

اثر تیمار حرارت بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های صنوبر/پلی پروپیلن بازیافتی

حبیب‌ا. خادمی اسلام و عاطفه شیخی*

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه صنایع چوب و کاغذ، صندوق پستی: ۷۷۵-۱۴۵۱۵، تهران، ایران. * رایانامه نویسنده مسئول:

Asheikhi1365@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۱/۰۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۳/۲۹

چکیده

این پژوهش اثر تیمار حرارتی آرد چوب در دما و زمان‌های مختلف حرارت‌دهی را به عنوان عامل اصلاح‌کننده خواص چندسازه‌های صنوبر/پلی پروپیلن بازیافتی مورد توجه قرار داد. برای اندازه‌گیری خواص فیزیکی آزمون‌های جذب آب، واکنشیدگی ضخامت (ASTM-703) و برای اندازه‌گیری خواص مکانیکی آزمون‌های خمشی (ASTM-790)، کششی (ASTM-638) انجام شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که نمونه‌های تیمار شده در زمان ۶۰ دقیقه و دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد کمترین مقادیر را در آزمون‌های جذب آب و واکنشیدگی ضخامت داشتند، اما در مورد نمونه‌های تیمار شده در زمان ۲۰ دقیقه و دماهای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد که نمونه‌های تیمار شده در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، جذب آب کمتری نسبت به نمونه‌های تیمار شده در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد را داشتند. نتایج به دست آمده از آزمون‌های مکانیکی نشان داد که با افزایش زمان حرارت‌دهی مقاومت‌های مکانیکی کامپوزیت‌ها نیز افزایش داشت.

واژه‌های کلیدی: تیمار حرارتی، چندسازه، پلی پروپیلن بازیافتی، جذب آب، واکنشیدگی ضخامت.

مقدمه

وابستگی به شیمی نفت با توجه به قیمت‌های افزایش مواد خام یک نیاز اساسی بوده و لازم است که کارایی منابع و بازیافت مواد خام ضایعاتی را توسعه داد. مواد مرکب چوب پلاستیک کارایی مصرف چوب را در مقایسه با فرآیند سنتی تا ۴۰ درصد افزایش می‌دهد. الیاف طبیعی مزایای زیادی نسبت به پرکننده‌های معدنی شامل قیمت کم، دانسیته پائین، تجدیدپذیری طبیعی و مقاومت ویژه بالا دارند. با وجود این مزایا، از معایب اصلی الیاف طبیعی در چندسازه‌های پلیمری

توجه به مسئله محیط زیست یکی از مهم‌ترین دلایل استفاده از چند سازه‌های چوب پلاستیک می‌باشد. فشارهای زیست محیطی روی صنعت در رابطه با بازیافت و پایداری روزبه‌روز افزایش می‌یابد. از این رو توسعه چرخه زندگی مواد ساختمانی سنتی نظیر چوب به عنوان یک نیاز مطرح است. استفاده مؤثر از موادی که به طور رایج به عنوان ضایعات تلقی می‌شوند، از مفهوم توسعه پایدار حمایت می‌کند. برای مصرف‌کنندگان محصولات پلاستیکی، کاهش

جذب رطوبت به دلیل ماهیت آب‌دوست بودن الیاف و ناسازگاری بین الیاف طبیعی (قطبی) و ماتریس پلیمری (غیرقطبی) است. رفتار آب‌دوستی می‌تواند باعث کاهش چسبندگی بین دو سطح فیبر و ماتریس پلیمری غیرآب‌دوست در کامپوزیت‌های چوب‌پلاستیک شود. رطوبت کلیه ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب را تحت تاثیر قرار می‌دهد و کنترل جذب رطوبت یکی از مهم‌ترین اهداف در مواد مرکب چوبی می‌باشد. بدین خاطر پژوهش حاضر با هدف تاثیر دما و زمان تیمار حرارتی آرد چوب قبل از ساخت چندسازه‌های صنوبر/پلی‌پروپیلن بازیافتی بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فرآورده‌های حاصل صورت گرفته است.

نتایج پژوهش Angles و همکاران (۱۹۹۹) نشان داد که تجزیه همی سلولزها اثرات مثبتی روی کاهش جذب آب کامپوزیت‌های چوب/پلی‌پروپیلن دارد. امکان استفاده از آرد چوب تیمار شده با حرارت در ساخت چندسازه‌های چوب‌پلاستیک نیز توسط Young Quist و همکاران (۱۹۹۸) مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد چوب تیمار شده به وسیله حرارت در دماهای ۹۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب بالاترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته را برای چندسازه چوب‌پلاستیک داشتند. همچنین تحقیق انجام شده بر روی استفاده از ضایعات پلی‌پروپیلن در ساخت تخته‌ها نشان داد که بعضی از تخته‌ها برای استفاده‌های ساختمانی مناسب می‌باشند (Chow, 1999).

Fengel و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی در ارتباط با واکنش‌های داخلی چندسازه‌های الیاف چوب/پلیمر انجام داده و به این نتیجه رسیدند که طبیعت آب‌دوستی و قطبی الیاف سلولزی و ویژگی‌های غیرقطبی و آب‌گریزی پلی‌اولفین‌ها در مخلوط کردن، چسبندگی میان الیاف سلولزی و

ماتریس پلیمر را در چندسازه‌های الیاف چوب/پلیمر مشکل می‌کند. بنابراین استفاده از مواد سازگارکننده در این نوع محصولات متداول گردیده است. البته تجویدی و همکاران (۱۳۸۲) در مورد مواد مرکب ساخته شده از پلی‌پروپیلن و الیاف طبیعی (کنف)، کاغذ روزنامه، آرد چوب و سبوس برنج) بر تاثیر نوع و مقدار الیاف بر خواص متفاوت مکانیکی و فیزیکی تاکید کردند. تحقیق حاضر بر این اساس و با هدف بررسی تاثیر تیمار حرارت بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های صنوبر/پلی‌پروپیلن بازیافتی پرداخته است.

