Archive of SID

فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۹، شماره ۳، صفحه ۴۵۱-۴۴۳، (۱۳۹۳)

# مطالعه ویژگی‌های فیزیکی چندسازه پلیمرهای بازیافتی پر شده با لجن کارخانه کاغذ

الهام مرزبان مریدانی[۱*] و محمد طلایی‌پور[۲]

۱*- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران
پست‌الکترونیک: elham.marzban93@yahoo.com
۲- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۳

## چکیده

در این مطالعه ویژگی‌های فیزیکی چندسازه ساخته شده با پلیمرهای بازیافتی (پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن) پر شده با دو نوع لجن کارخانه کاغذ (لجن رویDAF و لجن انتهایی کارخانه کاغذسازی) مورد بررسی قرار گرفت. برای ساخت چندسازه از سه سطح لجن کاغذ (۱۵،۳۰ و ۴۵٪) استفاده شد. برای اختلاط مواد از دستگاه هک و برای ساخت نمونه‌های استاندارد از قالب‌گیری تزریقی استفاده شد. دانسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت به‌عنوان ویژگی‌های فیزیکی چندسازه مورد بررسی قرار گرفت. افزایش هر دو نوع لجن (لجن روی DAF و لجن انتهایی کارخانه کاغذسازی) به پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن بازیافتی باعث افزایش در دانسیته چندسازه شد؛ اما مقایسه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری دانسیته با سایر تحقیقات نشان داد که استفاده از لجن کارخانه کاغذ باعث تولید چندسازه‌ای نسبتاً سبک و ارزان‌قیمت در واحد حجم گردید. با افزایش میزان هر دو نوع لجن، جذب آب و واکشیدگی ضخامت افزایش یافت. نمونه‌های حاوی پلی‌پروپیلن و لجن انتهایی کارخانه کمترین میزان جذب آب و واکشیدگی را در مقایسه با سایر چندسازه‌ها نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ویژگی‌های فیزیکی، پلیمرهای بازیافتی، لجن کارخانه کاغذ

## مقدمه

به علت افزایش یافتن آلودگی‌های زیست‌محیطی علاقه به استفاده از مواد بازیافتی در سرتاسر جهان افزایش یافته است. همچنین افزایش تقاضا برای چندسازه حاوی مواد بازیافتی منجر به شکل‌گیری تلاش‌هایی برای یافتن منابعی برای جایگزینی با مواد بکر شده است. دو ماده اصلی تشکیل‌دهنده چندسازه چوب پلاستیک یعنی چوب و پلاستیک یکی از موضوعات مهم در بحث توسعه پایدار و حمایت از محیط‌زیست است که اگر با استفاده از مواد جایگزین و بازیافتی از میزان مصرف این مواد کاسته شود گامی در جهت توسعه پایدار برداشته شده است. استفاده از پلیمرهای بازیافتی بر پایه ترموپلاستیک و لجن کارخانه کاغذ راه‌حلی منحصر به فرد برای استفاده از مواد بازیافتی برای استفاده صنعتی از این مواد است. یکی از مهمترین مواد ضایعات شهری پلاستیک‌های ضایعاتی هستند که به‌صورت فراوان در بسیاری از کشورها در دسترس هستند که بیان شده است پلیمرهای ساخته شده از مواد نفتی را می‌توان بدون استفاده از هیچ انرژی بازیافت کرد و مشاهده شده که ویژگی‌های پلیمرهای بازیافتی تقریباً مساوی با مواد بکر است و می‌تواند ویرایش شود (Adhikary *et al.*, 2008). همچنین لجن کارخانه کاغذ که در هر تن تولید کاغذ در حدود ۴۵-۳۵ کیلوگرم تولید می‌شود (Girones *et al.*, 2010) یکی از معضلات صنایع کاغذ می‌باشد که صنایع مربوطه به علت اثرات زیست‌محیطی مضر این ماده بسیار علاقه‌مند به دفع مناسب این ماده هستند. لجن کارخانه کاغذ شامل الیاف نرم سلولزی (الیاف بسیار کوتاه باقی‌مانده از غربال و ماشین کاغذ) و برخی مواد معدنی (مانند کائولین، رس و

www.SID.ir

Archive of SID


کربنات کلسیم) هستند که می‌توان از آنها به‌عنوان یک نوع پرکننده در چندسازه استفاده کرد. البته استفاده از لجن کاغذ در چندسازه پلیمر بر پایه بازیافت بسیار اهمیت دارد (Ismail *et al.*, 2005).

برخی از کارخانه‌ها برای کاهش حجم لجن کارخانه کاغذ آن را می‌سوزانند اما فضاهای موجود برای این عمل کمیاب و گران‌قیمت است (Jesús & Ochoa, 2008)، همچنین لجن کارخانه کاغذ دارای ۴۵-۵۵٪ رطوبت و ۲۰٪ مواد جامد است که مشکلاتی را برای حمل و نقل این مواد بوجود می‌آورد (Hamzeh *et al.*, 2011).

