Archive of SID

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۶، شمارهٔ ٤، صفحهٔ ۸۱۰-۷۹۸، (۱۳۹۰)

رفتار خزشی مواد مرکب حاصل از ضایعات کارخانه‌های بازیافت کارتن‌های کهنه (OCC)

حامد یونسی کردخیلی[۱]، مهران جلیلوند[۲] و ربیع بهروز*[۳]

۱- دانشجوی دکترای رشته فرآورده‌های چندسازه چوب، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
۳*-مسئول مکاتبات، استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس
پست الکترونیک: Rabi.behrooz@modares.ac.ir

تاریخ دریافت : آبان ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۰

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر سطوح بارگذاری مختلف (۲۰ و ۳۰ درصد) و افزودن چسب اوره فرمالدئید و پلی‌اتیلن (۵ و ۱۰درصد) بر رفتار خزشی فرآورده‌های مرکب حاصل از ضایعات کارخانه‌های بازیافت کارتن‌های کهنه (OCC) می‌باشد. نمونه‌های مورد نظر با روش پرس گرم ساخته شده و قبل از انجام آزمون خزش نیز آزمون خمش سه نقطه‌ای روی فرآورده‌های مرکب مورد مطالعه انجام شد. نتایج نشان داد که به طور کلی، استفاده از مواد افزودنی (رزین یا پلی‌اتیلن) در ساخت فرآورده‌های مرکب، تأثیر مثبتی در رفتار خزشی این فرآورده‌ها داشته است، به‌طوری که افزودن چسب اوره فرمالدئید و پلی‌اتیلن موجب کاهش میزان خیز آنی، خیز نهایی، خیز آنی واحد بار، خیز نهایی واحد بار و درصد بازگشت تغییر شکل مواد مرکب مورد مطالعه می‌شود. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که خیز باقیمانده در مقایسه با خیز آنی و نهایی نسبت به سطح بارگذاری حساسیت بیشتری نشان می‌دهد و با افزودن سطوح بارگذاری از ۲۰ به ۳۰ درصد، افزایش بیشتری در مقدار خیز کلیه فرآورده‌های مرکب مورد مطالعه مشاهده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ضایعات کارخانه‌های کارتن‌های کهنه بازیافتی، مقاومت‌خمشی، رفتار خزشی، مواد مرکب، اوره‌فرمالدئید، پلی‌اتیلن.

مقدمه

امروزه، رشد روزافزون جمعیت بشری و در پی آن افزایش چندین برابر حجم انواع ضایعات، معضل جدیدی را بوجود آورده است تا جایی‌که کاهش حجم و استفاده مجدد از این ضایعات تا حد امکان، امری ضروری به نظر می‌رسد. پژوهشگران برای کاهش این خسارت‌ها راهکارهای متعددی را پیشنهاد نموده‌اند، یکی از بهترین راه‌حل‌ها، استفاده مجدد ضایعات قابل بازیافت در صنایع مختلف مربوطه و بازگرداندن آنها به چرخه تولید می‌باشد (Ayrilmis و همکاران، ۲۰۰۸؛ Behrooz و همکاران، ۲۰۰۹).

یکی از ضایعات مهم که حجم عمده‌ای از پسماندهای

www.SID.ir

Archive of SID

صنعتی را تشکیل می‌دهد، ضایعات مربوط به کارخانه‌های بازیافت کارتن‌های کهنه (OCC) است که صاحبان این صنایع را مجبور به صرف هزینه‌های هنگفت جهت حمل و نقل و دفع این مواد کرده است. این ضایعات شامل الیاف کاغذ، باقیمانده چسب نواری، پلاستیک و سایر مواد می‌باشد. از آنجایی که پلاستیک موجود در ضایعات این کارخانه‌ها ماده‌ای تجزیه‌ناپذیر است و ماده مخرب محیط‌زیست به‌شمار می‌آید، این صنایع با هشدارهای پی در پی از جانب سازمان حفاظت محیط‌زیست نیز مواجه می‌باشند (Ashori و Norbakhsh، ۲۰۰۹؛ Ashori، ۲۰۰۸). یک راه‌حل مفید در جهت استفاده از این ضایعات، به‌کارگیری این ضایعات در ساخت فرآورده‌های مرکب می‌باشد. این فرآورده‌های مرکب می‌توانند با استفاده از چسب‌های ترموست یا رزین‌های ترموپلاستیک ساخته شوند و برای کاربردهای گوناگون مورد استفاده قرارگیرند.

خیز یکی از ویژگی‌های مهم و مشخصه اصلی مواد مرکب می‌باشد (کاظمی نجفی و همکاران، ۱۳۸۷). تغییر شکل وابسته به زمان محصول زیر یک بار و در دمای ثابت به‌عنوان خیز شناخته می‌شود. عوامل گوناگونی در رفتار خزشی فرآورده‌های مرکب تأثیر دارند که ازجمله آنها میزان و نوع بارگذاری، میزان پرکننده، سازگارکننده، رطوبت، حرارت و ... می‌باشد. با وجود تحقیقات گسترده در زمینه فرآورده‌های مرکب، گزارش‌های محدودی درباره خزش و عوامل تأثیرگذار در آن وجود دارد (Kobbe، ۲۰۰۵؛ Sain و همکاران، ۲۰۰۰).