مواد و روش‌ها

آرد چوب صنوبر^۱ در سطح ثابت ۵۸ درصد وزنی، پلاستیک مورد استفاده پلی‌پروپیلن بازیافتی و در سطح ثابت ۳۸ درصد وزنی، انیدریدمالئیک پلی‌پروپیلن با درصد وزنی ثابت ۴ درصد به عنوان سازگارکننده استفاده گردید. عوامل متغیر نیز زمان حرارت‌دهی (۲ زمان) و دمای حرارت‌دهی (۳ دما) بود که به ترتیب زیر شماره‌گذاری شده‌اند:

دماها: ۱=شاهد و بدون تیمار، ۲=۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، ۳=۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، ۴=۲۰۰ درجه سانتی‌گراد
زمان‌ها: ۱=شاهد و بدون تیمار، ۲=۲۰ دقیقه، ۳=۶۰ دقیقه.

فرآیند ساخت

تعداد کل تیمارها با توجه به عوامل متغیر تحقیق ۷ تیمار هر کدام با ۳ تکرار بود. آرد چوب با استفاده از آسیاب چکشی آرد شده و برای بدست آوردن الیافی با ابعاد یکنواخت توسط الک آزمایشگاهی الک

^۱ *populous deltoides*

معنی دار بوده و اثر مستقل زمان حرارت‌دهی معنی دار نبود (جدول ۱). در مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن مشاهده گردید که بیشترین جذب آب در نمونه‌های شاهد و بعد از آن در نمونه تیمار شده در زمان ۲۰ دقیقه اتفاق افتاده است. همچنین با مراجعه به شکل‌های ۱ و ۲ مشخص شد که چندسازه‌های ساخته شده از نمونه‌های حرارت‌دهی شده در زمان ۶۰ دقیقه و دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد کمترین مقادیر جذب آب را دارا بودند.

جذب آب طولانی مدت

جذب آب طولانی مدت شامل جذب آب در مدت زمان‌های ۲۴۰، ۳۶۰، ۴۸۰، ۷۲۰، ۹۶۰ و ۱۲۰۰ ساعت غوطه‌وری در آب در نظر گرفته شده و اثر زمان حرارت‌دهی و دمای حرارت‌دهی نیز بررسی گردید. با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر مستقل دما، اثر مستقل زمان و نیز اثر متقابل دما و زمان بین نمونه‌ها معنی دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها با جدول گروه‌بندی دانکن نشان داد که نمونه‌های تیمار شده در زمان ۶۰ دقیقه جذب آب کمتری (۴۸ درصد) از نمونه‌های تیمار شده در زمان ۲۰ دقیقه (۶۳ درصد) و نمونه‌های شاهد دارند. همچنین نمونه‌های تیمار شده در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد کمترین جذب آب (۴۲ درصد) را داشتند (شکل ۳ و ۴).

واکشی‌دگی ضخامت کوتاه مدت

در این آزمون نیز واکشی‌دگی ضخامت در ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به عنوان واکشی‌دگی ضخامت کوتاه مدت در نظر گرفته شد. واکشی‌دگی مواد مرکب چوب‌پلاستیک ناشی از جذب آب می‌باشد. جذب آب کمتر برابر با واکشی‌دگی ضخامت کمتر می‌باشد (تجویدی، ۱۳۸۲). با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر مستقل دما و اثر مستقل زمان

شدند. ذراتی در ادامه استفاده شدند که از الک ۴۰ مش عبور کرده و روی الک ۶۰ مش باقی ماندند. مقدار آرد هر تیمار در دسته‌بندی‌های جداگانه در دما و زمانهای ذکر شده در دستگاه آون تحت تاثیر حرارت قرار گرفتند. مخلوط‌سازی مواد پلیمری و آرد چوب توسط دستگاه مخلوط‌کن داخلی (HBI System, Banboury blade) با دمای اختلاط ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، سرعت اختلاط ۶۰ دور در دقیقه و ساخت نمونه‌ها توسط دستگاه قالب‌گیری تزریقی انجام شد. این دستگاه ساخت شرکت ایمن ماشین بوده و گرانول‌ها ابتدا ذوب و سپس با فشار زیاد به داخل قالب شلیک شدند. دمای سیلندر تزریق ۱۶۰، ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و فشار تزریق ۱۰۰ بار در نظر گرفته شد. زمان کل ساخت نمونه‌های استاندارد نیز توسط این دستگاه ۷۵ ثانیه طول کشید.

اندازه‌گیری ویژگی‌های کامپوزیت

خواص فیزیکی کامپوزیت‌ها مطابق آیین‌نامه D307، آزمون کششی مطابق آیین‌نامه D638 روی نمونه‌های دمبلی و آزمون خمشی مطابق آیین‌نامه D790 استاندارد ASTM انجام گرفت. نتایج آزمون‌ها با استفاده از تکنیک تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. سپس مقایسه میانگین‌ها به کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن توسط نرم‌افزار SPSS در سطح معنی‌داری ۵ درصد انجام گردید.

