

## مطالعه رفتار جذب آب و واکنش پذیری ضخامت چند سازه هیبریدی پلی پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه

علیرضا قطبی فر<sup>۱\*</sup>، سعید کاظمی نجفی<sup>۲</sup> و ربیع بهروز اشکیکی<sup>۳</sup>

\*- مسئول مکاتبات، کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

پست الکترونیک: Email:ghotbifar@gmail.com

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۸۸

تاریخ دریافت: آبان ۱۳۸۷

### چکیده

در این پژوهش، تأثیر مقدار (۱۰،۵ و ۱۵ درصد) الیاف شیشه روی جذب آب و واکنش پذیری ضخامت چند سازه هیبریدی پلی پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه با ۲ درصد مالئیک انیدرید پلی پروپیلن (MAPP) و بدون MAPP مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌هایی با سطح مقطع ۱۰×۷۰mm با استفاده از اکسترودر دو مارپیچ ناهمسو گرد ساخته شد. سپس جذب آب و واکنش پذیری ضخامت چند سازه هیبریدی ساخته شده بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که با افزایش درصد الیاف شیشه، جذب آب و واکنش پذیری ضخامت چند سازه هیبریدی ساخته شده بدون MAPP بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. در حالی که در چند سازه هیبریدی دارای MAPP با افزایش مقدار الیاف شیشه، جذب آب و واکنش پذیری ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تغییر معنی‌داری مشاهده نشده است. افزودن MAPP سبب کاهش قابل توجه جذب آب و واکنش پذیری ضخامت شده است.

واژه‌های کلیدی: چند سازه هیبریدی، مالئیک انیدرید پلی پروپیلن، الیاف شیشه، آرد چوب، جذب آب، واکنش پذیری ضخامت

### مقدمه

چوب، الیاف چوب، کتان، کنف و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸ و ۹]. بنابراین در ساخت چند سازه چوب - پلاستیک از مواد لیگنوسلولزی به عنوان پُرکننده‌های طبیعی به شکل پودر یا الیاف به عنوان پُرکننده و تقویت کننده استفاده می‌شود. استفاده از آرد و الیاف چوب به عنوان پُرکننده مواد پلاستیکی، بین سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲، ۶۶ تا ۸۰٪ رشد داشته است و پیش‌بینی می‌شود میزان تولید این مواد با در نظر گرفتن میانگین رشد ۱۴٪ در

مواد مرکب چوب - پلاستیک ( Wood Plastic Composites) که به اختصار WPC نامیده می‌شوند، گروه جدیدی از چند سازه‌ها هستند که در بسیاری از کشورهای پیشرفته و در حال توسعه، در حال تولید و گسترش می‌باشند. در ساخت این مواد مرکب گستره وسیعی از پلیمرها مثل پروپیلن، پلی اتیلن، پلی ونیل کلراید، پلی استر و ... به همراه پُرکننده‌های سلولزی شامل آرد

استفاده می‌شوند، بنابراین توجه به ویژگی‌های جذب آب این مواد ضروریست [12]. جذب آب در چند سازه چوب - پلاستیک از عوامل مهم و تأثیرگذار در خواص کاربرد نهایی محسوب می‌شود. زیرا پُرکننده‌های طبیعی (به صورت آرد و الیاف) دارای خاصیت هیگروسکوپیک هستند و رطوبت و آب را از محیط پیرامونشان جذب می‌کنند. عواملی مانند شکل پُرکننده (الیاف یا آرد)، مقدار، اندازه ذرات و استفاده از سازگارکننده در میزان جذب رطوبت اثرگذار است [۱۴]. نظر به اینکه امروزه استفاده از درصدهای بالای پُرکننده‌های طبیعی مانند آرد چوب در ساخت چند سازه چوب - پلاستیک به شدت مورد توجه می‌باشد و درصدهای بالای آرد چوب، سبب جذب آب نسبتاً قابل توجه چند سازه چوب - پلاستیک می‌شود، انتظار می‌رود افزودن مقدار محدودی الیاف شیشه و تهیه هیبریدی از آرد چوب و الیاف شیشه به عنوان تقویت کننده علاوه بر بهبود خواص مکانیکی چند سازه چوب - پلاستیک سبب کاهش جذب آنها نیز شود. نظر به چسبندگی ضعیف مواد تقویت کننده با پلیمر، استفاده از سازگارکننده نیز ضروری می‌باشد. بنابراین هدف از این تحقیق مطالعه جذب آب چند سازه هیبریدی پلی پروپیلن، آرد چوب، الیاف شیشه و ارزیابی اثر MAPP به عنوان سازگارکننده به آن می‌باشد.

