (MAPP) ساخت شرکت کیمیا جاوید با شاخص جریان مذاب ۱۰۰g/۱۰min و ۱/۱ درصد مالئیک انیدرید پیوند خورده به عنوان سازگار کننده استفاده شد.

آماده سازی پلی‌پروپیلن بازیافتی

پنج مرحله تخریب گرمایی مکانیکی روی پلی‌پروپیلن دست اول به عنوان شاخصی از بارهای بازیافت در دستگاه تزریق چسب دومار دونه (پیچ) نا همسوگرد (مدل۴۸۱۵ WPC- ساخت شرکت برنا پارس مهر) در دمای ۱۹۰°C و شتاب ۱۰۰rpm انجام گرفت. به منظور بررسی رفتار مذاب پلی‌پروپیلن در مراحل بازیافت شاخص جریان مذاب همه پلاستیک‌ها در هر مرحله برابر آیین نامه ۹۸- ASTM D ۱۲۳۸ در دمای ۲۳۰°C و با وزنه۲/۱۶۴ kg با ماشین اندازه‌گیری شاخص جریان مذاب مدل ۲۰-D SIT تعیین شد (۱۹). پلی‌پروپیلن دست اول در دستگاه تزریق چسب ریخته شد و پس از خروج از دستگاه تزریق چسب با دستگاه آسیاب آزمایشگاهی به دانه (گرانول) تبدیل (دانه بندی)شد. این عمل تا پنج بار تکرار شد و دانه های به دست آمده از مراحل دوم و پنجم برای ساخت چندسازه گزینش شدند.

فرآیند اختلاط و ساخت نمونه

پلی پروپیلن (دست اول و بازیافتی)، آرد چوب خشک شده (در آون با دمای ۸۰°C به مدت ۲۴ ساعت) و سازگارکننده (MAPP) برابر جدول۱ دریک مخلوط کن آزمایشگاهی با شتاب ۱۵۰۰ rpm به منظور دستیابی به یک اختلاط به نسبت همگن پیش مخلوط شدند. آنگاه اختلاط حاصل با دستگاه تزریق چسب دو ماردونه ناهمسوگرد به باریکه‌های با سطح مقطع ۱۰ mm (ضخامت) در ۷۰ mm (پهنا) تبدیل شدند. شتاب و دمای تزریق چسب برای تولید رخ نما (پروفیل) برابر با جدول ۲ تنظیم شد. نمونه‌ها در دمای ۲۳± ۲ °C و رطوبت نسبی ۶۵٪ ±۳٪ به مدت دوهفته پیش از انجام آزمون‌ها شرایط دهی شدند. و سپس برای تهیه نمونه‌های آزمون برای آزمون‌های پیش‌بینی شده برابر استانداردها برش داده شدند. برای هر تیمار ۵ تکرار در نظر گرفته شد. از آزمون مشخصه ای تجزیه واریانس یک سویه (ANOVA) برای بررسی امکان وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین مقادیر ویژگی های مکانیکی و خزش چندسازه چوب- پلاستیک استفاده شد و پس از اثبات وجود چنین تفاوتی، از آزمون چند دامنه دانکن (Duncan) برای گروه بندی میانگین‌ها استفاده شد.

آزمون خمش سه نقطه‌ای

مدول کشسانی و مقاومت خمشی با آزمون خمش سه نقطه‌ای برابر با آیین نامه۰۴-۷۰۳۱ D استاندارد ASTM اندازه‌گیری شدند (۲۰). این آزمون با استفاده از ماشین آزمون مکانیکی Dartec با شتاب بارگذاری ۵ mm/min و ظرفیت یافته (سلول) ۵۰ KN انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- درصد اجزای تشکیل دهنده ترکیب تیمارهای مختلف چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن

ترکیب تیمار	پلی‌پروپیلن بکر(٪)	پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی (٪)	پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی(٪)	آرد چوب (٪)	سازگار کننده MAPP (٪)
WVPP	۵۰	-	-	۵۰	۰
WVPPMA	۴۸	-	-	۵۰	۲
WR2PP	-	۵۰	-	۵۰	۰
WR2PPMA	-	۴۸	-	۵۰	۲
WR5PP	-	-	۵۰	۵۰	۰
WR5PPMA	-	-	۴۸	۵۰	۲

آرد چوب(W)، پلی‌پروپیلن بکر (VPP)، پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی(R2PP)، پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی(R5PP) سازگار کننده (MAPP).