اما نکته مهم در مورد این مواد مزیت‌های آن در مقایسه با پرکننده‌های معدنی متداول است که شامل سفتی کمتر که منجر به کاهش ساییدگی در تجهیزات فرایند شده و چندسازه با دانسته کمتر تولید کرده و همچنین باعث تولید محصولی با هزینه تولید کمتر در واحد حجم خواهد شد (Son *et al.*, 2001). پس تولید چندسازه تمام ضایعاتی از پلیمرهای بازیافتی و لجن کاغذ را می‌توان یک نوآوری برای کاهش مواد ضایعاتی دانست. مشکل اصلی در استفاده از پلاستیک‌های تقویت‌شده دارای الیاف سلولزی جذب آب آنهاست، زیرا الیاف سلولزی در مواجه با آب واکشیده شده و باعث کاهش در مدول و مقاومت کششی آنها می‌شود (Mckenzie & Yuritta, 1979). علاوه بر این، در برخی صنایع بخصوص صنایع دریایی و شیمیایی جذب آب می‌تواند باعث خسارت به ساختار چندسازه شود (Son *et al.*, 2001).

در این پژوهش برای ساخت چندسازه کاملاً بازیافتی از پلیمرهای گرمانرم، پلی‌اتیلن (PE) و پلی‌پروپیلن (PP) به‌عنوان ماتریس و دو نوع لجن کارخانه کاغذسازی شامل لجن انتهایی کارخانه (S)[1] و لجن روی DAF (D) به‌عنوان پرکننده استفاده شده است و خواص فیزیکی شامل جذب آب و واکشیدگی ضخامت بلندمدت چندسازه‌های حاصل مورد بررسی قرار گرفته است.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش از پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن ساخت شرکت پتروشیمی اراک به‌ترتیب با شاخص جریان مذاب (MFI[2])

1 -Final Paper Mill sludge

2- Melt Flow Index

۱۶ و ۱۸ gr/10min به‌عنوان فاز زمینه استفاده شد. برای تهیه پلیمر بازیافتی دو مرحله تخریب ترمومکانیکی روی پلی‌پروپیلن (دمای ۱۹۰-۱۷۰) و پلی‌اتیلن (۱۵۰-۱۳۰) خام به‌عنوان شاخصی از دفعات بازیافت در دستگاه اکسترودر انجام گردید. پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن خام در دستگاه اکسترودر پس از یک بار اکسترود به‌وسیله دستگاه آسیاب به گرانول تبدیل گردید (پلیمر یک بار بازیافتی). گرانول‌های تولید شده از مرحله اول مجدداً در دستگاه اکسترودر ریخته شد و پس از خروج از دستگاه مجدداً به گرانول تبدیل شد (پلیمر دو بار بازیافتی). دو نوع لجن مورد نیاز برای تحقیق از دو قسمت کارخانه کاغذسازی لطیف به‌دست آمد، یک نوع لجن از روی DAF کارخانه (D) و نوعی دیگر از بخش تصفیه پساب کارخانه (S) به‌دست آمد. ویژگی‌های این دو نوع لجن در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های لجن روی **DAF** و لجن انتهایی کارخانه

| نوع لجن | لجن روی DAF | لجن پساب |
|---|---|---|
| pH | ۸/۱۸۰ | ۸/۳۹۴ |
| هدایت الکتریکی | ۳/۸۸ Ms/cm | ۳/۸۶ Ms/cm |
| مواد معدنی | ٪۲۱ | ٪۴۸ |
| مواد آلی | ٪۷۹ | ٪۵۲ |

عملیات اختلاط پلیمر و لجن بازیافت کاغذ در دستگاه Internal mixer Haake HBI system 90 با ظرفیت cc ۳۰۰ و ضریب پرشدگی ۰/۸ برای پلی‌پروپیلن در دمای ۱۸۰°C و برای پلی‌اتیلن در دمای ۱۵۰ با سرعت ۸۰rpm به مدت ۱۱ دقیقه انجام شد. سطوح اختلاط مواد در جدول شماره ۲ بیان شده است. نمونه‌های فیزیکی، به روش قالب‌گیری تزریقی تهیه شد. دمای سیلندر تزریق در هر سه ناحیه ۱۷۵°C، دمای قالب ۲۳ °C، فشار تزریق ۱۱۰ bar و زمان دوره تزریق کمتر از ۲۰ ثانیه در نظر گرفته شد. از نمونه‌های استاندارد برای اندازه‌گیری دانسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت استفاده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID


جدول ۲- درصد وزنی مواد تشکیل‌دهنده ترکیبات مختلف چندسازه‌های ساخته شده

| شماره | کد | PP | PE | D (لجن روی DAF) | S (لجن انتهایی کارخانه) | اتصال‌دهنده |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | PP | ۱۰۰ | – | – | – | – |
| ۲ | PE | – | – | – | – | – |
| ۳ | PPD15 | ۸۲ | – | ۱۵ | – | ۳ |
| ۴ | PPD30 | ۶۷ | – | ۳۰ | – | ۳ |
| ۵ | PPD45 | ۵۲ | – | ۴۵ | – | ۳ |
| ۶ | PPS15 | ۸۲ | – | – | ۱۵ | ۳ |
| ۷ | PPS30 | ۶۷ | – | – | ۳۰ | ۳ |
| ۸ | PPS45 | ۵۲ | – | – | ۴۵ | ۳ |
| ۹ | PED15 | – | ۸۲ | ۱۵ | – | ۳ |
| ۱۰ | PED30 | – | ۶۷ | ۳۰ | – | ۳ |
| ۱۱ | PED45 | – | ۵۲ | ۴۵ | – | ۳ |
| ۱۲ | PES15 | – | ۸۲ | – | ۱۵ | ۳ |
| ۱۳ | PES30 | – | ۶۷ | – | ۳۰ | ۳ |
| ۱۴ | PES45 | – | ۵۲ | – | ۴۵ | ۳ |

**اندازه‌گیری دانسیته**

برای اندازه‌گیری دانسیته طول، عرض و ضخامت نمونه‌های اندازه‌گیری شده بر وزن نمونه‌ها تقسیم شد. فرمول زیر برای محاسبه دانسیته استفاده شد.

$$D= (L\times W\times T /M)$$ رابطه ۱

D = دانسیته نمونه‌ها ($g/cm^3$)

L و W و T= طول، عرض و ضخامت نمونه‌ها (cm)

M= وزن نمونه (g)

**اندازه‌گیری جذب آب و واکشیدگی ضخامت**

جذب آب و واکشیدگی ضخامت (کوتاه‌مدت و بلندمدت) مطابق استاندارد ASTM آیین‌نامه D۷۰۳۱-۰۴ انجام شد. برای توزین نمونه‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ gr و برای اندازه‌گیری ضخامت نمونه‌ها از میکرومتر با دقت ۰/۰۰۱ mm استفاده شد. در آزمون جذب آب، ابتدا نمونه‌ها در آون خشک و بعد وزن و ابعاد آنها تعیین گردید و سپس در داخل آب مقطر غوطه‌ور گردیدند. در زمان‌های مختلف تا رسیدن به حداکثر جذب، وزن و ضخامت نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و به‌وسیله داده‌های به‌دست‌آمده مقدار جذب آب و واکشیدگی ضخامت در زمان‌های مختلف محاسبه گردید.

درصد جذب آب در زمان غوطه‌وری t با رابطه ۱ محاسبه شد:

$$WA(t)= [(W_t - W_0)/W_0] \times 100$$ رابطه ۲

WA (t) = مقدار جذب آب در زمان غوطه‌وری t (٪)

$W_t$ = وزن نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری (g)

$W_0$= وزن خشک نمونه قبل از غوطه‌وری (g)

درصد واکشیدگی ضخامت در زمان غوطه‌وری t با رابطه ۲ محاسبه گردید:

$$TS(t)= [(T_t - T_0)/T_0] \times 100$$ رابطه ۳

TS (t) = واکشیدگی ضخامت در زمان غوطه‌وری t (٪)

$T_t$ = ضخامت نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری (mm)

$T_0$= ضخامت نمونه در حالت خشک (mm)

www.SID.ir

Archive of SID


### تجزیه و تحلیل آماری

با توجه به عوامل متغیر و سطح آنها در کل ۱۴ تیمار موجود بود که برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی با استفاده از تجزیه واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن توسط نرم‌افزار SPss در سطح معنی‌داری ۵٪ انجام شد.