### مواد و روشها

**مواد پلی پروپیلن:** از پلی پروپیلن محصول پتروشیمی تبریز با نام تجاری SI-080 و شاخص جریان مذاب  $9 \text{ g}/10 \text{ min}$  و دانسیته  $0.9 \text{ g}/\text{cm}^3$  به عنوان ماده زمینه استفاده شده است.

**ماده سازگارکننده:** مالئیک انیدرید پلی پروپیلن

(MAPP) به عنوان سازگارکننده در این تحقیق با

سال، به  $270000$  تن در اروپا و  $1/7$  میلیون تن در آمریکای شمالی تا سال  $2010$  برسد [۷]. جرم حجمی کم، سازگاری با محیط زیست، قابلیت بازیافت و ارزان بودن از عوامل رشد کاربردی پُرکننده‌های طبیعی می‌باشد [11]. مهمترین مشکل آنها هیدروفیل بودن و عدم سازگاری با پلیمر غیر قطبی است [۴]. در مقابل پُرکننده‌های طبیعی، پُرکننده‌های معدنی شامل میکا و کربنات کلسیم و خاک رس و الیاف سنتزی (الیاف شیشه، الیاف کربن و آرامید) قرار دارند. در بین تقویت کننده‌های معدنی الیاف سنتزی به ویژه الیاف شیشه رایجترین تقویت کننده‌ای است که در صنعت پلاستیک مصرف می‌شود و نسبت به دیگر الیاف سنتزی از لحاظ اقتصادی و ویژگی‌های مکانیکی برتری دارند [۲]. الیاف شیشه از لحاظ خصوصیات مکانیکی نسبت به پُرکننده‌های طبیعی مانند الیاف و آرد مواد لیگنوسلولزی برتری دارد [۱]. ولی بدلیل معایبی از قبیل ایجاد سایش در تجهیزات تولید، شکننده بودن، تخریب در تولید و همچنین بدلیل غیر قابل بازگشت بودن به محیط زیست در سالهای اخیر چندان به آنها توجه نمی‌شود. به منظور بهره‌گیری از ویژگیهای هر دو نوع پُرکننده طبیعی و الیاف سنتزی، می‌توان آنها را در یک ماتریس یکسان ترکیب کرد تا چند سازه هیبریدی تولید نمود [9]. چند سازه هیبریدی حاصل ترکیب دو یا چند نوع مختلف از الیاف می‌باشند که هر یک از الیاف دارای ویژگیهای است که کمبودهای الیاف دیگر را می‌پوشاند. تولید چند سازه هیبریدی از روش‌های بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی چند سازه‌های چوب - پلاستیک است [۲]. از این رو، امروزه چند سازه چوب - پلاستیک در ساخت انواع محصولات از جمله: کف پوش، کابینت‌سازی، قاب پنجره و نرده و در تماس با شرایط جوی و محیط‌های آبی

مشخصات 8 × 3 G 6070 از شرکت ملج چوب گرگان تهیه شده است.

**آرد چوب سوزنی برگ:** با توجه به حجم زیاد استفاده از چوب سوزنی برگ وارداتی در نواحی شمال کشور در ساخت انواع مصنوعات چوبی هر ساله مقدار زیادی خاکاره از برش آنها تولید می شود که استفاده از آنها در ساخت چند سازه چوب - پلاستیک می تواند مورد توجه قرار گیرد. بنابراین در این تحقیق آرد چوب مورد نیاز از کارگاه های نجاری شهرستان نور واقع در استان مازندران تهیه و با استفاده از الک مش ۶۰-/+ دانه بندی شده است.

**الیاف شیشه:** الیاف شیشه نوع E-Glass chopped strands آهارزنی شده با سیلان به طول ۳ میلی متر و قطر ۱۰ میکرون و دانسیته  $2/54 \text{ g/cm}^3$  از شرکت دیبا فایبرگلاس تهیه شده است.