جدول ۲- شرایط مورد استفاده در دستگاه اکسترودر برای ساخت چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن

دما (Cº)								
بخش اختلاط					بخش قالب		سرعت مارپیچ‌ها (rpm)
۱۶۵	۱۸۰	۱۸۰	۱۷۷	۱۷۵	۱۶۵	۱۴۵	۱۱۵	۱۲۰

آزمون خزش

نمونه‌های خمشی استاندارد برای آزمون خزش مورد استفاده قرار گرفت. سطح بارگذاری ۳۰ درصد بیشینه بار شکست تعیین شد (جدول۳). آزمون خزش خمشی کوتاه مدت برابر آیین نامه D ۷۰۳۱-۰۴ استاندارد ASTM با اندازه‌گیری پیوسته جابجایی نقطه میانی نمونه‌ها در مدت زمان ۱۲۰ دقیقه (۶۰ دقیقه خزش و ۶۰ دقیقه بازگشت) در دمای ۲±۲۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۲±۶۵ ٪ با نشانگر رقمی مدل Mitutoyo ID-F125E انجام شد. در آزمون خزش مشخصه های زیر محاسبه و گزارش شده است. خزش نسبی: به عنوان درصدی از تغییر شکل آنی با رابطه ۱ محاسبه شد:

رابطه ۱: $R_C=(J_t-J_o)/J_o * ۱۰۰$

که در آن، R_C خزش نسبی (درصد)، J_t خزش در زمان t (mm) و J_0 خزش آنی (mm) می‌باشد. ضریب خزش: به منظور پیش‌بینی خزش سازه زیر بار ثابت با رابطه ۲ محاسبه شد:

رابطه ۲: $K_t=J_t/J_0$

که در آن، K_t ضریب خزش برای بار ثابت در زمان t، J_t خزش در زمان t (mm) و J_0 خزش آنی (mm) است. مدول خزش: که به صورت نسبت تنش ثابت به تغییر شکل وابسته به زمان تعریف می‌شود (۱۴) با استفاده از رابطه ۳ برابر با استاندارد ISO ۶۶۰۲ (۲۱) به دست آمد:

رابطه ۳: $E_t=(L^3F)/(4bh^3S_t)$

که در آن، Et مدول خزش در لحظه t (MPa)، L طول دهانه (mm)، F نیرو (N)، b پهنای نمونه (mm)، h ضخامت نمونه (mm) و St خزش در زمان t (mm) می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۳- تعیین بار آزمون خزش

مواد	بار(N)	
	حداکثر*	۳۰ درصد بار حداکثر
WVPP	۶۲۹	۱۸۸/۷
WVPPMA	۹۲۸	۲۷۸/۴
WR2PP	۴۷۶	۱۴۲/۸
WR2PPMA	۷۵۹	۲۲۷/۷
WR5PP	۳۱۸	۹۵/۴
WR5PPMA	۴۸۴	۱۴۵/۲

آرد چوب(W)، پلی‌پروپیلن بکر (VPP)، پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی(R2PP)، پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی(R5PP)، سازگار کننده (MAPP).
* بار حداکثر بوسیله آزمون خمش محاسبه شده است.

نتایج و بحث

رفتار مذاب پلی‌پروپیلن

شاخص جریان مذاب پلی‌پروپیلن‌های دست اول و بازیافتی در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طور که دیده می‌شود با افزایش بارهای بازیافت, شاخص جریان مذاب پلی‌پروپیلن افزایش می‌یابد. افزایش شاخص جریان مذاب نشان دهنده کاهش در وزن مولکولی و گرانروی (ویسکوزیته) مذاب پلیمر در نتیجه تخریب زنجیرهای پلیمری پلی‌پروپیلن طی چرخه‌های شدید گرما و تنش با فرآیند اکستروژن می باشد (۵و۱۵).

