

تأثیر بازآسیاب بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی فرآورده مرکب چوب پلاستیک ساخته شده با پلی اتیلن سنگین

محمد ظفری سرموری^۱، سعیدرضا فرخ پیام^{۲*}، احسان صناعی سیستانی^۳ و محمد شمسیان^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل

۲* - نویسنده مسئول، استادیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل، پست الکترونیک: farokhpayam@uoz.ac.ir

۳- مربی، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل

۴- دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۶

چکیده

درباره استفاده از مواد ضایعاتی مانند پلاستیک‌های دست دوم، تحقیقات زیادی به چشم می‌خورد اما به بازگشت فرآورده کامل چوب پلاستیک (بازآسیاب) به چرخه تولید کمتر پرداخته شده است؛ بنابراین، این کار پژوهشی تمرکز خود را بر روی تأثیر بازآسیاب یکباره و دوباره بر خواص کاربردی فرآورده چوب پلاستیک پلی اتیلنی سنگین قرار داده است. نمونه‌ها به روش پرس تخت، با مواد اولیه به شکل بودر و در شرایط آزمایشگاهی ساخته شدند. برای ساخت نمونه‌ها از پلی اتیلن سنگین و آرد چوب صنوبر با درصد وزنی ۵۰-۵۰ استفاده شد. برای برآورد اثر بازآسیاب، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده پس از هر بار بازآسیاب اندازه‌گیری شد و برای برآورد اثر بازآسیاب بر روی اندازه ذرات پرکننده و همچنین فصل مشترک بین آرد چوب و پلیمر تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) تهیه گردید. نتایج حاصل از این کار پژوهشی نشان داد که بازآسیاب چوب پلاستیک منجر به کاهش خواص مکانیکی شامل مقاومت خمشی، مدول خمشی، مقاومت کششی و مدول کششی می‌شود، همچنین فرایند بازآسیاب منجر به بهبود خواص فیزیکی شامل جذب آب ۲۴ ساعت و واکنشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت می‌شود. تصاویر میکروسکوپی نشان داد که در طول فرایند بازآسیاب اندازه ذرات پرکننده کاهش پیدا کرده است و ماتریس، ماده پرکننده را به صورت بهتری دربرگرفته است.

واژه‌های کلیدی: بازآسیاب، فرآورده مرکب چوب پلاستیک، خواص مکانیکی، ماده زمینه، پرکننده.

مقدمه

(Wechsler et al., 2006; et al., 1994). با توجه به انبوه

پسماند این فرآورده در پایان عمر کاری باید چاره‌ای اندیشیده شود تا کمترین بار منفی بر محیط زیست را داشته باشد؛ بنابراین یکی از مؤثرترین راه‌ها بازآسیاب (بازیافت) و برگشت دوباره آن به چرخه تولید می‌باشد.

از عناصر اصلی سازنده این فرآورده می‌توان به مواد پلیمری و لیگنوسلولزی اشاره کرد. افزایش قیمت مواد نفتی و پلیمری و همچنین کمبود منابع جنگلی و منابع لیگنوسلولزی اثرات متفاوتی از لحاظ هزینه تولید، مسائل

امروزه چوب پلاستیک و مواد مرکب بر پایه رزین‌های گرمانرم به دلیل قابلیت بازیافت به یکی از محبوب‌ترین فرآورده‌های مرکب نزد مصرف‌کننده تبدیل شده‌اند. ویژگی‌های خاص فرآورده مرکب چوب پلاستیک، مانند دوام در برابر شرایط بیولوژیکی و محیطی، هزینه کم مواد اولیه و امکان فرایندپذیری با توجه به وجود عامل ترموپلاستیکی در ساختار آن باعث شده که این فرآورده مرکب با استقبال عمومی مواجه شده و تولید آن افزایش پیدا کند (Wolcott

خواص چوب پلاستیک پلی پروپیلنی با ۴۰٪ وزنی سبوس برنج در فرایند تزریق پرداختند. نتایج آنان نشان داد که بازآسیاب موجب کاهش چگالی نمونه‌های تولیدی، کاهش اندازه ذرات پرکننده، افزایش شاخص جریان مذاب (MFI) و کاهش خواص مکانیکی می‌شود. در تحقیقی دیگر Shahi و همکاران (۲۰۱۲) اثر بازآسیاب را بر خواص فیزیکی و مکانیکی فراورده مرکب چوب پلاستیک تولیدشده با فرایند اکستروژن مورد ارزیابی قرار دادند که نتایج حکایت از عدم تغییر در چگالی نمونه‌ها و کاهش قابل توجه در میزان جذب رطوبت به دلیل آمیختگی بهتر نمونه‌ها داشت. همچنین نتایج به دست آمده، نشان دهنده کاهش در میزان استحکام و سختی نمونه‌های بازیافتی بود که از جمله معایب بازیافت این محصولات به شمار می‌آید.