نتایج

ویژگی‌های فیزیکی

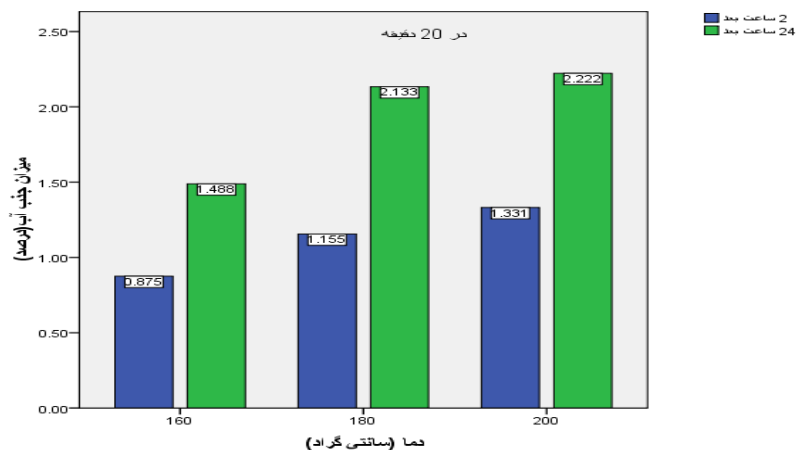
جذب آب کوتاه مدت

جذب کوتاه مدت آب شامل غوطه‌وری در آب به مدت ۲ و ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد. طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر مستقل دمای حرارت‌دهی و اثر متقابل دما و زمان حرارت‌دهی بر درصد جذب آب کامپوزیت‌ها بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

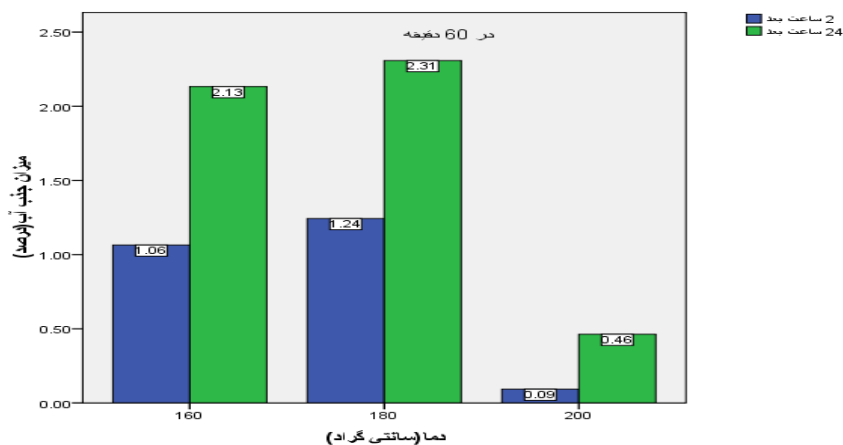
حرارت‌دهی و نیز اثر متقابل دما و زمان حرارت‌دهی معنی‌دار نبود (جدول ۳). بین نمونه‌های بدون تیمار با نمونه‌های تیمار شده در زمانهای ۲۰ و ۶۰ دقیقه نیز تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. از آنجا که نمونه‌های شاهد (بدون تیمار) دارای گروه‌های هیدروکسیل بیشتری هستند، از بیشترین مقدار واکنش‌دهی ضخامت نیز برخوردار بودند. همان‌طور که در شکل مربوط به واکنش‌دهی ضخامت مشخص است کمترین مقدار واکنش‌دهی مربوط به نمونه تیمار شده در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۶۰ دقیقه و بیشترین آن مربوط به نمونه‌های شاهد می‌باشد (شکل ۵).

جدول ۱. آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل دما و زمان حرارت‌دهی الیاف بر جذب آب کامپوزیت در ۲۴ ساعت

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
زمان حرارت‌دهی	۰/۴۳۳	۱	۰/۴۳۳	۲/۴۳۰	۰/۱۴۵
دمای حرارت‌دهی	۲/۳۱۶	۲	۱/۱۵۸	۶/۳۵۲	۰/۰۱۳
زمان حرارت‌دهی × زمان حرارت‌دهی	۴/۸۶۸	۲	۲/۴۳۴	۱۳/۳۵۳	۰/۰۰۱
خطای آزمایش	۲/۱۸۸	۱۲	۰/۱۸۲		



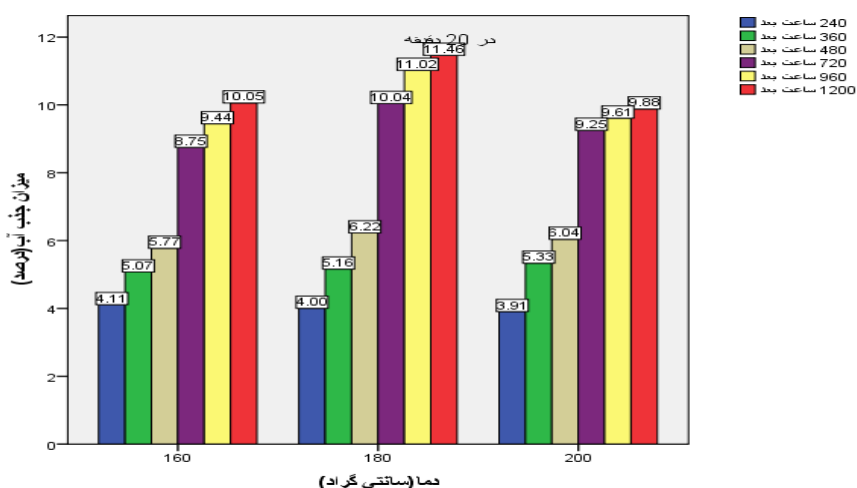
شکل ۱. اثر دمای حرارت‌دهی در مدت زمان ۲۰ دقیقه بر جذب آب کامپوزیت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری



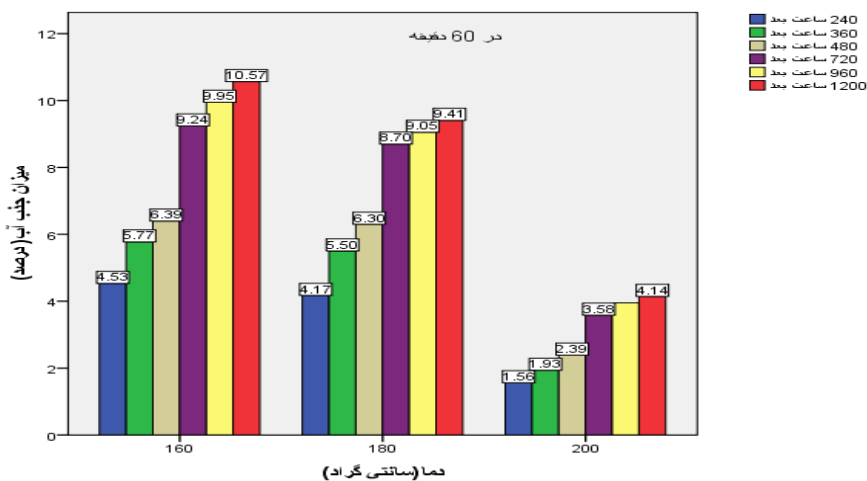
شکل ۲. اثر دمای حرارت‌دهی در مدت زمان ۶۰ دقیقه بر جذب آب کوتاه مدت کامپوزیت

جدول ۲. آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل دما و زمان حرارت‌دهی الیاف بر جذب آب کامپوزیت در ۱۲۰۰ ساعت

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
زمان حرارت‌دهی	۲۶/۴۸۲	۱	۲۶/۴۸۲	۱۵/۵۱۹	۰/۰۰۲
دمای حرارت‌دهی	۴۵/۲۷۵	۲	۲۲/۶۳۷	۱۳/۲۶۶	۰/۰۰۱
زمان حرارت‌دهی × زمان حرارت‌دهی	۲۹/۵۴۵	۲	۱۴/۷۷۳	۸/۶۵۷	۰/۰۰۵
خطای آزمایش	۲۰/۴۷۶	۱۲	۱/۷۰۶		



شکل ۳. اثر دمای حرارت‌دهی در مدت زمان ۲۰ دقیقه بر جذب آب طولانی مدت کامپوزیت



شکل ۴. اثر دمای حرارت‌دهی در مدت زمان ۶۰ دقیقه بر جذب آب طولانی مدت کامپوزیت

واکسیدگی ضخامت طولانی مدت

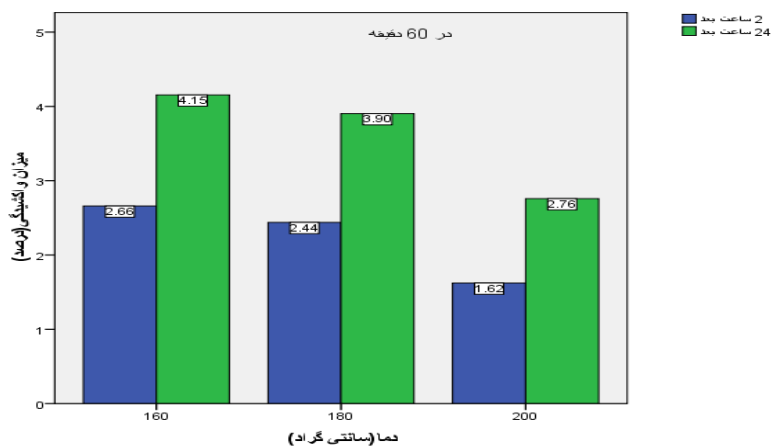
اثر متقابل دما و زمان حرارت‌دهی معنی‌دار بوده اما اثر مستقل دمای حرارت‌دهی معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۴). مقایسه میانگین در جدول گروه‌بندی دانکن اثر زمان حرارت‌دهی نشان داد که بین نمونه‌های بدون

واکسیدگی ضخامت در ۲۴۰، ۳۶۰، ۴۸۰، ۷۲۰، ۹۶۰ و ۱۲۰۰ ساعت غوطه‌وری در آب به عنوان واکسیدگی بلندمدت در نظر گرفته شد. با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر مستقل زمان حرارت‌دهی و

تیمار با نمونه‌های تیمار شده در زمان ۲۰ و ۶۰ دقیقه تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری که نمونه‌های شاهد دارای بیشترین مقدار واکشیدگی بودند. نمونه تیمار شده در زمان ۲۰ دقیقه نیز واکشیدگی کمتری (۵۴ درصد) نسبت به نمونه تیمار شده در زمان ۶۰ دقیقه (۶۳ درصد) داشت. مقایسه میانگین‌های جدول دانکن اثر دمای حرارت‌دهی نشان می‌دهد که نمونه‌های تیمار شده در دماهای ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد از نظر مقدار واکشیدگی ضخامت تفاوت معنی‌داری با هم نداشته اما نمونه‌های شاهد دارای بیشترین مقدار واکشیدگی ضخامت بودند (شکل ۶ و ۷).