به‌علت کاربرد فزاینده فرآورده‌های مرکب در کاربردهای سازه‌ای و محوطه‌های بیرونی، از دیدگاه مهندسی اندازه‌گیری خزش ضروری به نظر می‌رسد، زیرا با گذشت زمان ممکن است تغییر شکل خزشی از مقدار معینی در سازه‌ها بیشتر شده و باعث شکست شود (کاظمی نجفی و همکاران، ۱۳۸۷؛ مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین با توجه به این که اطلاعات خزش می‌تواند در طراحی سازه‌ها و پیش‌بینی مقدار تغییر شکل‌ها در سازه در طول زمان، به طراحان کمک نماید، این تحقیق به دنبال ساخت فرآورده‌های مرکب با استفاده از ضایعات کارتن‌های کهنه بازیافتی و بررسی رفتار خزشی آن جهت کاربرد در چنین موارد است.

مواد و روشها

مواد

ضایعات بازیافت کارتن‌های کهنه (OCC): این ضایعات از شرکت بازیافت کارتن‌های کهنه افرنگ واقع در شهرک صنعتی چمستان- نور تهیه شد (شکل ۱). ضایعات از لحاظ کمی و کیفی مورد آنالیز قرار گرفتند که نتایج آن در جدول۱ گزارش شده است.

شکل ۱- ضایعات کارخانه‌های بازیافت کارتن‌های کهنه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- اجزای موجود در پسماند کارتن‌های کهنه بازیافتی حاصل از کارخانه‌های بازیافت

الیاف فیبری (٪)		الیاف غیر فیبری (٪)
بزرگتر از ۱۰۰ میلیمتر	کوچکتر از ۱۰۰ میلیمتر	(پلاستیک، باقیمانده نوارچسب و ...)
۱٤	۳۱	۵۵

پلیمر: پلی‌اتیلن با دانسیته بالا (HDPE) از صنایع پتروشیمی بندر امام واقع در ماهشهر با شاخص جریان مذاب ۵/۲٤ gr/۱۰min تهیه گردید. شاخص جریان مذاب در حرارت ۱۸۰ درجه سانتیگراد و وزنه ۲/۱٦٤ کیلوگرم اندازه‌گیری شد.

رزین و هاردنر: رزین اوره فرمالدئید با غلظت ۵۰ درصد و کلریدآمونیوم به‌عنوان هاردنر از شرکت رزین سازان شمال - آمل تهیه شد.

آماده‌سازی مواد

فرآورده مرکب ضایعات- پلی‌اتیلن: ضایعات در ابتدا در آسیاب آزمایشگاهی با مش ۱۰۰ آسیاب شدند. سپس در آون (فور) تا رسیدن به محتوای رطوبتی ۳ درصد خشک گردیدند. این ضایعات با پلی‌اتیلن مطابق جدول ۲ مخلوط شدند. برای بدست آوردن اختلاط یکنواخت، از همزن آزمایشگاهی با ۱۵۰۰ دور در دقیقه استفاده شد.

جدول ۲- فرآورده‌های مرکب با ترکیبات مختلف از ضایعات، چسب و پلی‌اتیلن

کد مربوطه	پسماند (٪)	پلی‌اتیلن (٪)	چسب اوره فرمالدئید (٪)
WC-٪۱۰۰	۱۰۰	-	-
WPC-٪۹۵	۹۵	۵	-
WPC-٪۹۰	۹۰	۱۰	-
WUC-٪۹۵	۹۵	-	۵
WUC-٪۹۰	۹۰	-	۱۰

فرآورده مرکب ضایعات-اوره فرمالدئید: این فرآورده مرکب نیز به مانند فرآورده مرکب ضایعات- پلی‌اتیلن تهیه گردید، فقط به جای استفاده از پلی‌اتیلن از درصدهای مختلف چسب (جدول ۲) برای ساخت محصول استفاده شد. عملیات چسب‌زنی در دستگاه چسب‌زن با استفاده از نازل دستی انجام شد. در ساخت این فرآورده مرکب از هاردنر کلریدآمونیوم به میزان ۱ درصد وزن چسب استفاده شد.

ساخت فرآورده‌های مرکب: مواد اولیه مخلوط شده در قالبی به اندازه اسمی (۳۰×۳۰) سانتیمتر به طور یکنواخت ریخته شد. برای ساخت فرآورده مرکب ضایعات- پلی‌اتیلن و فرآورده مرکب ضایعات- اوره‌فرمالدئید از روش پرس گرم با حرارت ۱۸۰ و ۱٦۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه استفاده شد. همچنین برای تهیه نمونه‌های شاهد (WC=%100)، مواد اولیه تهیه شده از شرکت افرنگ پس از آسیاب و خشک شدن، بدون اضافه کردن هیچ‌گونه مواد

www.SID.ir

Archive of SID

افزودنی در قالب (۳۰×۳۰ سانتیمتر) ریخته شده و در پرس با دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد و در زمان ۱۵ دقیقه به پانل تبدیل شدند. سپس کلیه پانل‌های ساخته شده به مدت ۱۰ دقیقه در پرس سرد قرار گرفتند. به دلیل دانسیته پایین و اتصالات ضعیف (اصطلاحاً منطقه مرده) ۵ سانتیمتر از لبه پانلها، کناره‌بری شد (Lee و همکاران، ۲۰۰٤) پانل‌های ساخته شده (شکل ۲ و ۳) به مدت ۲ هفته در دمای ۲±۲۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ٥±٦۰ درصد شرایط‌دهی شدند. دانسیته و ضخامت اسمی پانل‌های ساخته شده در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی تخته‌های ساخته شده

نوع پانل	دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	ضخامت (میلیمتر)
WPC	۱	۱۰
WUC	۰/۷	۱۰
WC	۰/۷	۱۰

شکل ۲- فرآورده مرکب WPC

شکل ۳- فرآورده مرکب WUC

www.SID.ir

Archive of SID

اندازه‌گیری خواص مکانیکی: آزمون خمش سه نقطه‌ای نمونه‌ها براساس استاندارد DIN-EN ۳۱۰ انجام شد. این آزمون با استفاده از دستگاه DARTEC با ظرفیت بارگذاری ۵۰ KN انجام شد. ابعاد نمونه‌ها برای انجام این آزمون ۱×۵×۲۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد وسرعت بارگذاری نیز ۵ mm/min بود.