همچنین Nawadon و همکاران (۲۰۱۱) به بازآسیاب چوب پلاستیک ساخته شده از پلی ونیل کلراید و آرد چوب که متشکل از دو بخش بود، پرداختند. بخش اول بر روی ساخت دوباره از مخلوط چوب پلاستیک صنعتی ضایعاتی و ترکیب آن با گرانول‌های دست اول پلی ونیل کلراید تمرکز داشت و بخش دوم شامل بازآسیاب چوب پلاستیک تا هفت مرحله بود که نتیجه آن کاهش وزن مولکولی پلی ونیل کلراید با توجه به پارگی زنجیر به دلیل تنش ناشی از بازآسیاب بود. نتایج آزمون‌های مکانیکی نشان داد که می‌توان چوب پلاستیک را بدون آنکه اثر حادی بر روی خواص مکانیکی داشته باشد بازآسیاب کرد. در تحقیقی دیگر که John و همکاران (۱۹۹۸) بر روی اثر بازآسیاب بر خواص چوب پلاستیک انجام دادند، نتایج حکایت از آن داشت که فرایند بازآسیاب باعث کاهش خواص مکانیکی (خمشی و کششی) چوب پلاستیک شده است. همچنین به دلیل تخریب حرارتی در طی فرایند بازیافت، ویسکوزیته پلی پروپیلن بکر کاهش یافته است و شاخص جریان مذاب آن افزایش پیدا کرده است. Nourbakhsh (۲۰۱۳) به بازآسیاب فراورده مرکب حاصل از باگاس و پلی اتیلن پرداختند؛ بنابراین این کار پژوهشی با توجه به ویژگی‌های چوب پلاستیک و اهمیت موضوع بازآسیاب و همچنین مسائل اقتصادی و

زیست محیطی و ... بر روی این صنعت نوپا دارد؛ بنابراین بازآسیاب چوب پلاستیک می‌تواند از وابستگی این صنعت به صنایع پتروشیمی بکاهد و از سوی دیگر کمک شایانی به حفظ محیط زیست و جنگل‌ها بکند؛ بنابراین بازآسیاب این فراورده می‌تواند از همه جنبه‌های زیستی و اقتصادی و ... بسیار مفید باشد (Shahi et al., 2012).

در زمینه بازآسیاب چوب پلاستیک تحقیقات محدودی انجام شده است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که در طی فرایند بازآسیاب ویژگی‌های مربوط به عناصر اصلی سازنده (پلیمر، آرد چوب و مواد افزودنی) به علت آسیاب شدن دوباره و قرار گرفتن دوباره تحت حرارت و فشار دستخوش تغییر می‌شود. تغییر در ویژگی‌های بنیادی عناصر سازنده موجب تغییر در خواص فراورده تولید شده می‌شود؛ از این رو این ویژگی‌های قابل تغییر باید شناسایی شوند و برای جلوگیری از اثرات نامطلوب آنها بر محصول تولیدی باید چاره‌ای اندیشید. از ویژگی‌های قابل تغییر پلیمرها در طی اعمال حرارت، فشار مجدد و بازآسیاب می‌توان به ویسکوزیته (گرانروی) مذاب، وزن مولکولی، کریستالینته، نقطه مذاب و شاخص جریان مذاب اشاره کرد (kamdem et al., 2004). همچنین در طی فرایند بازآسیاب چوب پلاستیک، ویژگی‌های ماده پرکننده (تقویت‌کننده) لیگنوسولوزی نیز دستخوش تغییر می‌شود. فرایند بازآسیاب منجر به له شدن و خرد شدن ماده لیگنوسولوزی شده و فشار و حرارت دوباره موجب تغییر خواص شیمیایی سلولز، همی سلولز و لیگنین می‌شود. از اجزاء دیگر چوب پلاستیک که به مقدار خیلی کمتری در این فراورده مورد استفاده قرار می‌گیرد می‌توان به مواد افزودنی اشاره کرد که ویژگی‌های این مواد نیز در طی بازآسیاب دستخوش تغییر می‌شوند؛ بنابراین باید تمامی این مسائل را در نظر گرفت تا محصول بازآسیاب شده دارای استاندارد درخور مصرف‌کننده تولید شود. متأسفانه در زمینه بازآسیاب چوب پلاستیک هنوز تحقیقات گسترده‌ای انجام نشده است.

در تحقیق دیگری Prachayawarakorn و Yaembunying (۲۰۰۵)، به بررسی اثر بازآسیاب بر روی

یکسان‌سازی بالا و پایین و صفحات مجهز به سیستم چرخش آب برای مرحله پرس سرد استفاده شد. بعد از آماده‌سازی قالب موردنظر، مواد آماده‌سازی شده به‌طور کاملاً یکنواخت به درون قالب انتقال داده شد. سپس قالب موردنظر به همراه مواد درون آن به پرس گرم منتقل شدند. فرایند پرس داغ با حرارت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، فشار ۵۰ بار و زمان ۲۰ دقیقه توسط پرس هیدرولیک روغنی تخت ساخت شرکت رنجر با مشخصات s.w.p 125 و control system= p.l.c انجام شد. پس از پایان مرحله پرس گرم، مرحله پرس سرد انجام شد. بدین ترتیب که ابتدا سینی‌های به‌کار رفته در پرس گرم جدا شدند و بعد قالب موردنظر بر روی سینی‌های سرد قرار داده شد. سپس قالب موردنظر و مواد درون آن که دو سینی سرد در قسمت بالا و پایین آن وجود دارد بر روی صفحات مجهز به سیستم چرخش آب‌خنک قرار داده شده‌اند و به پرس هیدرولیک با فشار ۴۰ بار و مدت زمان ۱۰ دقیقه انتقال داده شد.