شکل ۱- شاخص جریان مذاب پلی‌پروپیلن

Archive of SID

www.SID.ir

خواص مکانیکی

مدول کشسانی و مقاومت خمشی چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن در جدول۴ ارائه شده‌است. دیده می شود که در نبود سازگار کننده با افزایش بارهای بازیافت پلی- پروپیلن، مقاومت خمشی چندسازه ساخته شده از پلی- پروپیلن دوبار بازیافتی حدود ۲۹ درصد و چندسازه ساخته شده از پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی حدود ۴۶ درصد نسبت به چندسازه ساخته شده از پلی‌پروپیلن دست اول کمتر است. اما با افزایش بارهای بازیافت پلی- پروپیلن به دوبار مدول کشسانی چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی نسبت به چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دست اول افزایش می‌یابد که میزان این افزایش معنی دار نیست. با افزایش بارهای بازیافت به پنج‌بار مدول کشسانی به طور معنی‌داری در چندسازه مورد بررسی کاهش می‌یابد. همان طور که در مبحث شاخص جریان مذاب عنوان شد کاهش در وزن مولکولی و کاهش طول زنجیره پلیمری در اثر افزایش شدت تخریب گرمایی مکانیکی باعث کاهش مدول کشسانی و مقاومت خمشی پلی‌پروپیلن بازیافتی می‌شود(۱۵). همچنین اثرگذاری سازگار کننده بر ویژگی های مکانیکی چندسازه‌های مورد بررسی در جدول ۴ نشان داده شده است. در حضور ۲ درصد سازگار کننده مدول کشسانی و مقاومت خمشی چندسازه های ساخته شده از آرد چوب و پلی‌پروپیلن بازیافتی به طور معنی‌داری نسبت به مواد همانند بدون سازگار کننده افزایش نشان می‌دهند. در بود MAPP به دلیل افزایش سطح اتصال بین پلاستیک و آرد چوب، انتقال تنش از ماتریس به پرکننده بهینه می‌شود و ویژگی های مکانیکی مورد بررسی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابند.

جدول۴- مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی آرد چوب- پلی‌پروپیلن

مواد	مدول الاستیسیته (MPa)		مقاومت خمشی (MPa)	
	بدون سازگار کننده	با سازگار کننده	بدون سازگار کننده	با سازگار کننده
WVPP	۳۴۱۸ ^{*b}(۲۱۸) **	۳۸۱۶ ^{b}(۷۱)	۲۷ ^{c}(۱/۳)	۳۸ ^{a}(۰/۶)
WR2PP	۳۸۲۹ ^{b}(۲۲۷)	۴۳۸۲ ^{a}(۵۰)	۱۹ ^{d}(۱/۹)	۳۳ ^{b}(۰/۷)
WR5PP	۲۷۳۳ ^{c}(۱۲۷)	۳۴۵۵ ^{b}(۲۴۱)	۱۵ ^{e}(۰/۹)	۲۰ ^{d}(۰/۵)

آرد چوب(W)، پلی‌پروپیلن بکر (VPP)، پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی(R2PP)، پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی(R5PP)