آزمون خزش: خیز کوتاه مدت با استفاده از تجهیزات خیز خمش سه نقطه‌ای مطابق با آیین‌نامه D ۷۰۳۱-۰٤ استاندارد ASTM انجام شد. این تست در مدت زمان ۱/۵ ساعت (۱ساعت بارگذاری و ۳۰ دقیقه بازگشت) و در دمای ۲۰±۲ درجه سانتی‌گراد و در رطوبت ٦۰±۵ انجام شد. در آزمون خزش از دو سطح بارگذاری (۲۰ و ۳۰ درصد از بار شکست نمونه‌ها) استفاده شد. میزان جابجایی در زمان‌های مختلف با استفاده از یک نشانگر رقمی، مدل Mitutoyo ID - F125E در وسط طول دهانه اندازه‌گیری شد (شکل٤). برای هر سطح بارگذاری سه تکرار انجام شد که ابعاد نمونه‌های آزمونی ۱×۵× ۲۵ سانتی‌متر انتخاب گردید.

شکل ٤- دستگاه آزمون خزش

در آزمون خزش عامل‌های مختلفی اندازه‌گیری و گزارش شد که این عامل‌ها عبارتند از: **خیز آنی** (مقدار تغییر شکل، یک دقیقه بعد از بارگذاری)، **خیز نهایی** (مقدار تغییر شکل،٦۰ دقیقه بعد از بارگذاری)، **برگشت آنی** (مقدار بازگشت تغییر شکل، یک دقیقه بعد از حذف بار)، **خیز باقیمانده** (مقدار تغییر شکل باقیمانده،۳۰ دقیقه بعد از حذف بار). همچنین با استفاده از مقادیر خیز در زمان‌های مختلف عامل‌های زیر محاسبه گردید.

- **درصد بازگشت تغییر شکل** (نسبت بین کل تغییر شکل بازگشتی؛۳۰ دقیقه بعد از حذف بار) به کل تغییر شکل (خیز نهایی).

- **درصد تفاوت:** به منظور مقایسه کمی متغیرهای خزش فرآورده مرکب ضایعات- پلی‌اتیلن با فرآورده مرکب ضایعات- اوره فرمالدئید، درصد تفاوت متغیرهای خزش فرآورده مرکب ضایعات- پلی‌اتیلن با فرآورده مرکب ضایعات- اوره فرمالدئید معادله زیر محاسبه گردید:

$$D = (X_1-X_2) / X_2 \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$

D= درصد تفاوت X_1= متغیرخزش فرآورده مرکب ضایعات- پلی‌اتیلن

X_2= متغیرخزش فرآورده مرکب ضایعات- رزین

- **خیز آنی واحد بار:** از آن جایی که میزان بارگذاری در آزمون خزش در مواد مختلف متفاوت می‌باشد بنابراین به منظور مقایسه خیز آنی مواد مختلفی که تحت بار متفاوت قرار دارند بهتر است از خیز آنی در واحد بار استفاده شود، یعنی مقدار خیز به باری که ایجادکننده خیز بوده است تقسیم شود تا خیز به‌ازای واحد بار به دست آید.

$$J_{0L} = J_0 / L \qquad (۲)$$

J_0= خیز آنی (mm) L= بار (kg) J_0/L = خیز آنی واحد بار (mm/ kg)

www.SID.ir

Archive of SID

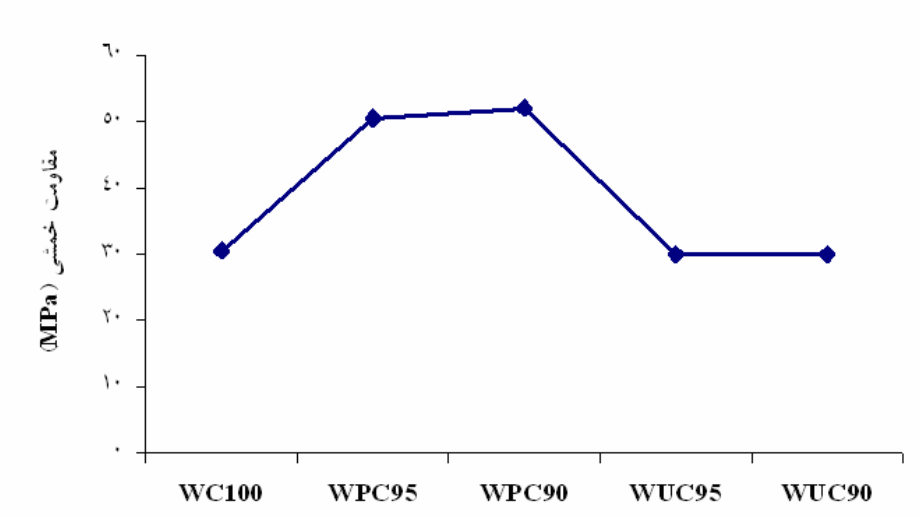
- **خیز نهایی واحد بار**: در این تحقیق خیز نهایی واحد بار همانند خیز آنی واحد بار به منظور مقایسه خیز نهایی مواد مختلفی که تحت بار متفاوت قرار داشتند استفاده شد و معادله محاسبه آن به صورت زیر می‌باشد.

$$J_L = J / L \qquad (۳)$$

J/L = خیز نهایی واحد بار (mm/kg) J = خیز نهایی (mm) L = بار (kg)

نتایج

مقاومت خمشی: مقاومت خمشی فرآورده‌های مرکب تولیدی در شکل ۵ نشان داده شده است. همان طوری که مشاهده می‌شود بیشترین مقاومت خمشی در پانل‌های دارای پلی‌اتیلن مشاهده می‌شود، در حالی که بین مقاومت خمشی پانل‌های دارای چسب اوره فرمالدئید و پانل‌های بدون هیچ‌گونه مواد افزودنی، تفاوت چندانی مشاهده نمی‌شود.