جدول ۳. آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل دما و زمان حرارت‌دهی الباف بر واکشیدگی ضخامت کامپوزیت در ۲۴ ساعت

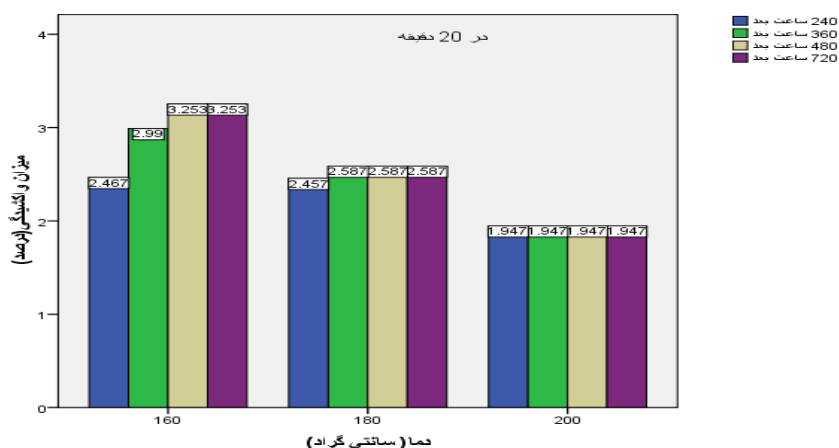
منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
زمان حرارت‌دهی	۲/۱۰۱	۱	۲/۱۰۱	۱/۹۴۵	۰/۱۸۸
دمای حرارت‌دهی	۰/۶۳۳	۲	۰/۳۱۷	۰/۲۹۳	۰/۷۵۱
زمان حرارت‌دهی × زمان حرارت‌دهی	۳/۱۹۳	۲	۱/۵۹۷	۱/۴۷۸	۰/۲۶۷
خطای آزمایش	۱۲/۹۶۳	۱۲	۱/۰۸۰		



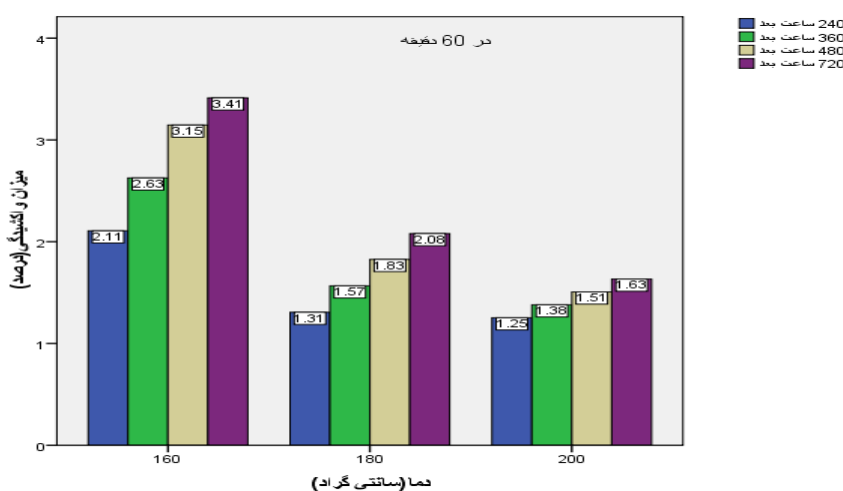
شکل ۵. اثر دمای حرارت‌دهی در مدت زمان ۶۰ دقیقه بر واکشیدگی کوتاه مدت کامپوزیت

جدول ۴. آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل دما و زمان حرارت‌دهی الباف بر واکشیدگی ضخامت کامپوزیت در ۱۲۰۰ ساعت

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
زمان حرارت‌دهی	۶/۸۲۳	۱	۶/۸۲۳	۶/۵۷۲	۰/۰۲۵
دمای حرارت‌دهی	۲/۰۹۱	۲	۱/۰۴۶	۱/۰۰۷	۰/۳۹۴
زمان حرارت‌دهی × زمان حرارت‌دهی	۱۵/۵۱۶	۲	۷/۷۵۸	۷/۴۷۳	۰/۰۰۸
خطای آزمایش	۱۲/۴۵۸	۱۲	۱/۰۳۸۱		



شکل ۶. اثر دمای حرارت‌دهی در مدت زمان ۲۰ دقیقه بر واکنش طولانی مدت کامپوزیت



شکل ۷. اثر دمای حرارت‌دهی در مدت زمان ۶۰ دقیقه بر واکنش طولانی مدت کامپوزیت

ویژگی‌های مکانیکی

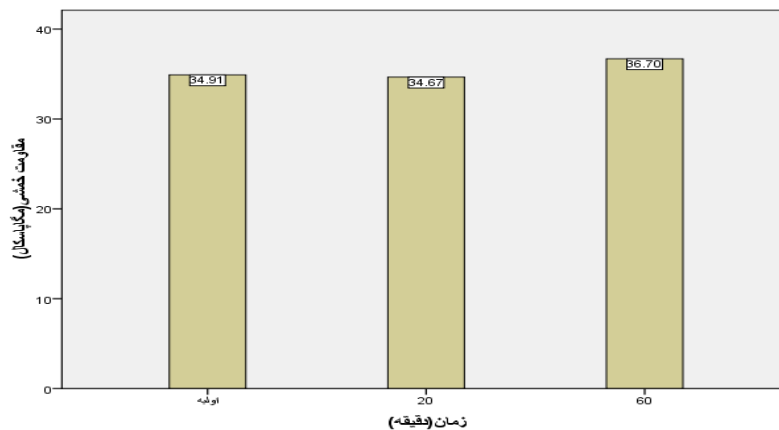
مقاومت خمشی

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر مستقل دمای حرارت‌دهی و نیز اثر متقابل زمان و دمای حرارتی روی ویژگی مقاومت خمشی معنی‌دار بوده و اثر مستقل زمان حرارت‌دهی معنی‌دار نمی‌باشد. در مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی دانکن اثر زمان حرارت‌دهی مشخص گردید بین نمونه‌های تیمار شده در زمان‌های ۲۰ و ۶۰ دقیقه تفاوت معنی‌داری وجود