* حروف انگلیسی معرف گروه‌بندی دانکن می‌باشند

** اعداد داخل پرانتز معرف اشتباه معیار می‌باشند

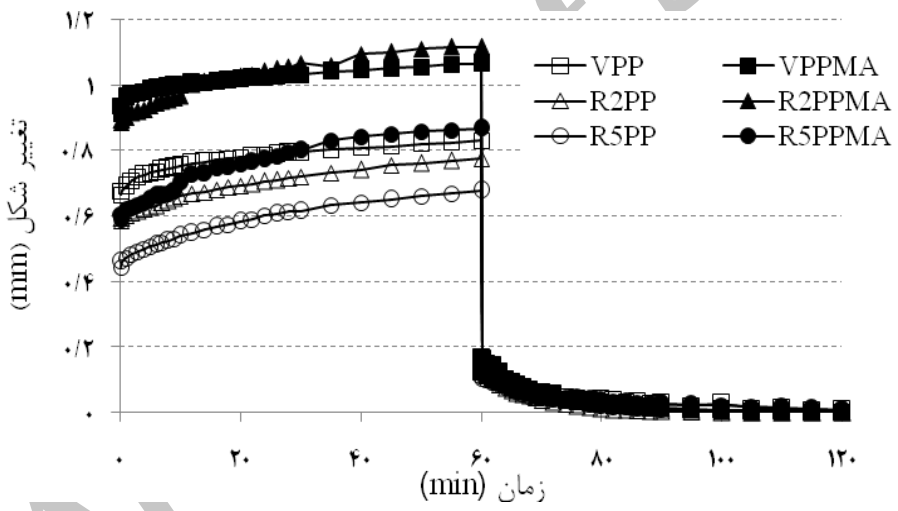
خزش

منحنی خزش- بازگشت چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن در شکل ۲ نشان داده شده است. مشخصه های مختلف خزش- بازگشت این مواد نیز در جدول۵ آورده شده است. در این تحقیق، بارگذاری بر پایه ۳۰ درصد از بار شکست مواد (به دست آمده از آزمون خمش ایستا) بوده است و چون بار شکست نمونه‌ها با یکدیگر متفاوت است، بر این پایه میزان بارگذاری در چندسازه آرد چوب- پلی- پروپیلن ساخته شده از پلاستیک دست اول، دوبار بازیافتی و پنج‌بار بازیافتی متفاوت است. بنابراین در این تحقیق، برای مقایسه تغییر شکل آنی و تغییر شکل بیشینه چندسازه‌های مختلف که زیر بارگذاری متفاوت بوده‌اند، از مقادیر خزش بر پایه واحد بار استفاده شده است. با این هدف میزان خزش (تغییر شکل) بر باری که ایجاد کننده خزش بوده است، تقسیم شده و میزان خزش بر پایه واحد بار به دست آمد. نتایج نشان می‌دهند که در نبود سازگار کننده میزان تغییر شکل آنی واحد بار در چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی و چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی به ترتیب ۱۸ و ۳۰ درصد نسبت چندسازه ساخته شده از

Archive of SID

www.SID.ir

پلاستیک دست اول بیشتر است. همچنین نتایج نشان می‌دهند، تغییر شکل بیشینه واحد بار چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی و چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی نیز به ترتیب ۲۶ و ۵۵ درصد نسبت چندسازه ساخته شده از پلاستیک دست اول بیشتر است. جدول ۵ نشان می‌دهد که با افزایش بارهای بازیافت به دو و پنج بار ضریب خزش نیز افزایش می‌یابد. تغییر شکل خزشی چندسازه چوب- پلاستیک تا حدودی تحت تأثیر مدول کشسانی آن است و اغلب مواد با مدول بالا تغییر شکل خزشی کمتری دارند (۶). افزایش بارهای بازیافت به دو بار تأثیر معنی داری بر مدول کشسانی چندسازه آرد چوب- پلی-پروپیلن بازیافتی ندارد. اما با افزایش بارهای بازیافت به پنج‌بار مدول کشسانی چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی بطور معنی‌داری کاهش می‌یابد. در نتیجه دیده می‌شود که تغییر شکل خزشی بطور قابل توجهی کاهش می‌یابد. همین‌طور در جدول۵ دیده می‌شود که در بود ۲ درصد سازگار کننده تغییر شکل آنی واحد بار و هم تغییر شکل بیشینه واحد بار در چند سازه چوب- پلاستیک ساخته شده از پلی‌پروپیلن دست اول و بازیافتی کاهش نشان می‌دهد. همچنین در صورت استفاده از ۲ درصد سازگار کننده ضریب خزش نیز کم می‌شود. سازگار کننده با بهبود سطح مشترک بین ماده زمینه و پرکننده باعث انتقال بهتر تنش از پلی‌پروپیلن به آرد چوب می‌شود و در نتیجه تغییر شکل خزشی چندسازه چوب پلاستیک کاهش می‌یابد (۴).