شکل ۵- مقاومت خمشی فرآورده‌های مرکب مورد مطالعه

اثر سطح بارگذاری بر متغیرهای خزش مواد مرکب آزمونی: نمونه‌های آزمونی در دو سطح ۲۰ و ۳۰ درصد بار شکست بارگذاری شدند (جدول٤). منحنی خیز/ بازگشت مواد مختلف آزمونی در شکل ٦ نشان داده شده است.

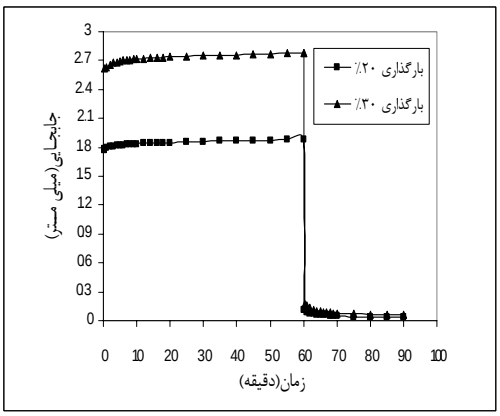
متغیرهای مختلف مربوط به خیز/ بازگشت شامل خیز آنی، خیز نهایی، خیز باقیمانده، برگشت آنی و درصد بازگشت تغییر شکل در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ٤ - میزان بارگذاری مواد در آزمون خزش

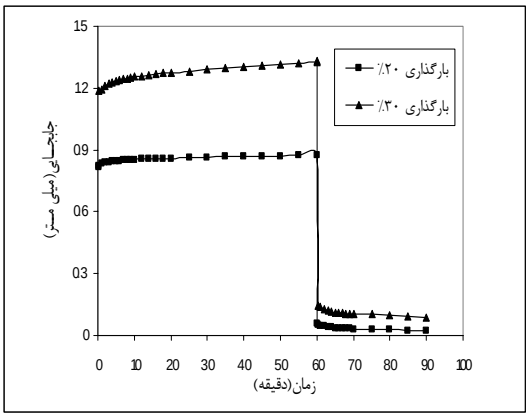
مواد	بار شکست (Kg)	۲۰ درصد بارشکست (Kg)	۳۰ درصد بارشکست(Kg)
WC ٪۱۰۰	۳۰	٦	۹
WUC٪۹۵	۳۱	٦/۲	۹/۳
WUC ٪۹۰	۳۵	۷	۱۰/۵
WPC٪۹۵	۵۰	۱۰	۱۵
WPC ٪۹۰	۵۳/۸	۱۰/۵	۱٦