پس از مرحله پرس سرد و قبل از انجام آزمون‌ها، تخته‌هایی که به ابعاد ۳۵×۳۵ سانتی‌متر و ضخامت نهایی ۱ سانتی‌متر درآمده‌اند در یک اتاق با رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۲±۲۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ هفته متعادل‌سازی شدند. تخته‌های ساخته شده به‌منظور تهیه نمونه‌های آزمون‌ی به ابعاد برش داده شدند که برای هر یک از تیمارها ۳ تکرار در نظر گرفته شد. سپس کلیه آزمون‌های فیزیکی بر اساس استاندارد ASTM آیین‌نامه D 7031-4 و خواص مکانیکی شامل خمش بر اساس استاندارد ASTM آیین‌نامه D790 و با سرعت بارگذاری ۲mm/min و کشش با استاندارد ASTM آیین‌نامه D638 و با سرعت بارگذاری ۵mm/min انجام شد.

ساخت نمونه‌های مرحله اول بازآسیاب شده

به‌منظور انجام مراحل بعدی آزمایش و بازآسیاب چوب پلاستیک، پس از انجام آزمون‌های موردنظر در نمونه‌های بکر، تمام نمونه‌های آزمایش شده و ضایعات کناره‌بری

زیست‌محیطی تمرکز خود را بر روی تأثیر یکباره و دوباره بازآسیاب بر روی خصوصیات فراورده چوب پلاستیک پلی‌اتیلنی سنگین قرار داده است. در این کار پژوهشی رفتار مکانیکی فراورده مرکب با استفاده از تثبیت‌کننده‌های حرارتی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که استحکام کششی کامپوزیت بازآسیاب شده نسبت به بکر کاهش پیدا کرده است، با این حال هنگامی که از تثبیت‌کننده‌های حرارتی استفاده گردید میزان خواص مکانیکی حفظ و در برخی موارد افزایش پیدا کرد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از پلی‌اتیلن سنگین (HDPE) تولید شرکت پتروشیمی جم با شاخص جریان مذاب (gr/10min) ۱۸ به صورت پودر به‌عنوان ماتریس مورد استفاده قرار گرفت. آرد چوب صنوبر (*Pupulos nigra*) به‌عنوان تقویت‌کننده ماتریس پلیمری مورد استفاده قرار گرفت که از شرکت آوند چوب تالش تهیه شده بود. آرد چوب تهیه شده توسط الک ارتعاشی آزمایشگاهی و با مش ۱۰ تا ۱۰۰ الک شدند و مورد استفاده قرار گرفتند. آرد چوب تهیه شده را قبل از اختلاط با پلیمر به‌منظور کاهش رطوبت به زیر ۳٪ در اتو در دمای ۱۰۳±۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد.

فرایند اختلاط

برای ساختن چندسازه‌های مورد نظر، آرد چوب و پلی‌اتیلن سنگین با نسبت درصد وزنی (۵۰-۵۰) مخلوط شدند. برای اختلاط از یک مخلوط‌کن استوانه‌ای آزمایشگاهی با سرعت ۱۵۰۰ دور بر دقیقه و به مدت ۳۰۰ ثانیه استفاده شد. پس از مخلوط کردن، مواد مورد نظر در کیسه‌های نایلونی کدگذاری شده بسته‌بندی و آماده‌سازی شد.

ساخت چندسازه‌های آزمایشگاهی

برای ساخت نمونه‌ها از یک قالب آلومینیومی به ابعاد ۳۵×۳۵ سانتیمتر، شامل قاب (سیلندر)، بیستون، صفحات

ضخامت ۲۴ ساعت با استفاده از استاندارد ASTM اندازه-گیری شد. در ضمن تمام اندازه‌گیری‌های خواص مکانیکی با استفاده از دستگاه آزمون سنج خواص مکانیکی مواد چوبی با مدل HOUNSFIELD با ظرفیت ۲۵KN در دانشگاه زابل انجام شد. برای بررسی فصل مشترک چوب و پلیمر و همچنین بررسی اثر بازآسیاب بر روی اندازه ذرات پرکننده توسط میکروسکوپ الکترونی پویشی عکس‌های میکروسکوپی تهیه گردید.

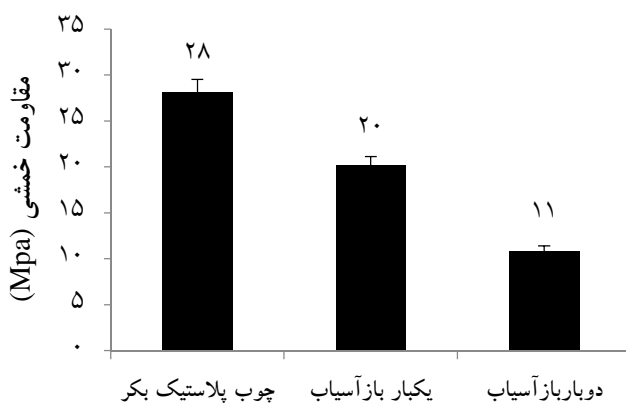
تجزیه و تحلیل آماری

برای بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل و از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است.