## نتایج

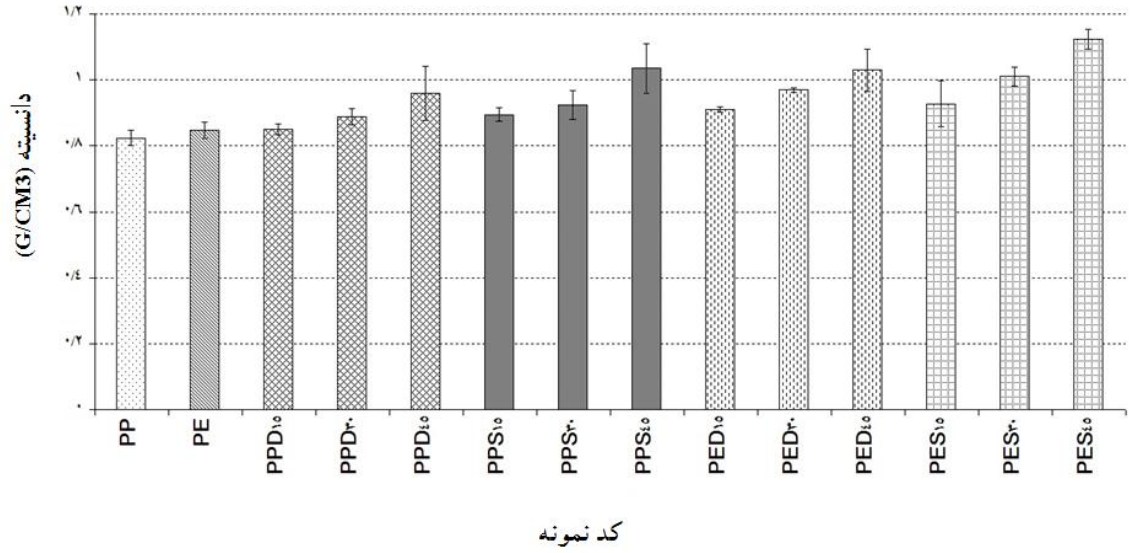
### دانسیته

با توجه به تجزیه و تحلیل داده‌ها برای محاسبه دانسیته (جدول ۳) مشخص شد که در بین متغیرهای مختلف مورد بررسی اثر نوع پلیمر، میزان اختلاط و نوع پرکننده اثر معنی‌داری بر دانسیته چندسازه ساخته شده دارد.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس دانسیته چندسازه

| منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | F | معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|
| نوع پلیمر | ۰/۰۳۰ | ۱ | ۰/۰۳۰ | ۷۸۱/۱۶ | ۰/۰۰۰ |
| میزان اختلاط | ۰/۱۱۴ | ۲ | ۰/۰۵۷ | ۵۷۸/۳۱ | ۰/۰۰۰ |
| نوع پرکننده | ۰/۰۲۶ | ۱ | ۰/۰۲۶ | ۱۲۲/۱۴ | ۰/۰۰۱ |
| پلیمر*میزان اختلاط | ۰/۰۰۲ | ۲ | ۰/۰۰۱ | ۰/۵۵۴ | ۰/۵۸۱ |
| پلیمر*نوع پرکننده | ۴۰۰/۲-۵ | ۱ | ۴۰۰/۲-۵ | ۰/۰۱۳ | ۰/۹۰۹ |
| میزان اختلاط* نوع پرکننده | ۰/۰۰۷ | ۲ | ۰/۰۰۳ | ۸۵۱/۱ | ۰/۱۷۶ |
| پلیمر* میزان اختلاط* نوع پرکننده | ۰/۰۰۱ | ۲ | ۰/۰۰۱ | /۳۸۹ | ۰/۶۸۱ |
| خطا | ۰/۰۵۱ | ۲۸ | ۰/۰۰۲ | | |
| کل | ۵۳۴/۳۷ | ۴۲ | | | |

شکل ۱ دانسیته چندسازه را نشان می‌دهد که تمام متغیرهای مورد بررسی را شامل می‌شود، البته می‌توان گفت چندسازه حاوی PE دارای دانسیته بالاتری نسبت به چندسازه حاوی PP بوده و با افزایش میزان پرکننده به هر دو نوع پلیمر، دانسیته چندسازه حاصل افزایش یافته اما چندسازه حاوی لجن پساب کارخانه با پلیمر PE دارای بالاترین دانسیته می‌باشند.




شکل ۱- دانسیته چندسازه ساخته شده از پلیمرهای بازیافتی / لجن کاغذ

www.SID.ir

Archive of SID


**جذب آب و واکشیدگی ضخامت**

جدولهای ۴ و ۵ تجزیه واریانس جذب آب و واکشیدگی ضخامت غوطه‌وری نمونه‌ها را پس از گذشت چهار هفته نشان می‌دهد. در همه زمان‌های مورد بررسی نوع پلیمر، میزان پرکننده و نوع پرکننده اثر معنی‌داری بر جذب آب چندسازه‌های ساخته شده نشان داد.

**جدول ۴- تجزیه واریانس پس از چهار هفته غوطه‌وری نمونه‌ها**

| منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | F | معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|
| نوع پلیمر | ۱/۱۸۳ | ۱ | ۱/۱۸۳ | ۷/۱۱۶ | ۰/۰۰۰ |
| میزان اختلاط | ۱۳/۱۲۰ | ۲ | ۶ /۵۶۰ | ۳۹ /۴۵۱ | ۰/۰۰۰ |
| نوع پرکننده | ۷/۸۹۶ | ۱ | ۷/۸۹۶ | ۴۷ /۴۸۳ | ۰/۰۰۰ |
| پلیمر*میزان اختلاط | ۰/۰۲۴ | ۲ | ۰/۰۱۲ | ۰/۰۷۱ | ۰/۹۱۳ |
| پلیمر*نوع پرکننده | ۰/۰۰۰ | ۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۹۷۵ |
| میزان اختلاط* نوع پرکننده | ۰/۷۳۷ | ۲ | ۰/۳۶۹ | ۲/۲۱۷ | ۰/۱۳۱ |
| پلیمر* میزان اختلاط* نوع پرکننده | ۰/۰۲۸ | ۲ | ۰/۰۱۴ | ۰/۰۸۳ | ۰/۹۲۰ |
| خطا | ۳/۹۹۱ | ۲۴ | ۰/۱۶۶ | | |
| کل | ۴۳۴ /۴۴۹ | ۳۶ | | | |