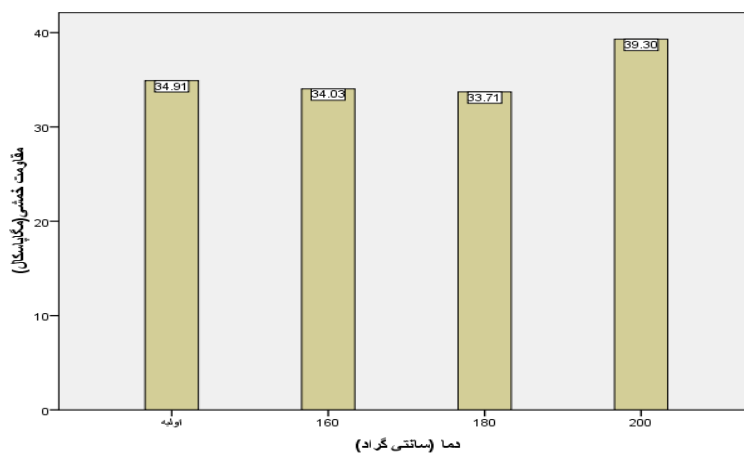
ندارد. با این وجود بیشترین مقدار مقاومت خمشی مربوط به نمونه‌های تیمار شده در زمان ۶۰ دقیقه (۱۰۵ درصد) و کمترین مقدار مربوط به نمونه تیمار شده در زمان ۲۰ دقیقه (۹۹ درصد) می‌باشد. در مقایسه میانگین اثر دمای حرارت‌دهی نشان داده شد که نمونه‌های تیمار شده در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد با ۱۱۲ درصد دارای بیشترین مقدار مقاومت خمشی بود (شکل ۹ و ۸).

جدول ۵. آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل دما و زمان در حرارت‌دهی الیاف بر مقاومت خمشی کامپوزیت

Sig.	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییر
۰/۰۵۷	۴/۴۴۰	۱۸/۶۲۵	۱	۱۸/۶۲۵	زمان حرارت‌دهی
۰/۰۰۱	۱۴/۱۱۲	۵۹/۱۹۳	۲	۱۱۸/۳۸۵	دمای حرارت‌دهی
۰/۰۰۹	۷/۰۸۲	۲۹/۷۰۵	۲	۵۹/۴۱۰	زمان حرارت‌دهی x دمای حرارت‌دهی
		۴/۱۹۵	۱۲	۵۰/۳۳۵	خطای آزمایش



شکل ۸. اثر مستقل زمان حرارت‌دهی بر مقاومت خمشی کامپوزیت



شکل ۹. اثر مستقل دمای حرارت‌دهی بر مقاومت خمشی کامپوزیت

مقاومت کششی

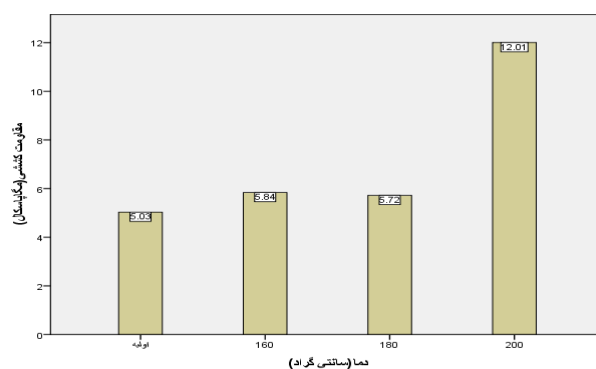
۱۶۰ درجه سانتیگراد تفاوت معنی‌داری وجود دارد، به طوری که نمونه تیمار شده در دمای ۲۰۰ درجه سانتیگراد و نمونه شاهد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر مقاومت کششی بودند. در مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید که نمونه‌های تیمار شده در زمان ۶۰ دقیقه دارای بیشترین مقدار مقاومت کششی

با مراجعه به جدول تجزیه واریانس در جدول ۶ مشخص گردید که اثر مستقل دما، زمان و نیز اثر متقابل دما و زمان روی مقاومت کششی کامپوزیت ساخته شده معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین نمونه‌های تیمار شده در دماهای ۲۰۰ و ۱۸۰،

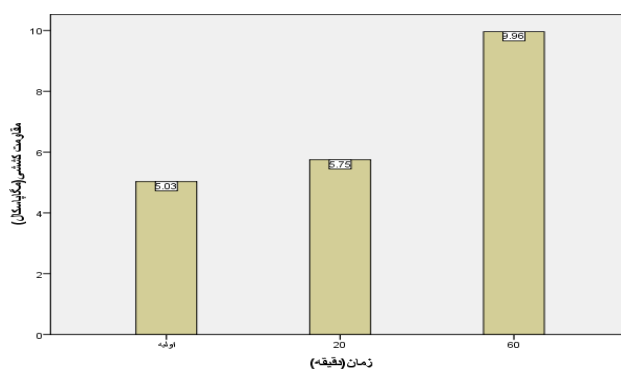
۱۹۷ درصد) بوده و کمترین مقاومت کششی به نمونه‌های تیمار شده در زمان ۲۰ دقیقه (۱۱۴ درصد) ترتیب مربوط به نمونه‌های شاهد (۱۰۰ درصد) و بود (شکل ۱۱ و ۱۰).

جدول ۶. آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل دما و زمان در حرارت‌دهی الیاف بر مقاومت کششی کامپوزیت

منبع تغییر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig.
زمان حرارت‌دهی	۷۹/۸۴۳	۱	۷۹/۸۴۳	۱۰/۳۷۷	۰/۰۰۷
دمای حرارت‌دهی	۱۵۵/۱۴۲	۲	۷۷/۵۷۱	۱۰/۰۸۲	۰/۰۰۳
زمان حرارت‌دهی × دمای حرارت‌دهی	۱۳۵/۸۴۳	۲	۶۷/۹۲۲	۸/۸۳۸	۰/۰۰۴
خطای آزمایش	۹۲/۳۲۷	۱۲	۷/۶۹۴		



شکل ۱۰. اثر مستقل دمای حرارت‌دهی بر مقاومت کششی کامپوزیت



شکل ۱۱. اثر مستقل زمان حرارت‌دهی بر مقاومت کششی کامپوزیت

بحث و نتیجه‌گیری

تیمار حرارتی عمل ثابتی است بین دمای ۱۸۰ و ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد، در دماهای کمتر از ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد تغییرات ناچیزی در خواص مواد ایجاد می‌شود و در دماهای بالاتر از ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد نیز به علت تخریب شدید ماده چوبی ارزش کمی دارد.