نتایج

اثر بازآسیاب بر مقاومت خمشی

همان‌طور که از شکل یک قابل مشاهده است بیشترین میزان مقاومت خمشی مربوط به نمونه‌های بکر و برابر با ۲۸/۱۱ مگا پاسکال می‌باشد. کمترین میزان مقاومت خمشی مربوط به نمونه‌های دو بار بازآسیاب شده و برابر با ۱۰/۸۷ مگا پاسکال است.



شکل ۱- اثر بازآسیاب بر روی مقاومت خمشی

جمع‌آوری و بعد به مرحله ساخت چوب پلاستیک دوباره وارد شدند. ابتدا نمونه‌های جمع‌آوری شده به صورت دستی خرد شده و پس از آن دو مرحله آسیاب انجام شد. بدین صورت که ابتدا نمونه‌هایی که به صورت دستی خرد شده‌اند به درون یک آسیاب چکشی برای تبدیل شدن به دانه‌های گرانول انتقال داده شد و بعد دانه‌های گرانول موردنظر برای تبدیل شدن به پودر به یک آسیاب پروانه‌ای منتقل شدند. پس از پودر شدن از این مواد برای ساخت تخته‌های بازآسیاب استفاده شد. برای ساخت نمونه‌های بازآسیاب موردنظر از همان قالب ذکر شده در مرحله قبل استفاده شد. در ضمن تمامی شرایط دمایی، فشار و زمان پرس گرم و پرس سرد نیز همانند مرحله اول ساخت نمونه‌ها شکل گرفت و بعد از ساخت نمونه‌های موردنظر برای انجام آزمون‌های پیش‌بینی شده برش داده شد.

ساخت نمونه‌های مرحله دوم بازآسیاب

در مرحله دوم بازآسیاب همانند مرحله اول بازآسیاب ابتدا نمونه‌ها و ضایعات کناره‌بری تخته‌های موردنظر بر اساس مشخصات آنها جمع‌آوری شده و جداسازی شده‌اند. نمونه‌های جمع‌آوری شده ابتدا به صورت دستی خرد شدند و بعد همانند مرحله اول بازآسیاب، دو مرحله آسیاب برای تبدیل نمونه‌های موردنظر به پودر انجام شد. از مواد پودر شده برای ساخت چوب پلاستیک دو بار بازآسیاب استفاده شد. در این مرحله نیز از همان قالب استفاده شده در دو مرحله قبل با شرایط دما و فشار ذکر شده برای ساخت فرآورده مرکب استفاده شد. پس از پرس گرم مرحله پرس سرد شکل گرفت. تخته‌های ساخته شده پس از متعادل‌سازی از لحاظ حرارت و رطوبت برای انجام آزمون‌های موردنظر برش داده شدند.

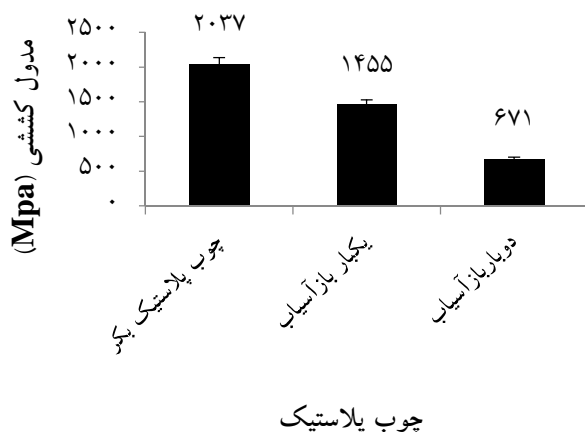
اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی

در این تحقیق خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده شامل خمش استاتیک سه نقطه‌ای، مدول الاستیسیته، جذب آب ۲۴ ساعت و واکنشیدگی

مربوط به نمونه‌های دو بار بازآسیاب شده و برابر با ۸/۴۸ مگا پاسکال است.

اثر بازآسیاب بر مدول کششی

همان‌طور که در شکل ۴ قابل مشاهده است بیشترین میزان مدول کششی مربوط به نمونه‌های بکر و برابر با ۲۰۳۶/۵ مگا پاسکال می‌باشد. کمترین میزان مربوط به مدول کششی در نمونه‌های دو بار بازآسیاب شده و برابر با ۶۷۰/۶ مگا پاسکال است.