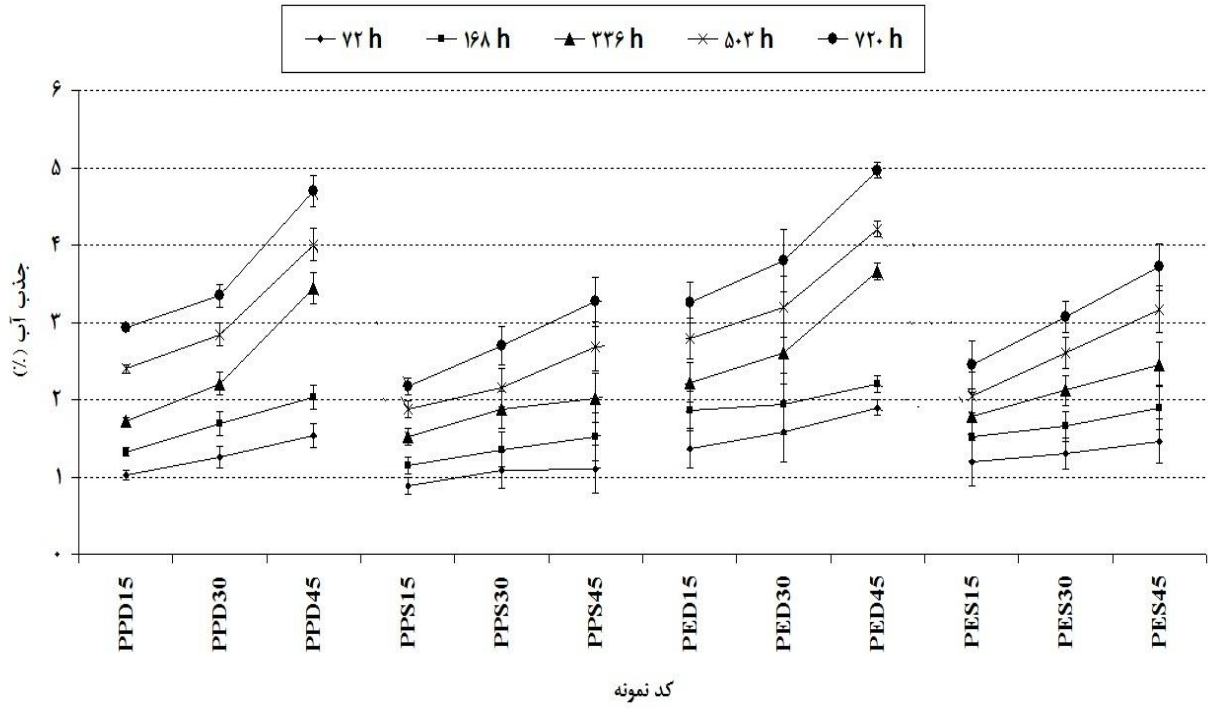
**جدول ۵- تجزیه واریانس واکشیدگی ضخامت پس از ۴ هفته غوطه‌وری نمونه‌ها**

| منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | F | معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|
| نوع پلیمر | ۵۴۴/۱ | ۱ | ۵۴۴/۱ | ۱۸۳/۶۳ | ۰/۰۰۰ |
| میزان اختلاط | ۷۳۴/۲ | ۲ | ۳۶۷/۲ | ۹۶۴/۵۵ | ۰/۰۰۰ |
| نوع پرکننده | ۰/۴۲۶ | ۱ | ۰/۴۲۶ | ۴۲۴/۱۷ | ۰/۰۰۰ |
| پلیمر*میزان اختلاط | ۰/۰۲۲ | ۲ | ۰/۰۱۱ | ۰/۴۵۱ | ۰/۶۴۲ |
| پلیمر*نوع پرکننده | ۰/۰۰۷ | ۱ | ۰/۰۰۷ | ۰/۲۹۰ | ۰/۵۹۵ |
| میزان اختلاط* نوع پرکننده | ۰/۰۵۵ | ۲ | ۰/۰۲۷ | ۱۲۰/۱ | ۰/۳۴۳ |
| پلیمر* میزان اختلاط* نوع پرکننده | ۰/۰۵۱ | ۲ | ۰/۰۲۵ | ۰۴۳/۱ | ۰/۳۶۸ |
| خطا | ۰/۵۸۶ | ۲۴ | ۰/۰۲۴ | | |
| کل | ۴۹۳/۱۴۰ | ۳۶ | | | |