Hill (۲۰۰۶) در چوب اصلاح شده با حرارت، با افزایش دمای تیماردهی وزن مواد به علت کاهش گروه آب و بخار شدن مواد استخراجی کاهش می‌یابد. این فرض با افزایش دما اهمیت بیشتری می‌یابد، این نتایج در نمودارهای مربوط به تحقیق حاضر نیز مشاهده می‌شود. در نمودارهای جذب آب

بررسی نشان می‌دهد مربوط به نمونه تیمار شده در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد (۴۲ درصد) و زمان ۶۰ دقیقه می‌باشد اما همانند آزمون جذب آب بین میزان واکنشیدگی ضخامت در نمونه‌های تیمار شده در ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد ترتیب مورد انتظار مشاهده نشد و نمونه تیمار شده در ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد واکنشیدگی ضخامت بیشتری (۵۳ درصد) نسبت به نمونه تیمار شده در ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد (۵۱ درصد) نشان دادند.

بهبود خواص مکانیکی می‌تواند به دلیل افزایش بلورینگی الیاف چوبی بر اثر تیمار باشد. بر اثر تیمار و به خصوص در دماهای بالا، در کنار حذف همی‌سلولزها، احتمال هیدرولیز بخشی از مناطق آمورف سلولز وجود دارد. احتمال تخریب و هیدرولیز در مناطق کریستالی سلولز با توجه به ساختار مقاوم آن در برابر حرارت بسیار کمتر است و یا حتی می‌تواند در بالاتر از یک دمای خاص حتی بسته به شرایط دمای بالای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد بهبود یابد.

Young Quist و همکاران (۱۹۹۸) بیان نمودند که التهاب فیبرها در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد باعث گسترش بلورینگی سلولز و افزایش درجه بلورینگی می‌شود. همچنین حذف بخشی از مناطق آمورف سلولز باعث افزایش درجه بلورینگی و در نتیجه افزایش مقاومت آنها خواهد گردید.

Abdul Khalil و همکاران (۲۰۰۱) بیان نمودند که اثر تیمار بر افزایش زبری سطح الیاف و در نتیجه افزایش امکان ایجاد اتصالات مکانیکی در این الیاف می‌تواند از دلایل دیگر افزایش خواص مکانیکی باشد که بر اثر افزودن ماده جفت‌کننده، انیدریدمالئیک احتمال درهم‌رفتگی اتصالات مکانیکی افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان گفت که این ماده قابلیت واکنش بیشتری با دیگر پلیمرهای چوب مانند لیگنین را دارد، زیرا تراکم مقدار لیگنین و سلولز همراه با

طولانی‌مدت و حرارت‌دهی در ۶۰ دقیقه این نتیجه قابل مشاهده است. همچنین این پژوهشگر بیان نمود که اولین مرحله در تخریب حرارتی چوب شکست همی‌سلولزها به پلی‌مرهای فورفورال می‌باشد که خاصیت آب‌دوستی کمتری نسبت به همی‌سلولزها دارند. از بین رفتن همی‌سلولزها منجر به افزایش درجه کریستالینی پلیمرها می‌شود، هرچند که تجزیه حرارتی سلولز با افزایش زمان حرارت‌دهی اتفاق افتاده و درجه کریستالینی و درجه پلیمریزاسیون کاهش می‌یابد (Fengel et al., 2003). با استناد به این نکته می‌توان نتیجه گرفت که درجه کریستالی در زمان ۲۰ دقیقه و دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش و مناطق آمورف کاهش یافته که منجر به کاهش مناطق جذب آب و واکنشیدگی ضخامت می‌شود.

تخریب گروه‌های هیدروکسیل همی‌سلولز موجب کاهش آب‌دوستی آن شدند و قطبیت را کم می‌کند (کبورانی، ۱۳۸۲؛ Abdul Khalil, 2001). کاهش قطبیت آرد چوب نیز موجب سازگاری بهتر آن با پلیمرهای غیرقطبی مثل پلی‌پروپیلن می‌شود (Fengel, 2003). همچنین به دلیل چسبندگی بهتر الیاف و ماتریس در ناحیه سطح مشترک باعث کاهش نفوذ آب به چندسازه‌ها می‌شود و جذب آب کمتر برابر با واکنشیدگی ضخامت کمتر می‌باشد.