شکل ۴- اثر بازآسیاب بر روی مدول الاستیسیته کششی

جذب آب ۲۴ ساعت

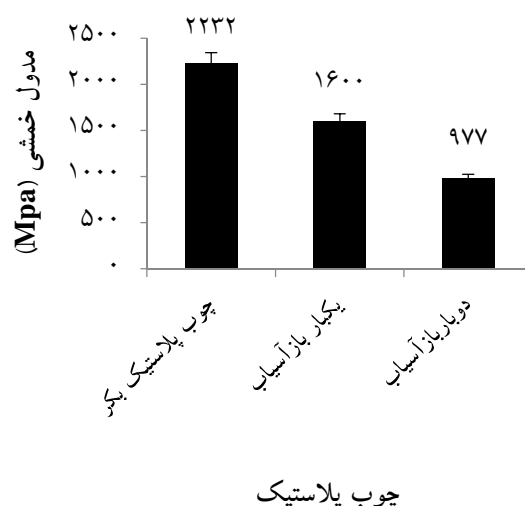
شکل ۵ نشان می‌دهد که میزان جذب آب ۲۴ ساعت در طی فرایند بازآسیاب کاهش پیدا کرده است. به‌نحوی که بیشترین میزان جذب آب ۲۴ ساعت مربوط به نمونه‌های بکر و برابر با ۱/۶۶ درصد و کمترین میزان آن نیز مربوط به نمونه‌های دو بار بازآسیاب شده و برابر با ۰/۷۸ درصد می‌باشد.

واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت

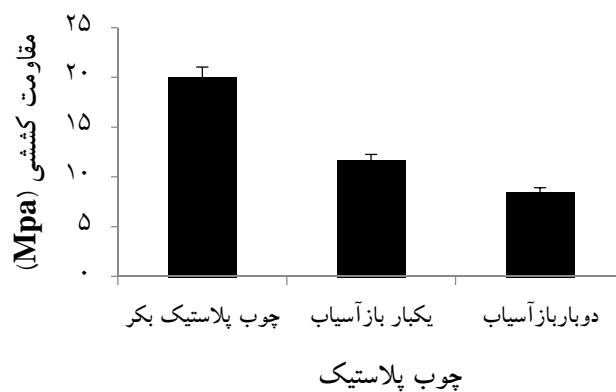
مشاهدات شکل ۶ مشخص می‌کند که بیشترین میزان واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت مربوط به نمونه‌های بکر و برابر با ۱/۴۸ درصد می‌باشد. کمترین مقدار آن نیز مربوط به نمونه‌های دو بار بازآسیاب شده و برابر ۰/۴۸ درصد است.

اثر بازآسیاب بر مدول الاستیسیته

در شکل ۲ قابل مشاهده است که بیشترین میزان مدول الاستیسیته مربوط به نمونه‌های بکر و برابر با ۲۲۳۱/۸ مگا پاسکال می‌باشد. کمترین میزان مربوط به مدول الاستیسیته مربوط به نمونه‌های دو بار بازآسیاب شده و برابر با ۹۷۶/۶۳ مگا پاسکال است.



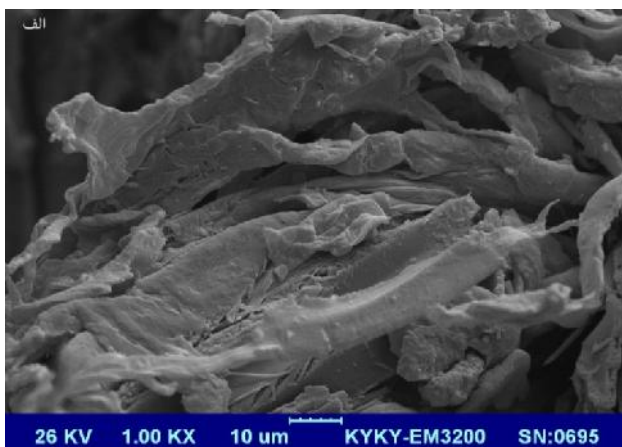
شکل ۲- اثر بازآسیاب بر مدول الاستیسیته خمشی



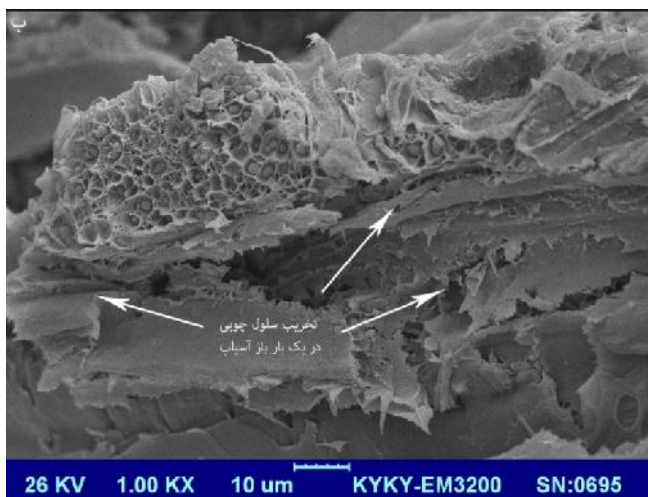
شکل ۳- اثر بازآسیاب بر مقاومت کششی

اثر بازآسیاب بر مقاومت کششی

همان‌طور که از شکل ۳ قابل مشاهده است بیشترین میزان مقاومت کششی مربوط به نمونه‌های بکر و برابر با ۲۰/۰۳ مگا پاسکال می‌باشد. کمترین میزان مقاومت کششی