شکل ۲- منحنی خزش- بازگشت چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن

آرد چوب(W)، پلی‌پروپیلن بکر (VPP)، پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی(R2PP)، پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی(R5PP)، سازگارکننده (MA).

خزش نسبی

شکل۳ خزش نسبی چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن را نشان می‌دهد. همان طور که دیده می‌شود با افزایش زمان بار گذاری خزش نسبی در چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش بارهای بازیافت پلی‌پروپیلن خزش نسبی مواد مورد بررسی نیز افزایش نشان می‌دهد. به طوری که چندسازه های آرد چوب- پلی‌پروپیلن ساخته شده از پلی‌پروپیلن بازیافتی در نبود سازگار کننده خزش نسبی بیشتری نسبت به چندسازه ساخته شده از پلاستیک دست اول نشان می-دهند. در پایان خزش، چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی و چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی به ترتیب ۴۳ و ۱۱۸ درصد خزش نسبی بیشتری نسبت به چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دست اول تولید می‌کند. بطور کلی خزش نسبی، شاخصی از رفتار مهندسی وابسته به زمان در چندسازه‌های چوبی

www.SID.ir

است و به طور معمول برای مقایسه رفتار خزش مواد مختلف با مدول کشسانی مختلف به کار برده می‌شود (۱و۱۴). علت افزایش خزش نسبی چندسازه ساخته شده از پلی پروپیلن بازیافتی را می توان به تخریب پلی‌پروپیلن طی مراحل بازیافت نسبت داد.

شکل ۳ نشان می‌دهد که در صورت استفاده از ۲ درصد سازگار کننده خزش نسبی در چندسازه های آرد چوب- پلی‌پروپیلن دست اول و آرد چوب- پلی‌پروپیلن بازیافتی کاهش می‌یابد. در پایان خزش، چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن بکر، چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی و چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی در بود سازگار کننده به ترتیب ۴۷، ۱۷و ۴۲ درصد نسبت به چندسازه‌های همانند بدون سازگار کننده خزش نسبی کمتری نشان می‌دهند. ایجاد اتصال های عرضی بین پلیمر و پرکننده و بهبود دربرگیری و چسبندگی آرد چوب با پلاستیک می‌تواند سبب کاهش خرش نسبی چندسازه چوب- پلاستیک در بود سازگار کننده باشد (۴).

جدول۵- پارامترهای خزش- بازگشت چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن

مواد	تغییر شکل آنی (mm)	بیشینه تغییر شکل (mm)	بازگشت آنی (mm)	تغییر شکل دائمی (mm)	ضریب خزش
WVPP	۰/۶۹۱ (۰/۰۳۶)*	۰/۸۳ (۰/۰۴۴)**	۰/۱۲۴	۰/۰۰۸	۱/۲۰
WVPPMA	۰/۹۶۳ (۰/۰۳۰)	۱/۰۶۶ (۰/۰۴۱)	۰/۲۵۷	۰/۱۰۳	۱/۱۱
WR2PP	۰/۶۰۲ (۰/۰۴۳)	۰/۷۷۵ (۰/۰۵۵)	۰/۱۱۷	۰/۰۰۰	۱/۲۹
WR2PPMA	۰/۹۰۲ (۰/۰۳۹)	۱/۱۱۷ (۰/۰۴۹)	۰/۱۲۸	۰/۰۰۰	۱/۲۴
WR5PP	۰/۴۷۲ (۰/۰۴۷)	۰/۶۷۹ (۰/۰۶۸)	۰/۰۹۹	۰/۰۰۱	۱/۴۴
WR5PPMA	۰/۶۲۱ (۰/۰۴۱)	۰/۸۶۹ (۰/۰۵۸)	۰/۱۱۳	۰/۰۰۹	۱/۲۵