Boonstra (۲۰۰۶) یک عامل مهم در تخریب حرارتی همی‌سلولزها را حضور گروه‌های استیل دانست که در برابر حرارت ناپایدار بوده و منجر به تشکیل اسیداستیک می‌شود که این اسید به عنوان کاتالیزور باعث تخریب پلی‌ساکاریدها می‌شود. تخریب و استیل‌زدایی اجزاء همی‌سلولز باعث کاهش آب‌دوستی چوب تیماری شده و به تبع آن میزان واکنشیدگی ضخامت کاهش می‌یابد. کمترین واکنشیدگی ضخامت همان‌طور که یافته‌های این

- Boonstra M.J., Pizzi, A., Zomers, F., Ohlmer, M. and Paul, W. (2006) The Effect of a Two Stage Heat Treatment Process on The Properties of Particle Board. *European Journal of Wood and Wood Products*, 64:157-164.
- Chow, P., Bowers, T. and Bajwa, D.S. (1999) Mechanical holding power of melt blend boards made from recycled plastic and kenaf. *Second Annual American Kenaf Society Conference*. February: 298-292.
- Fengel, D. and Gerd, W. (2003) *Wood Chemistry, Ultra structure, Reactions*. De Gruyter. New York. 632 p.
- Hill, C.A.S. (2006) *Wood Modification, chemical, thermal and other processes*. School of Agricultural and Forest Sciences, Wiley Publications. Bangor, Wales, 261 p.
- Pearson, N.J. and Rengel, Z. (1997) Mechanisms of plant resistance to nutrient deficiency stresses. In: Basra, A.S. and Basra, R.K. (Eds.) *Mechanisms of environmental stress resistance in plants*. Amsterdam, Harwood Academic Publishers. Netherlands, pp. 213-240.
- Pinzari, F., Trinchera, A. Benedetti, A. and Sequi, P. (1999) Use of biochemical indices in the Mediterranean environment: comparison among soils under different forest vegetation. *Journal of Microbiological Methods*, 36: 21-28.
- Rowell, D. L. (1996) *Soil Science, Methods and Application*. Longman. UK, 350 p.
- Rytter, L., Stener, L.G. and Werner, M. (2002) Hybridasp-ee lonsamt alternative some passer i det nya skogsbruket. *Skog forsk*, Uppsala, Resultat Nr. 10.pp.4. ISSN 1103-4173.
- Stanturf, J.A., Van Oosten, C. Netzer, D.A., Coleman, M.D. and Portwood, C.J. (2001) Ecology and silviculture of polar plantations. In: Dickmann, D.I., Isebrands, J.G., Eckenwalder, J.E. and Richards, J. (Eds.) *Poplar culture in North America*. Ottawa: NRC Research Press-National Research Council of Canada. Canada, 153-206.

دسترسی به انیدریدمالئیک برای واکنش با لیگنین با حذف گروه‌های هیدروکسیل همی‌سلولزها افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نیز در تمام مقاومت‌های مکانیکی نتایج مشابهی با نتایج پژوهش‌های فوق داشت به طوری که مقادیر مقاومت‌ها ابتدا در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد افزایش (۹۷/۵ درصد) سپس در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد کاهش (۹۶ درصد) و مجدداً در ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش (۱۱۲ درصد) نشان دادند. یافته‌های حاصل از این پژوهش نشان داد که می‌توان از مزایای چوب تیمار شده با حرارت به عنوان پرکننده در مصارف مختلف استفاده نمود.

منابع

- تجویدی، م. (۱۳۸۲) بررسی خواص مهندسی و ویسکوالاستیک مواد مرکب حاصل از پلیمرهای گرمانرم و الیاف طبیعی با استفاده از تحلیل دینامیکی-مکانیکی. رساله دکتری رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- کبورانی، ع. و فائزی‌پور، م. (۱۳۸۲) فرصت‌های به دست آمده برای استفاده‌های صنعتی و مسکونی از چندسازه‌چوب و الیاف طبیعی/پلاستیک. مجله چوب، صنعت و فناوری. ۲(۲):۳۱-۳۴.
- Abdul Khalil, H.P.S., Chow, W.C., Rozman, H.D., Ismail, H., Ahmad, M.N., Kumar and R.N. (2001) The Effect of Anhydride Modification of Sago Starch on the Tensile and Water Absorption Properties of Sago-Filled Liner Low-Density Poly Ethylene (LLDPE). *Journal of Polymer-Plastic Technology and Engineering*, 40:249-263.
- Angles, M.N., Salvado, J. and Dufresne, A. (1999) Steam-exploded Residual Softwood-filled polypropylene composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 74(8):1962-1977.

- Vanveen, J.A., Breteler, H., Olie, J.J. and Frissel, M.J. (1981) Nitrogen and energy balance of a short-rotation forest-system. *Netherlands Journal of agricultural Science*, 29(3): 163-172.
- Vose, P.B. (1987) Genetical aspects of mineral nutrition-progress to date. In Proc. Second International Symp. on Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. W.H. Gabelman and BC Loughman (editors). Dev. in Plant and Soil Sciences 27:3-14.
- Young Quist, J.A., Myers, G.E., Muehl, J.H., Krzysik, A.M. and Clemens, C.M. (1998) Composites from recycled wood and plastics. USDA Forest Service, Forest Product Laboratory. Madison, W 53705-2398.

Effect of thermal treatment on some physical and mechanical properties in *Populus* wood flour/recycled polypropylene composites

Habibollah Khademi Eslam and Atefeh Sheykhi*

Department of wood and paper science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O. Box:14515/775, Tehran, Iran. *Corresponding Author Email Address: Asheikhi1365@gmail.com.

Abstract

This research considered the effect of thermal treatment of wood flour in different times and temperatures as an agent for treat properties of *Populus* wood flour/recycled polypropylene composites. Water absorption and thickness swelling tests as physical properties, tensile and bending strength as mechanical properties evaluated. The experimental results indicated that samples treated in 60 minutes and 200°C had the lowest amounts in water absorption and thickness swelling tests but about samples treated in 20 minutes, 160 and 180°C observed that the samples were treated in 160°C had low amount of water absorption (63%) than the samples were treated in 180°C (76%). Measuring of mechanical properties showed that the variable properties of composites were increased with the rising heat time, while the samples were treated at 60 minutes had 97% followed by the samples treated at 20 minutes had 14% amount more than control samples.

Keywords: Thermal treatment, composite, recycled polypropylene, water absorption, thickness swelling.