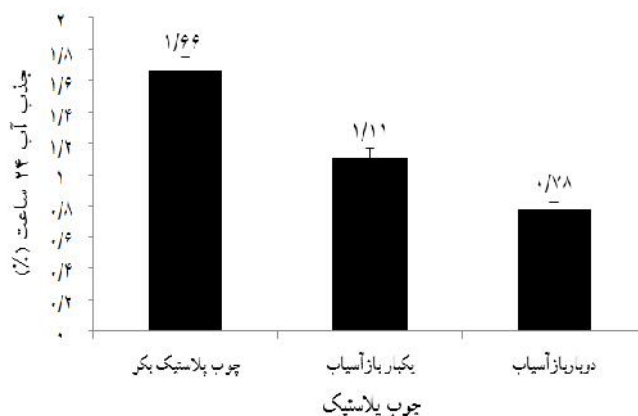
شکل ۷- الف: چوب پلاستیک بکر: به دلیل عدم استفاده از واسط سازگارکننده در این تحقیق میزان چسبندگی بین ذرات آرد چوب و پلاستیک کم بوده و فضای خالی میان پرکننده و ماتریس مشاهده می شود



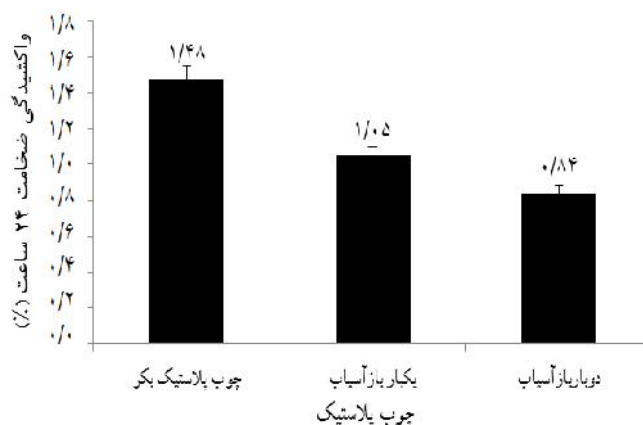
شکل ۷- ب: چوب پلاستیک یکبار بازآسیاب شده: بازآسیاب چوب پلاستیک منجر به شکستگی بیشتر دیواره سلول چوبی و افزایش سطح تماس میان ماتریس و تقویت کننده سلولزی شده است

بحث

در این تحقیق چوب پلاستیک ساخته شده با آرد چوب صنوبر و پلی اتیلن سنگین در طی دو مرحله مورد بازآسیاب قرار گرفت و خواص فیزیکی و مکانیکی در هریک از مراحل انجام آزمایش بررسی شد.



شکل ۵- اثر بازآسیاب بر جذب آب ۲۴ ساعت



شکل ۶- اثر بازآسیاب بر واکسیدگی ضخامت ۲۴ ساعت

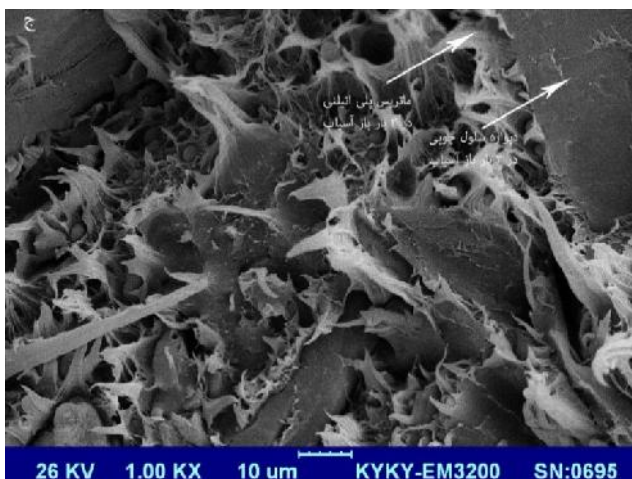
تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM)

برای بررسی فصل مشترک چوب و پلیمر و همچنین نحوه پراکنش ذرات پرکننده در ماتریس پلیمری و همچنین بررسی اثر بازآسیاب یکبار و دوباره بر روی اندازه های پرکننده توسط میکروسکوپ الکترونی پویشی عکس های میکروسکوپی تهیه شد. تصاویر میکروسکوپی نشان می دهد که در طی فرایند بازآسیاب کردن چوب پلاستیک میزان اتصال بین آرد چوب و ماتریس افزایش می یابد. به طوری که میزان خلل و فرج نمونه های بکر بسیار زیادتر از نمونه های یکبار و دو بار بازآسیاب می باشد. همچنین می توان مشاهده کرد که اندازه ذرات ماده پرکننده در طی فرایند بازآسیاب کوچک تر شده است و ماتریس پلیمری مورد نظر بهتر ماده پرکننده را فراگرفته است.