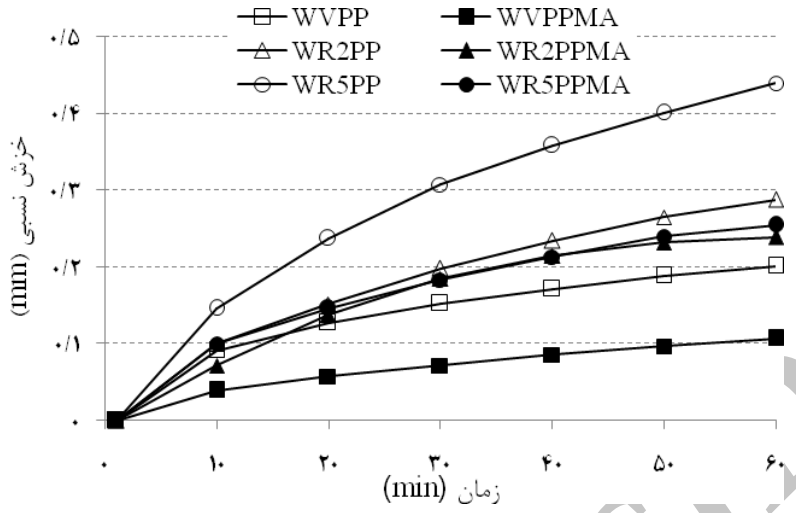
آرد چوب(W)، پلی‌پروپیلن بکر (VPP)، پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی(R2PP)، پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی(R5PP)، سازگارکننده (MA).

* مقادیر داخل پرانتز تغییر شکل آنی واحد بار می‌باشند.

** مقادیر داخل پرانتز بشینه تغیر شکل واحد بار می‌باشند

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۳- خزش نسبی چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن

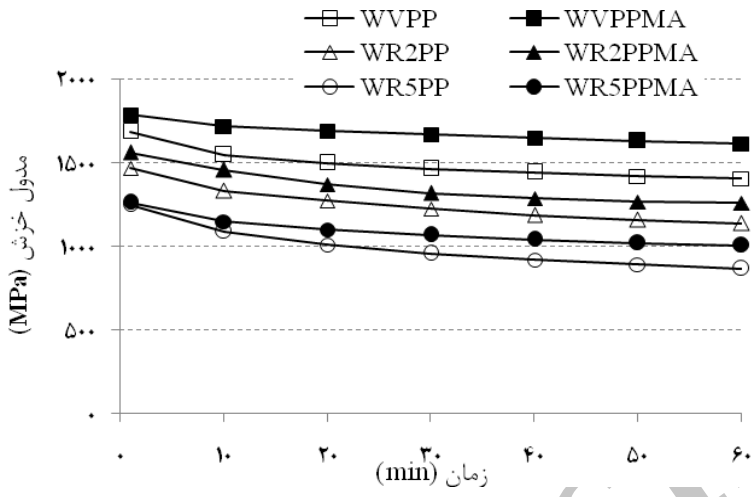
آرد چوب(W)، پلی‌پروپیلن بکر (VPP)، پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی(R2PP)، پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی(R5PP)، سازگارکننده (MA).

مدول خزش

مدول خزش چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طور که دیده می شود مدول خزش با افزایش زمان کاهش می‌یابد. افزایش بارهای بازیافت نیز سبب کاهش مدول خزش در مواد مورد بررسی می شود به طوری که در نبود سازگار کننده مدول خزش در چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی و چندسازه آرد چوب- پنج‌بار بازیافتی در پایان خزش، به ترتیب ۱۹ و ۳۸ درصد نسبت به چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دست اول کاهش نشان می‌دهد. تخریب گرمایی مکانیکی پلی‌پروپیلن، کاهش درازای زنجیره‌های پلیمری و کاهش وزن مولکولی (افزایش شاخص جریان مذاب) (۵، ۱۵ و ۱۷) می‌تواند از دلایل اصلی کاهش مدول خرش در چندسازه آرد چوب- پلی-پروپیلن بازیافتی نسبت به چندسازه آرد چوب- پلی-پروپیلن دست اول باشد. همچنین در شکل ۴ دیده می-شود که استفاده از سازگار کننده باعث افزایش مدول خزش می شود. استفاده از ۲ درصد سازگار کننده به ترتیب ۱۵، ۱۰ و ۱۵ درصد سبب افزایش مدول خزش نسبت به چندسازه‌های همانند بدون سازگار کننده می‌شود. نتایج همانندی توسط Bledzki و Faruk برای چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دارای سازگار کننده MAPP گزارش شده است (۳). در بود سازگار کننده پراکندگی آرد چوب در ماده زمینه پلیمری بهینه می‌شود و در نتیجه افزایش کیفیت چسبندگی در سطح مشترک بین دو فاز ناهمگن آرد چوب و پلی‌پروپیلن و افزایش انتقال انرژی از ماده زمینه به پرکننده مدول خزش در چندسازه چوب- پلاستیک افزایش می‌یابد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴- مدول خزش چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن

آرد چوب(W)، پلی‌پروپیلن بکر (VPP)، پلی‌پروپیلن دوبار بازیافتی(R2PP)، پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی(R5PP)، سازگارکننده (MA).

نتیجه گیری

در این پژوهش، اثرگذاری بازیافت پلی‌پروپیلن بر رفتار خزش خمشی کوتاه مدت چندسازه آرد چوب- پلی-پروپیلن بازیافتی با سازگار کننده و بدون آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که با افزایش زمان بارگذاری تغییر شکل خزشی و خزش نسبی افزایش و مدول خزش کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش بارهای بازیافت پلی-پروپیلن مقاومت به خزش در چندسازه ساخته شده از پلی‌پروپیلن بازیافتی و آرد چوب کاهش نشان می‌دهد به طوری که کمترین خزش نسبی و بیشترین مدول خزش برای چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن دست اول و بیشترین خزش نسبی و کمترین مدول خزش برای چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن پنج‌بار بازیافتی بدست آمد. نتایج بررسی های اثرگذاری سازگارکننده بر رفتار خزشی نشان داد که در بود ۲ درصد سازگار کننده MAPP تغییر شکل خزشی، ضریب خزش و خزش نسبی کاهش و مدول خزش در چندسازه‌های مورد بررسی افزایش می‌یابد. به طور کلی می‌توان چنین بیان کرد که بازیافت پلی‌پروپیلن سبب کاهش مقاومت به خزش چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن بازیافتی می‌شود و با استفاده از ۲ درصد سازگار کننده می‌توان تا حدود زیادی اثرگذاری منفی بازیافت پلی‌پروپیلن بر مقاومت به خزش چندسازه آرد چوب- پلی‌پروپیلن بازیافتی را جبران نمود.

منابع

1- Bodig J. and Jayne B.A., 1982. Mechanics of Wood and Wood Composites, Van Nostrand Reinhold, New York, 712.

2- Bledzki, A.K, and Gassan, J, 1999: Influence of Fiber Surface Treatment on the Creep Behavior of Jute Fiber-Reinforced Polypropylene, Journal of Thermoplastic Composite Materials: vol (12): 388-398.