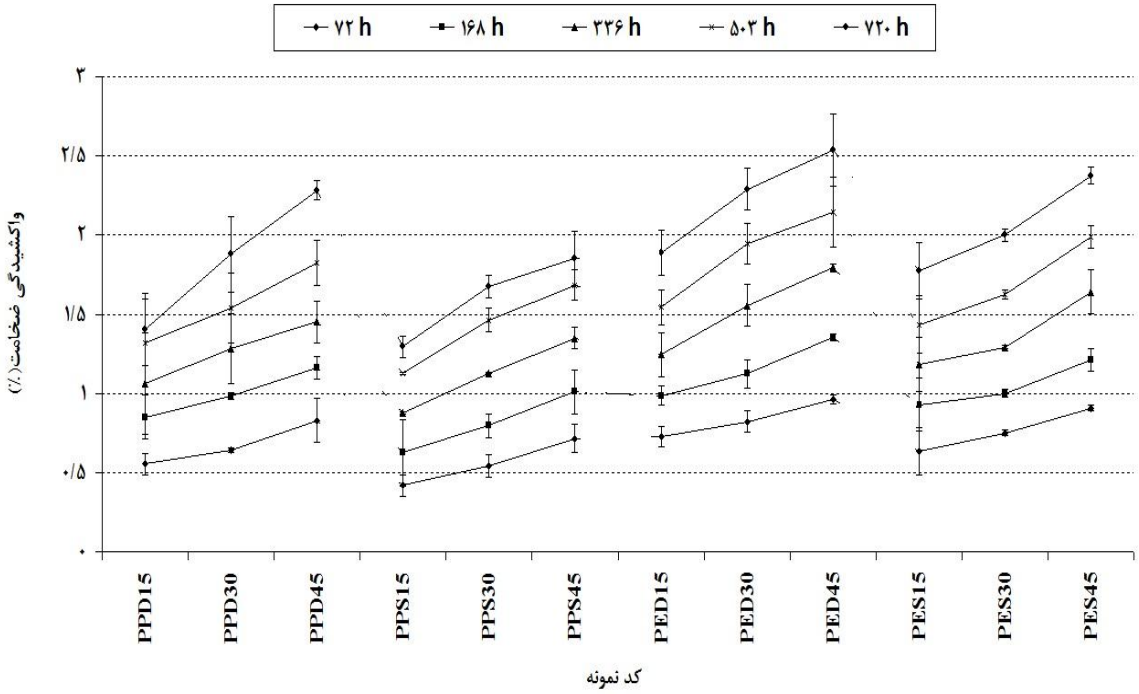
شکل ۱ و ۲ جذب آب بلندمدت در زمان‌های ۳ روز، یک هفته، دو هفته، سه هفته و چهار هفته پس از غوطه‌وری نمونه‌ها را نشان می‌دهد. با بررسی مشاهدات مشخص شد جذب آب و واکشیدگی ضخامت (غوطه‌وری پس از ۳ روز، یک، دو، سه و چهار هفته) در تمامی چندسازه‌ها با افزایش زمان غوطه‌وری افزایش یافته است. افزایش میزان هر دو نوع لجن (لجن روی DAF و لجن انتهایی کارخانه) باعث افزایش معنی‌داری در جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها شد. نمونه‌های ساخته شده با پلی‌اتیلن با هر دو نوع پرکننده (لجن روی DAF و لجن پساب) نسبت به چندسازه ساخته شده با پلی‌پروپیلن، جذب آب و واکشیدگی ضخامت بیشتری را نشان دادند؛ اما نمونه‌های ساخته شده با لجن روی DAF با هر دو نوع پلیمر (PP و PE) دارای جذب آب و واکشیدگی ضخامت بیشتری نسبت به چندسازه اشباع‌شده با لجن انتهایی کارخانه بودند.

www.SID.ir

Archive of SID


شکل ۲- روند جذب آب چندسازه در زمان‌های مختلف غوطه‌وری




شکل ۳- روند واکشیدگی ضخامت چندسازه در زمان‌های مختلف غوطه‌وری

www.SID.ir

Archive of SID


## بحث

ویژگی‌های فیزیکی شامل دانسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه بر پایه پلیمرهای بازیافتی (پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن) پر شده با لجن کارخانه کاغذسازی (لجن روی DAF و لجن انتهایی کارخانه کاغذسازی) در میزان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در بررسی دانسیته‌های چندسازه‌های تولید شده مشخص شد که با افزایش هر دو نوع لجن کارخانه کاغذ به پلیمرهای بازیافتی دانسیته چندسازه نسبت به پلیمرهای بازیافتی افزایش یافته است؛ که این موضوع به دانسیته بالاتر لجن کاغذ نسبت به پلیمرهای ترموپلاستیک است (Son *et al.*, 2003).