خواص مکانیکی چوب پلاستیک بازآسیاب شده کاهش پیدا کرده است؛ که دلیل عمده کاهش این خواص به احتمال زیاد این است که بازآسیاب باعث آسیب دیدن به الیاف چوبی و ریزتر شدن می‌شود. البته متوسط طول الیاف در هنگام استفاده از مواد خام برابر ۲/۳۶ بوده است. ولی هنگامی که بازآسیاب انجام شد طول الیاف کاهش پیدا کرد و به مقداری در حدود ۰/۳۷ میلی‌متر رسید. این کاهش اندازه اثر معکوسی بر خواص مکانیکی داشت.

بازآسیاب شدن چوب پلاستیک سبب تغییر در خواص پلی‌اتیلن می‌شود. بدین صورت که موجب تخریب ترمومکانیکی می‌شود. همچنین باعث افزایش شاخص جریان مذاب و دمای ذوب، کاهش وزن مولکولی و کریستالیت پلیمر می‌شود. افزایش شاخص جریان مذاب نشان‌دهنده کاهش وزن مولکولی و ویسکوزیته مذاب پلیمر در نتیجه تخریب زنجیرهای پلیمری در طی چرخه‌های شدید حرارت و تنش در طی بازیافت دوباره می‌باشد. به‌طور کلی کاهش وزن مولکولی (افزایش شاخص جریان مذاب) و تخریب ساختار مولکولی پلیمر خواص مکانیکی چوب پلاستیک بازآسیاب شده را کاهش می‌دهد (Shojaei et al., 2006; Ghahri et al., 2006; Pillin et al., 2007; Prachayawarakorn and Yaembunying, 2005). نیز مطابقت دارد.

فرایند بازآسیاب منجر به بهبود خواص فیزیکی شامل جذب آب ۲۴ ساعت و واکنش‌پذیری ضخامت ۲۴ ساعت شده است. بازآسیاب منجر به کوچک‌تر شدن اندازه ذرات چوب می‌شود. این کاهش اندازه منجر به افزایش میزان روانی پلیمر می‌شود و راحت‌تر اطراف چوب را احاطه می‌کند، در نتیجه آن میزان سطح تماس چوب که یک ترکیب آب‌دوست است با آب کاهش پیدا می‌کند. این امر منجر به کاهش جذب رطوبت می‌شود و خواص فیزیکی در زمان بازآسیاب بهبود می‌یابد؛ بنابراین یکی از دلایل عمده بهبود خواص فیزیکی کاهش اندازه ذرات در طول فرایند بازآسیاب است که ماتریس راحت‌تر می‌تواند آن را پوشش



شکل ۷-ج: چوب پلاستیک دو بار بازآسیاب شده: قابل وضوح است که در مرحله دوم بازآسیاب، ماده پرکننده توسط ماتریس پلیمری کاملاً احاطه شده است و میزان خلل و فرج بسیار کاهش پیدا کرده است

در طی فرایند بازآسیاب میزان مقاومت و مدول خمشی و کششی نمونه‌های بازآسیاب شده نسبت به نمونه‌های بکر کاهش پیدا کرده است. در هنگام بازآسیاب کردن چوب پلاستیک، میزان اندازه ذرات آرد چوب مورد استفاده بر اثر آسیاب کردن، حرارت و فشار تحت تأثیر قرار می‌گیرند و باعث ایجاد تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی آنها می‌شود. آسیاب کردن دوباره باعث کاهش اندازه ذرات آرد چوب می‌شود که این افت اندازه ذرات باعث کاهش مقاومت‌های چوب پلاستیک می‌شود (Shahi et al., 2012). همچنین بازآسیاب دوباره و حرارت دوباره باعث تصاعد گازهای فرار چوب می‌شود که این تصاعد گاز باعث ایجاد خلل و فرج می‌شود و میزان بالک دانسیته افزایش پیدا می‌کند؛ که اثر معکوسی بر خصوصیات مکانیکی دارد (Tajvidi et al., 2011). بازآسیاب باعث افت کیفیت اتصال بین ذرات چوب با زمینه پلیمری می‌شود و در اثر اعمال نیرو شکست از سطح مشترک ذرات چوب و ماده زمینه صورت می‌گیرد، در نتیجه موجب کاهش میزان مقاومت‌ها می‌شود (Mignealt et al., 2008). در تحقیقی که Beg و همکاران در سال ۲۰۰۸ انجام دادند مشاهده کردند که میزان