www.SID.ir

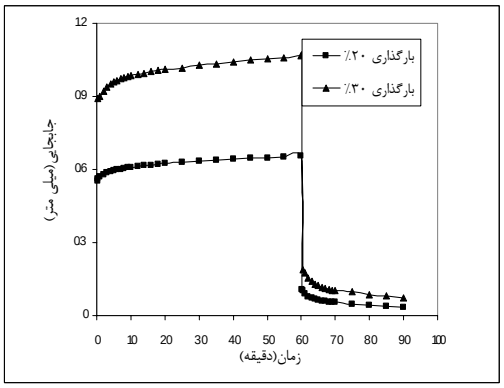
Archive of SID



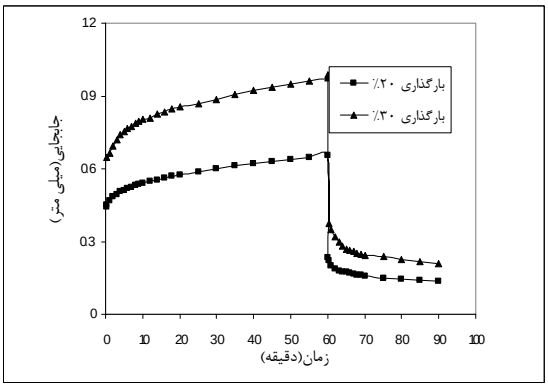
a



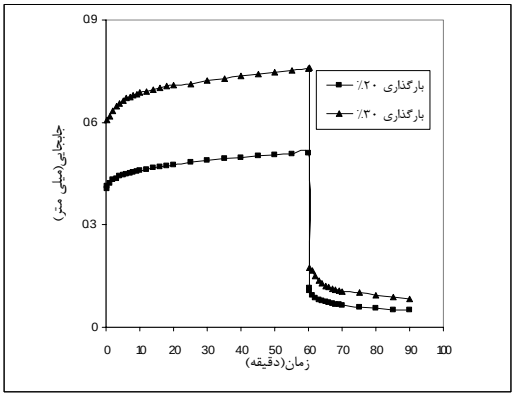
b



c



d

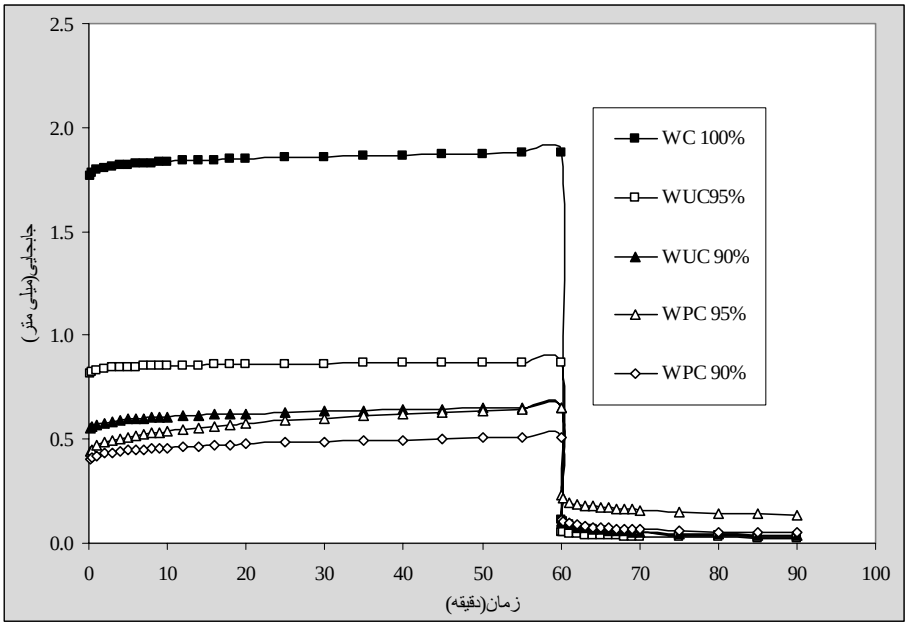


E

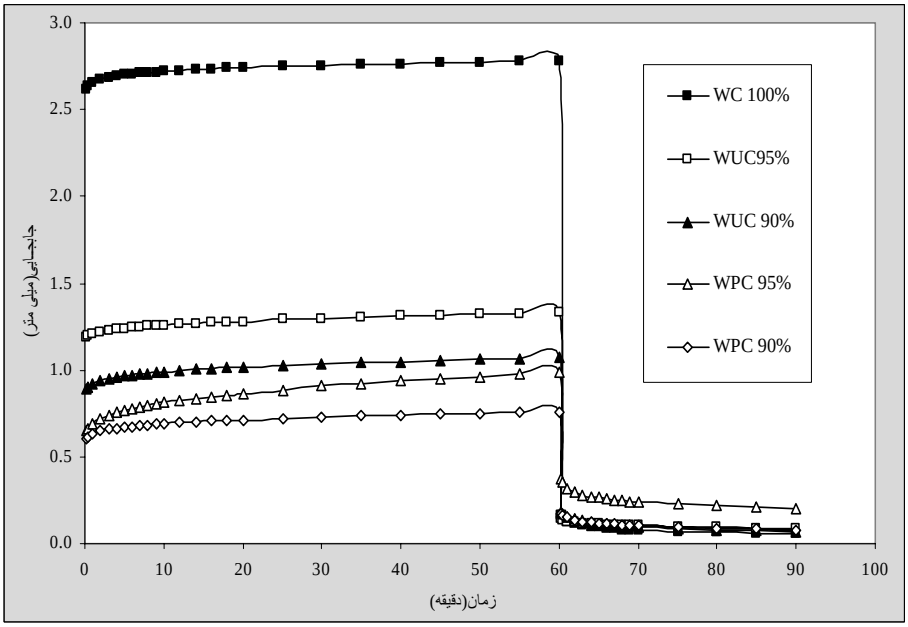
شکل ٦- خزش و بازگشت آن در مواد مورد مطالعه در دو سطح بارگذاری(a – ٪۱۰۰ wc، b- ٪۹۵-WUC، c- ٪۹۰-WUC، d- ٪۹۵-WPC و e- ٪۹۰-WPC).

www.SID.ir

Archive of SID



a



b

شکل ۷- خزش و بازگشت آن در مواد مورد مطالعه در دو سطح بارگذاری

(a –سطح ۲۰ درصد و b- سطح ۳۰ درصد)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- متغیرهای خزش/ بازگشت در فرآورده‌های مرکب مورد مطالعه

مواد	سطح بارگذاری	متغیر های خزش/ بازگشت				
		خیز آنی(mm)	خیز نهایی(mm)	برگشت آنی(mm)	خیز باقیمانده (mm)	درصد بازگشت
WC-٪۱۰۰	٪۲۰	۱/۷۹	۱/۷۸	۰/۰۹	۰/۰۳۱	۹۸/۳٤
	٪۳۰	۲/٦٥	۱/۸۷	۰/۱۲	۰/۰۵۸	۹۷/۸۸
WUC-٪۹۵	٪۲۰	۰/۸۳	۰/۸۷	۰/۰٤	۰/۰۲٤	۹۷/۲۰
	٪۳۰	۱/۲۱	۱/۳۳	۰/۱۲	۰/۰۸٦	۹۳/۵۰
WUC-٪۹۰	٪۲۰	۰/۵۷	۰/٦٥	۰/۰۸	۰/۰۳٦	۹٤/٤٤
	٪۳۰	۰/۹۲	۱/۰۷	۰/۱۵	۰/۰٦۹	۹۳/٤۹
WPC-٪۹۵	٪۲۰	۰/٤٦	۰/٦٥	۰/۱۹	۰/۱۳٦	۷۹/۱۲
	٪۳۰	۰/٦۹	۰/۹۸	۰/۳۲	۰/۲۰٤	۷۹/۲۸
WPC-٪۹۰	٪۲۰	۰/٤۲	۰/۵۱	۰/۰۹	۰/۰۵۰	۹۰/۲۲
	٪۳۰	۸۹/۵۳	۰/۰۷۹	۰/۱٤	۰/٦۳	۰/۷٦