بر طبق مطالعات Jacobson و همکاران (۱۹۹۵) دانسیته چندسازه پلی‌پروپیلن/ الیاف لیگنوسلولزی (۴۰٪) در حدود ۱/۴ g/cm3، پلی‌پروپیلن پر شده با مواد معدنی (۴۰) در حدود ۲/۵ g/cm3 و پلی‌پروپیلن پر شده با الیاف شیشه ۱/۲۳ g/cm3 اعلام شده است. پس دانسیته چندسازه پر شده با مواد لیگنوسلولزی بسیار کمتر از مواد معدنی است. برای مثال در این تحقیق چندسازه پلی‌پروپیلن با لجن روی DAF و لجن انتهایی کارخانه (۴۵٪) به‌ترتیب دانسیته ۰/۹۵ و ۱/۰۳ (g/cm3) را نشان دادند که بسیار کمتر از دانسیته‌های اعلام شده برای چندسازه‌های پر شده با مواد لیگنوسلولزی و معدنی است. در حالت مقایسه‌ای نیز مشاهده شده است چندسازه حاوی پلیمرهای ترموپلاستیک با لجن انتهایی کارخانه دارای دانسیته بالاتری نسبت به چندسازه پر شده با لجن روی DAF هستند که می‌توان عنوان کرد که این موضوع را می‌توان به میزان مواد معدنی بیشتر در لجن انتهایی کارخانه نسبت داد. بنابراین استفاده از لجن کارخانه کاغذ به‌عنوان پرکننده برای ساخت چندسازه باعث تولید چندسازه‌ای با دانسیته نسبتاً کمتر و هزینه تولید کمتر در واحد حجم خواهد شد. تذکر این نکته ضروریست که عموماً دانسیته به‌دست‌آمده کمتر از میزان دانسیته‌های اعلام شده به‌صورت تئوری است (Mallick, 1988)؛ که علت آن کارایی کم پراکنش لجن کاغذ و وجود منافذ به علت تجزیه الیاف نرم سلولزی یا انتشار بخار در طی فرایند است (Balatinecz & Park 1996).

با توجه به کاربردهای چندسازه پلیمرهای ترموپلاستیک تقویت شده با پرکننده‌های مختلف بخصوص در کاربردهای دریایی و مواد شیمیایی که در تماس مستقیم با عوامل جوی و آب قرار دارند مطالعه رفتار ثبات ابعادی (جذب آب و واکشیدگی ضخامت) این مواد ضروریست. با استفاده از الیاف سلولزی به‌عنوان پرکننده در چندسازه چوب/ پلاستیک که دارای خاصیت آب‌دوست هستند، بنابراین عامل اصلی در جذب آب و واکشیدگی چندسازه می‌باشند. در این تحقیق از دو نوع لجن کارخانه کاغذ به‌عنوان تقویت‌کننده در ساخت چندسازه بر پایه پلیمرهای ترموپلاستیک بازیافتی (پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن) استفاده شده است. این دو نوع لجن دارای میزان مختلفی از مواد آلی و معدنی در ساختار خود می‌باشند و وجود مواد آلی آب‌دوست در ساختار این دو نوع لجن بررسی جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه را الزامی می‌نماید. در مقایسه پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن بازیافتی در ساخت چندسازه مشاهده شد که پلی‌اتیلن دارای جذب آب و واکشیدگی ضخامت بالاتری نسبت به پلی‌پروپیلن بوده است، بنابراین این موضوع را می‌توان به چسبندگی ضعیف‌تر سطح مشترک زنجیره پلی‌اتیلن با لجن کاغذ نسبت داد که از روی داده‌های ویژگی‌های مکانیکی کامپوزیت پلیمر ترموپلاستیک-لجن کاغذ این قضیه قابل تشخیص است (Son *et al.*, 2003). در مقایسه دو نوع لجن مورد استفاده مشخص شد که لجن روی DAF (D) دارای جذب آب و واکشیدگی ضخامت بیشتری نسبت به لجن انتهایی کارخانه (S) است. میزان مواد آلی و معدنی موجود در هر دو نوع لجن با هم متفاوت است و با توجه به اینکه میزان مواد آلی موجود در لجن عامل اصلی جذب آب و واکشیدگی ضخامت چندسازه می‌باشد، بررسی میزان مواد آلی و معدنی دو نوع لجن نشان داد که میزان مواد آلی موجود در لجن روی DAF بسیار بیشتر از مواد آلی موجود در لجن انتهایی کارخانه است. در گزارش‌های مشابهی Hamzeh و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی دو نوع لجن برای ساخت چندسازه عنوان کردند که چندسازه پرشده با PS (لجن کاغذ حاصل از گندزدایی پساب) دارای جذب آب بالاتری نسبت به IES (لجن جوهر زدایی شده) می‌باشد که علت آن را مواد معدنی بیشتر و مواد فیبری کمتر در IES نسبت به PS می‌دانند. به عبارت دیگر الیاف سلولزی طبیعت آب‌دوست داشته، پس می‌توانند آب جذب کنند و منجر به افزایش وزن چندسازه شوند. با افزایش میزان هر دو نوع لجن از ۱۵ به ۴۵٪ جذب آب و واکشیدگی ضخامت در تمامی چندسازه‌ها افزایش یافت. همچنین Rowell و

www.SID.ir

Archive of SID


همکاران (۱۹۸۴) در یک بررسی نتایج یکسانی را گزارش کردند که جذب آب و واکشیدگی ضخامت کامپوزیت با افزایش در میزان لجن کاغذ افزایش یافته که برای کاهش جذب رطوبت الیاف از استیلاسیون الیاف استفاده کرده که جذب آب به‌صورت معنی‌داری به‌وسیله گروه‌های هیدروکسیل حاضر در الیاف کاهش یافته، هر چند برخی مواقع هزینه‌ها را افزایش می‌دهد؛ اما Lee و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی که از لجن کاغذ و الیاف لیگنوسلولزی به‌عنوان پرکننده و پلی‌پروپیلن به‌عنوان ماتریس استفاده کرده بودند گزارش کردند که جذب آب و واکشیدگی ضخامت در چندسازه با افزایش ۳۰٪ لجن کاغذ نسبت به الیاف لیگنوسلولزی کاهش یافت، آنها علت کاهش در جذب آب و واکشیدگی ضخامت را استخوانی شدن لجن کاغذ دانسته که مربوط به الیاف ریز آن است که باعث محدودیت جذب آب به‌وسیله لجن کاغذ می‌شود.