Archive of SID

www.SID.ir

3- Bledzki, A.K, and Faruk, O, 2004: Creep and impact properties of wood fiber- polypropylene composite: influence of temperature and moisture content, Composite Science and Technology: vol (64): 693-700
4- Bengtsson, M and Oksman, K, 2006. Silan cross linked wood plastic composite; process and properties: Composites Science and Technology; 66(2006), 2177-2186.
5- Canevarolo, S.V. 2000. Chain scission function for polypropylene degradation during multiple extrusions, Polymer Degradation and Stability, 709, 71-76.
6- Ebrahimi, G.H., Falk, R.H. and Tajvidi, M. 2003. Short-term creep behavior of natural fiber / polypropylene composites, In: Proceedings of the 2nd International Conference on Wood Mechanics, STFI, Stockholm, Sweden.
7- Lee, S.Y, Yang, H. S, kim, H.I, Jong, C.S, Lim, B.S, and Lee, J.N, 2004. Creep behavior and manufacturing parameters of wood flour filled polypropylene composite, Composite Structures: Vol (65):459-469.
8- Kazemi Najafi S., Hamidinia E., Tajvidi M., 2006. Mechanical properties of composites from sawdust and recycled plastics, Journal of Applied Polymer Science 100:3641–3645.
9- Kazemi Najafi S., Sharifinia H., Tajvidi M., 2008. Effects of water absorption on creep behavior of wood–plastic composites, Journal of Composite Materials, 42 (10), 993-1002.
10- Kazemi Najafi S., Mostafazadeh M., Chaharmahali M., and Tajvidi M., 2008. The effects of filler content and water absorption on creep behavior of HDPE waste/MDF flour composites, Journal of Iranian Polymer Science and Technology, 21(1), 53-59. (In Persian)
11- Najafi A., and Kazemi Najafi S., 2009. Effect of load levels and plastic types on creep behavior of wood sawdust/ HDPE composite, Journal of Reinforced Plastic Composites, 28, 2645-2653.
12- Nikrai J., Kazemi Najafi S., and Ebrahimi Gh., 2009. A comparative study on creep behavior of wood flour-polypropylene composite, medium density fiberboard (MDF) and particle board, Journal of Iranian Polymer Science and Technology, 21, 53-59. (In Persian)
13- Park, B.D. and Balatinecz, J., 1998. Short term flexural creep behavior of wood fiber/polypropylene composites, Polymer Composites, 19(4): 377-382.
14- Perez C.J., Alvarez V.A., and Vazquez A., Creep Behavior of Layered Silicate/Starch-Poly caprolactone Blendes Nano composites, Mater. Sci. Eng. Part: A, 480, 259-265, 2008.
15- Rust N., Ferg E, E. and Masalova I., 2006. A degradation study of isotactic virgin and recycled polypropylene used in lead acid battery casings, Polymer Testing., 25, 130–139.
16- Sain, M. M., Balatinecz, J., and Law, S., 2000. Creep fatigue in engineered wood fiber and plastic composites, Journal of Applied Polymer Science, 77(2): 260-268.
17- Shojaei, A., Yousefian, H. and Saharkhiz, S., 2006. Performance characterization of composite materials based on recycled high-density polyethylene and ground tire rubber reinforced with short glass fibers for structural applications. J Apple polym Sci. 104:1-8
18- Xu, Y, Wu, Q, Lei, Y, Yao, F., 2010. Creep behavior of bagasse fiber reinforced polymer composites, Bioresource Technology, 101, 3280–3286.
19- American Society for Testing and Materials, 2002. ASTM D1238- 98, West Conshohocken, PA USA.
20- American Society for Testing and Material., 2004. ASTM D 7031-04, West Conshohocken, Pa.
21- International Organization for Standardization., 2003. Plastics: Determination of Creep Behavior - Part 2: Flexural Creep by Three Point Loading, ISO 899-2.

Archive of SID

www.SID.ir

A Study on Creep Behavior of Wood Flour- Recycled Polypropylene Composite

S. Ghahri[1] and S. Kazemi Najafi[*2]

Abstract

The creep behavior of wood flour- recycled polypropylene composites (with and without compatibilizer) has been evaluated in this study. For this purpose, virgin polypropylene (PP) was thermo-mechanically degraded by five times of extrusion under controlled conditions in a twin-screw extruder at a rotor speed of 100 rpm and at temperature of 190^0C. The virgin and recycled polypropylene were mixed with the wood flour (50/50% $^W/_W$) as well as the compatibilizer (0, 2% W/W) by a counter-rotating twin-screw extruder to manufacture the wood flour-PP composites (WPCs) samples. The nominal cross section of the manufactured composites was 70×10 mm^2. Short term flexural creep test at 30% of ultimate bending load was performed by using flexural creep equipment. The total time to complete every test was 120 min (60 min creep and 60 min recovery). Results revealed that recycling of the PP reduced the creep resistance in composites containing recycled polypropylene. Also results have shown that with the presence of compatibilizer (MAPP) creep deflection, creep factor and relative creep decrease and creep modulus increase. The composites containing virgin PP and MAPP exhibited higher creep resistance than those containing recycled PP.

Keywords: Recycling of polypropylene, Creep, Wood flour- Recycled polypropylene composite, Compatibilizer

Archive of SID

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

www.SID.ir