جدول ٦- تغییرات متغیرهای خزش/ بازگشت در فرآورده‌های مرکب مورد مطالعه

مواد	تغییرات خیز آنی با تغییر بار (٪)	تغییرات خیز نهایی با تغییر بار (٪)	تغییرات برگشت آنی با تغییر بار (٪)	تغییرات خیز باقیمانده با تغییر بار (٪)	تغییرات بازگشت شکل با تغییر بار(٪)
WC-٪۱۰۰	٤۸/۲۰	٤۸/۰۰	٤۳/۷۰	۸۹/۲۵	۰/٤۷
WUC-٪۹۵	٤۵/۱۸	۵۲/۵۸	۱٦۵/۵۲	۲۵٤/۷۹	۳/۸۱
WUC-٪۹۰	٦۱/٤٤	٦۳/۷۸	۷۵/٦٦	۹۱/۷٤	۱/۰۰
WPC-٪۹۵	٤۷/۸۷	۵۰/٦٦	٦۱/۳٤	٤۹/۵۱	۰/۲۰
WPC-٪۹۰	٤۹/۹۲	٤۸/۷۳	۵۷/۱۹	۵۹/۳۳	۰/۷۷

اثر مقدار ماده افزودنی (اوره فرمالدئید و پلی‌اتیلن) روی متغیرهای خزشی مواد مرکب آزمونی: رفتار خزش/ بازگشت فرآورده‌های مختلف در دو سطح بارگذاری (۲۰ و ۳۰٪) در شکل ۷ نشان داده شده است. از آنجایی که مقدار بارگذاری پانل‌های تولیدی متفاوت بوده (به دلیل تفاوت در مقاومت خمشی)، بنابراین برای مقایسه خیز آنی و نهایی آنها از مقادیر خیز براساس واحد بار استفاده می‌شود (جدول ۷ و ۸).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۷- مقایسه خیز آنی واحد بار فرآورده مرکب ضایعات- پلی‌اتیلن و فرآورده مرکب ضایعات- رزین با فرآورده مرکب بدون افزودنی

مواد	سطح بارگذاری ۲۰ درصد		سطح بارگذاری ۳۰ درصد	
	خیز آنی واحد بار (mm/kg)	درصد تفاوت	خیز آنی واحد بار (mm/kg)	درصد تفاوت
WC-٪۱۰۰	۰/۲۹۹	۰	۰/۲۹۵	۰
WUC-٪۹۵	۰/۱۳٤	-۵۵/۰۲۹	۰/۱۳۰	-۵۵/۹٤٤
WUC-٪۹۰	۰/۰۸۲	-۳۹/۳۰۰	۰/۰۸۸	-۳۲/۵۰٤
WPC-٪۹۵	۰/۰٤۷	-٤۹/٤۹۷	۰/۰٤٦	-٤۷/۳۲۹
WPC-٪۹۰	۰/۰٤۰	-۱٤/۲۳۲	۰/۰٤۰	-۱٤/٤۰۰

جدول۸- مقایسه خیز نهایی واحد بار فرآورده مرکب ضایعات- پلی‌اتیلن و فرآورده مرکب ضایعات- رزین با فرآورده مرکب بدون افزودنی

مواد	**سطح بارگذاری ۲۰درصد**		**سطح بارگذاری ۳۰درصد**	
	خیز نهایی واحد بار (mm/kg)	**درصد تفاوت**	**خیز نهایی واحد بار (mm/kg)**	**درصد تفاوت**
WC-٪۱۰۰	۰/۳۱۳	۰	۰/۳۰۹	۰
WUC-٪۹۵	۰/۱٤۱	-۵۵/۰۹۹	۰/۱٤۳	-۵۳/۷۰۷
WUC-٪۹۰	۰/۰۹۳	-۳۳/۵۱۲	۰/۱۰۲	-۲۸/٦۳۲
WPC-٪۹۵	۰/۰٦۵	-۲۹/۹٦٤	۰/۰٦٦	-۳۵/۵۷٤
WPC-٪۹۰	۰/۰٤۹	-۲۵/۵٦۵	۰/۰٤۸	-۲۷/٦٦۸

بحث

همان طوری که نتایج این تحقیق نشان داد پانل‌های حاوی پلی‌اتیلن در مقایسه با پانل‌های حاوی چسب اوره‌فرمالدئید مقدار مقاومت خمشی بیشتری را نشان دادند که علت این امر بالاتر بودن دانسیته آنها در مقایسه با پانل‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدئید می‌باشد. در مورد اثر سطح بارگذاری بر متغیرهای خزش مواد مرکب آزمونی مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار بارگذاری از ۲۰ به ۳۰ درصد خیز نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد. در واقع، افزودن مقدار بار موجب افزایش مقدار نیروی وارد بر اتصالات بین اجزای مختلف فرآورده‌های تولیدی شده و در نتیجه منجر به ایجاد خیز بیشتر نمونه‌های آزمونی مورد مطالعه تحت بارگذاری ۳۰٪ بارخمشی در مقایسه با ۲۰٪ بارخمشی می‌شود. جدول ۵ و شکل ٦ نشان می‌دهد با افزایش سطح بارگذاری از ۲۰ به ۳۰ درصد بازگشت تغییر شکل مواد مرکب مورد مطالعه کاهش می‌یابد. به طوری که بیشترین میزان درصد بازگشت مربوط به مواد مرکب بدون افزودنی می‌باشد (۱۰۰٪ -WC) و کمترین مقدار آن مربوط