## منابع مورد استفاده

-Adhikary, B., Shusheng, P. and Mark, P., 2008. Dimensional stability and mechanical behaviour of wood–plastic composites based on recycled and virgin high-density polyethylene (HDPE). Composites: Part B, 39 (2): 807–815

-Girones, J., Pardini, G., Vilaseca, F., Pelach, A. and Mutje, P., 2010. Recycling of Paper Mill Sludge as Filler/Reinforcement in Polypropylene Composites. J Polym Environ, 18(4): 407–412

-Hamzeh, Y., Ashori, A. and Mirzaei, A., 2011. Effects of Waste Paper Sludge on the Physico-Mechanical Properties of High Density Polyethylene/Wood Flour Composites. J Polym Environ, 19(3): 120–124

-Ismail, H., Rusli, A. and Rashid, A., 2005. Maleated natural rubber as a coupling agent for paper sludge filled natural rubber composites. Polymer Testing, 24(7):856–62

-Jacobson, R.E., Engineer, M.S., Caulfield, D.F., Rowell, R.M. and Sanadi, A.R. 1995. Recent Developments in Annual Growth Lignocelluloses as Reinforcing Fillers in Thermoplastics, In: Proceedings of 2nd Biomass Conference of the Americas: Energy, Environment, Agriculture, and Industry, August 21–24, pp. 1171–1180, National Renewable Energy Laboratory Portland, OR, Golden, CO

-Jesús, G. and de Ochoa, A., 2008. Feasibility of recycling pulp and paper mill sludge in the paper and board industries. Resources Conservation and Recycling, 52(7):965–72

-Lee, B., Kim, H. and park, H., 2002. Performance of Paper Sludge/Polypropylene fiber/ Lignocelluloses fiber composites, J. Ind. Eng. Chem, 8 (3): 50-56

-Mallick, P., 1988. Fiber-reinforced Composites Materials Manufacturing and Design, Marcel Dekker, 3 (2):73–176

-Mckenzie, W. and Yuritta, P., (1979). Wood Fiber Reinforced Polymers. Appita, 32(6): 460–465

-Park, D. and Balatinecz, J., 1996. Effects of Impact Modification on the Mechanical Properties of Wood-fiber Thermoplastic Composites with High Impact Polypropylene (HIPP), Journal of Thermoplastic Composite Materials, 9 (7): 342–364.

-Rowell, R., Tillman, A. and Liu, Z., 1986. Dimensional Stabilization of Flake board by Chemical Modification. Wood Science and Technology, 20 (9): 83–95.

-Son, J., Kim, J. and Lee, W., 2001. Role of Paper Sludge Particle Size and Extrusion Temperature on Performance of Paper Sludge-Thermoplastic Polymer Composites, J. of Applied Polymer Science, 82(11): 2709–2718

-Son, J., Yang, H. and K., 2003. Physico-mechanical Properties of Paper Sludge–Thermoplastic Polymer Composites. Journal of Thermoplastic Composite Materials, 42 (12): 1-14

-Woo, M. and Piggott, R., 1988. Water Absorption of Resins and Composites. IV. Water Transportation in Fiber Reinforced Plastics, J. Comp Technol Res, 10(1): 20–24

www.SID.ir

Archive of SID


# A study on physical properties of composites produced using recycled polymer filled with paper mill sludge composites

**E. Marzban Moridani[1*] and M. Talaipour[2]**

1*-Corresponding author, M.Sc., Department of Wood and Paper Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, E-mail: elham.marzban93@yahoo.com
2-Assistant professor, Department of Wood and Paper Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: Oct., 2013 Accepted: June, 2014

## Abstract

In this study, physical properties of composite produced using recycled polymer (polypropylene and polyethylene) filled with two types of paper mill sludge (sludge on the DAF and waste water sludge) were investigated. Three levels of paper sludge (15, 30 and 45 wt %) were used to produce composites. Haake machine was used to blend materials and to produce standard samples; injection molding system was utilized. Density, water absorption and thicknesses swelling of composites were measured. The increasing of both paper mill sludge (sludge on the DAF and wastewater sludge) to the recycled polyethylene and polypropylene increased the density of composites. But, comparing the data obtained from density measurement with literature showed that utilization of paper mill sludge produced relatively lower density and cost on the unit volume basis. Adding both paper mill sludge (sludge on the DAF and waste water sludge) increased water absorption and thicknesses swelling. The samples containing polypropylene and waste water sludge showed lower water absorption and thicknesses swelling compared with other composite.

**Key words**: Physical properties, recycled polymer, paper mill sludge.

www.SID.ir