- 40: 80–85.
- Miranda Leao, R., Maria da Luz, S., Araújo, J.A. and Christoforo, A.L., 2015. The Recycling of Sugarcane Fiber/Polypropylene Composites, *Materials Research*, 18(4): 690-697.
- Nourbakhsh, A., 2013. The utilization of two recycled polymers and bagasse fiber in wood plastic nano / clay composites production, *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, Vol. 28 No. (3).
- Nawadon, P., Sirijutararana, C. and Jakkid, S., 2011. Recycling of wood plastic composite prepared from poly(vinyl chloride) and wood flour. *Construction and Building Materials*, 28(1): 557-560.
- Pillin, I., Montrelay, N., Bourmaud, A. and Grohens, G., 2007. Effect of thermo-mechanical cycles on the physico-chemical properties of poly (lactic acid). *Polymer Degradation and Stability*, 93: 321-328.
- Prachayawarakorn, J. and Yaembunying, N., 2005. Effect of recycling on properties of rice husk-filled-polypropylene. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 27(2): 343-352.
- Ramiah, M.V., 1970. Thermogravimetric and differential thermal analysis of cellulose, hemicellulose, and lignin. *J. Appl. Polym. Sci.* 14, 1323–1337.
- Shahi, P., Behraves, A.H., Daryabari, S.Y. and Lotfi, M., 2012. Experimental Investigation on Reprocessing of Extruded Wood Flour/HDPE Composites. *POLYMER COMPOSITES*. 754-763.
- 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.
- Tajvidi, M. and Takemura, A., 2011. Effects of Reprocessing on the Hygroscopic Behavior of Natural Fiber High-Density Polyethylene Composites. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 122, 1258–1267.
- Wechsler, A. and Hiziroglu Salim., 2006. Some of the properties of wood-plastic composites, *Building and Environment*, Vol. 42, No. 5, pp. 2637-2644.
- Wolcott, M.P. and Englund, K., 1994. A technology review of wood-plastic composites. 33rd international particleboard/ Composite material symposium Booklet, A.
- دهد. همچنین با بازآسیاب کردن به علت اختلاط دوباره تعاملات بین فیبر - فیبر در اندازه‌های کوچک‌تر کاهش می‌یابد که به نوبه خود باعث بهبود خواص فیزیکی می‌شود (Tajvidi *et al.*, 2011). از سوی دیگر تخریب حرارتی در اثر بازآسیاب باعث از بین رفتن گروه‌های هیدروکسیل می‌شود که اثر مطلوبی بر خواص فیزیکی دارند (Ramiah, 1970)؛ که با نتایج Kazemi Najafi و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

منابع مورد استفاده

- Beg, M.D.H. and Pickering, K.L., 2008. Reprocessing of wood fibre reinforced polypropylene composites. *Composites, Part A* 39: 1091–1100.
- Chaharmahali, M., Kazemi Najafi, S. and Tajvidi, M., 2006. The Effect of Producing Method on the Mechanical Properties of Wood Plastic Composites Made From Particleboard Wastes. *Iranian Journal Of Wood and Paper Science Research*, Vol. 21 No.(1)
- Ghahri, S., Kazemi-Najafi, S., Mohebbi, B. and Tajvidi, M., 2012. Impact strength improvement of wood flour–recycled polypropylene composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 124: 1074-1080.
- John, J., Balatinecz, M. and Sain, M., 2009. The Influence of Recycling on the Properties of wood Fiber–plastic composites. *Polymer Science & Technology General*, 135(1): 167-163.
- Kamdem, D.P., Jiang, H.Cui.W., Freed, J. and Matuana L.M., 2004. Properties of wood plastic composites made of recycled HDPE and wood flour from CCA-treated wood removed from service. *Department of Forestry, Michigan State University*, 35: 347-355.
- Kazemi Najafi, S., Mostafazadeh-Marznaaki, M., Chaharmahali, M. and Tajvidi, M., 2009. Effect of thermomechanical degradation of polypropylene on mechanical properties of woodpolypropylene composites, *Journal of Composite Material*, 43: 2543-2554.
- Migneault, S., Koubaa, A., Erchiqui, F., Chala, A., Englund, K. and Wolcott, M., 2008. Effects of processing method and fiber size on the structure and properties of wood-composites. *Composites, Part A*

The effects of wood plastic composite made with high density polyethylene recycling on the physical and mechanical properties of new prod

M. Zafarisarmowri¹, S. R. Farokhpayam^{2*}, E. Sanei³ and M. Shamsian⁴

1-Graduate student, paper and wood science and technology department, University of zabol, zabol, Iran

2* -Corresponding author, Assistant professor, paper and wood science and technology department, University of Zabol, zabol, Iran,

E-mail: farokhpayam@uoz.ac.ir

3-M.Sc., Faculty member, paper and wood science and technology department, University of zabol, zabol, Iran

4-Associate professor, paper and wood science and technology department, University of zabol, zabol, Iran

Received: Jan., 2017

Accepted: Aug., 2017

Abstract

Although many studies have been done on the application of waste materials such as used plastics, but recycling of wood plastic products (Regrinding) for the production of the new product is rarely reported. In this work, the effect of once and twice regrinding on the functional properties of WPC made from high density polyethylene (HDPE) has been studied. The specimens were fabricated with powdered raw materials and the flat press under laboratory conditions. HDEP and poplar wood flour were mixed with a weight ratio of 50-50 percent. The physical and mechanical properties of boards were measured after each regrinding and also the effect of regrinding on filler particle size and the interface between the polymer and wood flour some was evaluated by Scanning Electron Microscopy (SEM). The results of this research showed that regrinding of WPC leads to a decrease in mechanical properties including bending strength, flexural modulus, tensile strength and tensile modulus. On the other hand, regrinding process leads to improved physical properties including water absorption and thickness swelling after 24 hours water soaking. SEM photographs showed that during the process of regrinding, filler particle size is reduced while matrix surrounding the filler particles is better.

Keywords: Regrind, wood plastic composite, Physical and mechanical properties, matrix, filler.