www.SID.ir

Archive of SID

به ۹۵٪ WPC- است. بنابراین افزودن چسب و پلیمر موجب کاهش درصد بازگشت تغییر شکل می‌شود. تغییرات متغیرهای خزش/ بازگشت در فرآورده‌های مرکب مورد مطالعه در جدول ٦ نشان داده شده است. به طور کلی خیز آنی و نهایی به سطح بارگذاری بسیار حساس می‌باشد و با افزایش سطح بار از ۲۰ به ۳۰ درصد مقدار آن در کلیه پانل‌های مورد مطالعه، به مقدار زیادی افزایش می‌یابد، به طوری که بیشترین مقدار تغییر در مواد مرکب دارای ۱۰ درصد اوره فرمالدئید (۹۰٪WUC-) با دانسیته ۰/۷ gr/cm^3 مشاهده می‌شود. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که خیز باقیمانده در مقایسه با خیز آنی و نهایی نسبت به سطح بارگذاری حساسیت بیشتری نشان می‌دهد، به طوری که با افزایش سطح بارگذاری (از ۲۰ به ۳۰ درصد)، کمترین و بیشترین میزان خیز باقیمانده به‌ترتیب در ۹۰٪WPC- و ۹۵٪WUC- مشاهده می‌شود که این امر احتمالاً به دلیل دانسیته بالاتر پانل‌های ساخته شده از پلی‌اتیلن در مقایسه با پانل‌های ساخته شده از اوره فرمالدئید می‌باشد. درصد بازگشت آنی فرآورده‌های مرکب مورد بررسی با افزایش سطح بارگذاری (از ۲۰ به ۳۰ درصد) افزایش می‌یابد، به طوری که بیشترین مقدار درصد بازگشت آنی در ۹۵٪ WUC- به میزان ۱٦٥٪ دیده شده است. جدول ٦ نشان می‌دهد که بر خلاف سایر مؤلفه‌های خزشی، درصد بازگشت تغییر شکل نسبت به سطح بارگذاری حساسیت کمتری نشان می‌دهد به طوری که با افزایش سطح بارگذاری از ۲۰ به ۳۰ درصد افزایش اندکی داشته است. علت حساسیت کمتر درصد بازگشت تغییر شکل نسبت به سطح بارگذاری را می‌توان به جهت‌یابی الیاف نسبت داد. الیاف بازیافت شده دارای نسبت طول به قطر (L/D) کمی می‌باشند زیرا در طی ساخت فرآورده‌های مرکب، مواد اولیه (شامل ۵۰ درصد الیاف) آسیاب شده و طول الیاف به شدت کاهش یافته است بنابراین جهت‌یابی مناسبی در زیر پرس نخواهند داشت که همین امر امکان بازگشت خیز را کاهش می‌دهد. علت دیگر این امر را می‌توان به ناهمگنی فرآورده‌های مرکب مورد مطالعه نسبت داد. در این فرآورده‌ها همگنی مناسبی به علت وجود ترکیبات غیرفیبری در بین الیاف وجود دارد، در نتیجه جهت یابی الیاف به خوبی صورت نمی‌پذیرد که این امر موجب کاهش بازگشت خیز می‌گردد. از لحاظ ساختاری نیز وجود ترکیبات پلاستیکی همچون پلاستیک، نوارچسب و ... موجود در فرآورده مرکب، در اثر اعمال بار خیز زیادی یافته که بازگشت آن نیاز به زمان بیشتری دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش مقدار اوره‌فرمالدئید و پلی‌اتیلن مقاومت به خیز مواد مرکب مورد مطالعه بهبود می‌یابد. دلیل این را می‌توان به بهبود مقاومت اتصال بین اجزاء این مواد مرکب با افزایش میزان پلی‌اتیلن و اوره فرمالدئید دانست که موجب افزایش مقاومت به خیز این مواد مرکب نسبت به نیروی وارده می‌گردد (XU و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی تأثیر مقدار ماده افزودنی روی متغیرهای خزشی مواد مرکب آزمونی نشان می‌دهد که در سطح بارگذاری ۲۰ درصد، با افزودن پلی‌اتیلن (از ۵ به ۱۰ درصد) میزان خیز آنی واحد بار به‌ترتیب ٤۹ و ١٤ درصد نسبت به مواد مرکب بدون افزودنی کاهش می‌یابد. با افزایش چسب اوره‌فرمالدئید از ۵ به۱۰ درصد میزان خیز آنی واحد بار به‌ترتیب ۵۵ و ٤۹ درصد کاهش یافته است. همچنین در سطح بارگذاری۳۰ درصد، با افزودن ۵ و ۱۰ درصد پلی‌اتیلن میزان خیز آنی واحد بار به‌ترتیب ٤۷ و ۱۵ درصد کاهش یافته است. افزودن چسب اوره‌فرمالدئید به میزان ۵ و۱۰ درصد موجب کاهش این ویژگی به میزان ٥٦ و ۳۲ درصد شده است. مقایسه خیز نهایی واحد بار در فرآورده‌های

www.SID.ir

Archive of SID

مرکب مورد مطالعه در جدول ۸ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود در سطح بارگذاری ۲۰ درصد، با افزودن چسب اوره فرمالدئید به میزان ۵ و ۱۰ درصد، خیز نهایی مواد مرکب مورد مطالعه به‌ترتیب ۵۵ و ۳۳ درصد کاهش می‌یابد. با افزودن ۵ و ۱۰ درصد پلی‌اتیلن خیز نهایی مواد مرکب مورد مطالعه ۲۹ و ۲۵ درصد کاهش یافته است. از این رو در سطح ۳۰ درصد بارگذاری، با افزودن ۵ و ۱۰ درصد چسب اوره فرمالدئید، خیز نهایی به میزان ۵۳ و ۲۸ درصد کاهش یافت. البته افزودن ۵ و ۱۰ درصد پلی‌اتیلن نیز موجب کاهش ۳۵ و ۲۷ درصدی خیز نهایی مواد مرکب مورد مطالعه گردید.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر سطوح بارگذاری مختلف و افزودن چسب اوره‌فرمالدئید و پلی‌اتیلن بر رفتار خزشی فرآورده‌های مرکب حاصل از ضایعات بازیافت کارتن‌های کهنه مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج بدست‌آمده نتیجه‌گیری‌های زیر حاصل شده است

– با استفاده از مواد افزودنی (رزین یا پلی‌اتیلن)، مؤلفه‌های خزش نظیر خیز آنی، خیز نهایی، برگشت آنی و خیز باقیمانده بهبود می‌یابد.

– با افزایش درصد چسب و پلیمر (از ۵ به ۱۰٪) رفتار خزشی مواد مرکب حاصل از ضایعات بازیافت کارتن‌های کهنه بهبود می‌یابد.

– با افزایش سطح بارگذاری از ۲۰ به ۳۰ درصد مقاومت به خیز مواد مرکب مورد مطالعه کاهش می‌یابد.

منابع مورد استفاده

– کاظمی نجفی، س. مصطفی زاده، م. چهارمحالی، م و تجویدی، م. ۱۳۸۷. اثر مقدار پرکننده و جذب آب بر رفتار خزشی کامپوزیت‌های ساخته شده از پلی‌اتیلن سنگین و آرد MDF. مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، سال بیست و یکم، شماره ۱.

– مصطفی زاده مرزناکی، م. کاظمی نجفی، س. چهارمحالی، م و حاج حسنی، ر. ۱۳۸۸. مطالعه رفتار خزشی مواد مرکب ساخته شده از مخلوط آرد تخته خرده چوب و تخته فیبر نیمه سنگین - ضایعات پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) و تأثیر جذب آب بر آن تحقیقات علوم و چوب و کاغذ ایران، جلد ۲٤، شماره ۲.

- American Society for Testing and Materials, 2004 Standard Guide for Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood – Plastic Composite Products ASTM D 7031 – 04, West Conshohocken, PA, USA.
- Ashori, A. and Nourbakhsh, A., 2009 Characteristics of Wood–Fiber Plastic Composites Made of Recycled Materials, Waste Management 29 (4): 1291–1295.
- Ashori, A., 2008 Municipal Solid Wastes as a Source of Lignocellulosic Fiber and Plastics for Composites Industries, Polymer-Plastics Technology and Engineering Journal 47(8): 741-744.
- Ayrilmis, N., Candan, Z. and Hiziroglu, S., 2008 Physical and Mechanical Properties of Cardboard Panels Made from Used Beverage Carton with Veneer Overlay, Journal of Materials and Design 29(10): 1897–1903.
- Behrooz, R., Younesi Kordkheili, H. and Jalilvand, M., 2009 Using wastes of OCC paper recycling mills. Proceedings of 11th International Conferences on Environmental Science and Technology, Greece, 3-5 September.
- European Standard for Determination of Modulus of Elasticity in Bending and Bending Strength, 1993: DIN EN 310.
- Kobbe, R.G., 2005 Creep Behavior of a Wood Polypropylene Composite, M. Sc. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Washington State University, USA.
- Lee, S.Y., Yang, H.S., Kim H.J., Jeong, C.S., Lim, B.S. and Lee, J.N. 2004 Creep Behavior and Manufacturing Parameters of Wood Flour Filled Polypropylene Composites, Composite Structures 65(3-4): 459–469.
- Sain, M.M., Balatinecz, J. and Law, S., 2000 Creep Fatigue in Engineered Wood Fiber and Plastic Composites, Journal Apply Polymer Science 77: 260- 268.
- Xu, Y., 2009 Creep Behavior of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites. PhD Thesis, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, China.

www.SID.ir

Archive of SID

Creep behavior of the composites made from waste materials of OCC recycling mills

Younesi Kordkheili, H.[1], Jalilvand, M.[2] and Behrooz, R.[3*]

1- PhD Student of Wood and Paper Sciences and Technology Department, Tarbiat Modares University
2- M.Sc. Student of Wood and Paper Sciences and Technology Department, Tarbiat Modares University
3*- Corresponding author ,Assistant professor of Wood and Paper Sciences and Technology Department, Tarbiat Modares University. Email: Rabi.behrooz.ac.ir

Received: Oct., 2010 Accepted: July, 2011

Abstract

The purpose of this study was to investigate effects of different loading levels and addition of urea formaldehyde and polyethylene on the creep behavior of composites made from wastes of OCC recycling mills. The composites manufactured by hot press method and three-point bending test performed before creep test. In general, the results showed positive effects of additive materials such as urea formaldehyde and polyethylene on the creep behavior of the composites. While adding UF and PE decreased primary and final creep as well as return deformation percentage of the composites. Also the obtained results indicated that remaining creep had higher sensitivity to loading levels compared to primary and final creep. Also the increase of the load levels from 20% to 30% led to an increase in creep content of the composites.

Keywords: Wastes of OCC paper recycling mills, flexural strength, creep behavior, composites, urea formaldehyde, polyethylene

www.SID.ir