**ساخت نمونه های آزمونی:** ابتدا آرد چوب در آون با دمای  $100 \pm 3$  درجه سانیکراد و به مدت ۲۴ ساعت خشک شد و سپس برای جلوگیری از جذب رطوبت در داخل

کیسه های پلاستیکی نگهداری شد. آرد چوب خشک شده، الیاف شیشه، پلی پروپیلن و MAPP با نسبت درصد وزنی مورد نظر (مطابق جدول ۱) برای ساخت نمونه مخلوط شدند. برای اختلاط بهتر و همگن در ابتدا آرد چوب، الیاف شیشه و پلی پروپیلن به کمک مخلوط کن آزمایشگاهی با سرعت  $1500 \text{ rpm}$  و به مدت ۲۰ دقیقه با هم مخلوط شدند. در این مرحله پلی پروپیلن ذوب نمی شود و هدف به دست آوردن مخلوطی کاملاً همگن از آرد چوب و الیاف شیشه و پلی پروپیلن است. مواد مخلوط شده مورد نیاز برای هر ترکیب (مطابق جدول ۱) توسط یک دستگاه اکسترودر دو مارپیچ ناهمسوگرد مدل WPC- ۴۸۱۵ ساخت شرکت برنا پارس مهر به باریکه های با سطح مقطع ۱ سانتیمتر (ضخامت) در ۷ سانتیمتر (پهنا) تبدیل شدند. سرعت و دمای اکسترودر برای تولید باریکه مطابق با جدول ۲ تنظیم شد.

جدول ۱- درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده ترکیبات مختلف چند سازه هیبریدی پلی پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه

شماره	کد	آرد چوب (%)	پلی پروپیلن (%)	الیاف شیشه (%)	سازگارکننده (%)
۱	PW	۷۰	۳۰	۰	۰
۲	PWM	۷۰	۲۸	۰	۲
۳	PWG5	۶۵	۳۰	۵	۰
۴	PWG5M	۶۵	۲۸	۵	۲
۵	PWG10	۶۰	۳۰	۱۰	۰
۶	PWG10M	۶۰	۲۸	۱۰	۲
۷	PWG15	۵۵	۳۰	۱۵	۰
۸	PWG15M	۵۵	۲۸	۱۵	۲

P پلی پروپیلن، W آرد چوب، G الیاف شیشه، M سازگارکننده  
\* درصدها وزنی است.

جدول ۲- شرایط مورد استفاده برای ساخت چند سازه هیبریدی آرد چوب، الیاف شیشه و پلی پروپیلن

سرعت (rpm)	دما (°C)						
	دمای قالب ۲	دمای قالب ۱	منطقه ۶	منطقه ۵	منطقه ۴	منطقه ۳	منطقه ۲
۹۰	۱۱۰	۱۳۵	۱۳۵	۱۵۰	۱۵۵	۱۶۵	۱۷۵

اندازه گیری جذب آب و واکنشیدگی ضخامت

جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کوتاه مدت (۲)

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

جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کوتاه مدت (۲)

WBtB = وزن نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری t (gr)

و ۲۴ ساعت) چند سازه هیبریدی مورد بررسی قرار

WB<sub>0B</sub> = وزن خشک نمونه قبل از غوطه‌وری (gr)

گرفت. بدین منظور پنج نمونه از هر اختلاط انتخاب

$$TS(t) = \frac{T_t - T_o}{T_o} \times 100 \quad \text{رابطه ۲}$$

شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای  $103 \pm 2$  درجه

سانتیگراد در آون خشک شدند. پس از آن، وزن و

TS = واکنشیدگی ضخامت در زمان غوطه‌وری t (%)

ضخامت نمونه‌های خشک شده به ترتیب با ترازوی

TBt = ضخامت نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری t (mm)

دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم و میکرومتر با دقت

TB<sub>0B</sub> = ضخامت نمونه در حالت خشک (mm)

۰/۰۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند و در آب مقطر (در

### پردازش آماری داده‌ها

دمای اتاق) قرار داده شدند. برای اندازه‌گیری جذب آب

جهت بررسی و مقایسه خواص فیزیکی تخته‌ها،

و واکنشیدگی ضخامت، نمونه‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت

نتایج بدست آمده در قالب طرح کاملاً تصادفی متعادل

از آب برداشته شدند و سطح آنها بوسیله دستمال

و آزمایش فاکتوریل دو متغیره مورد تجزیه و تحلیل

کاغذی خشک شده و مقدار وزن و ضخامت آنها دوباره

قرار گرفت. به وسیله تکنیک تجزیه واریانس وجود

اندازه‌گیری شد (مطابق آیین نامه ۰۴-۷۰۳۱ D

اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها مورد بررسی قرار

استاندارد ASTM [۳])، مقدار جذب آب و واکنشیدگی

گرفت و در صورت معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها

ضخامت در ۲ و ۲۴ ساعت به ترتیب طبق روابط ۱ و ۲

محاسبه شد:

از آزمون دانکن برای گروه‌بندی آنها استفاده شد.

$$WA(t) = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100$$

رابطه ۱

جدول ۳- تجزیه واریانس مقادیر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

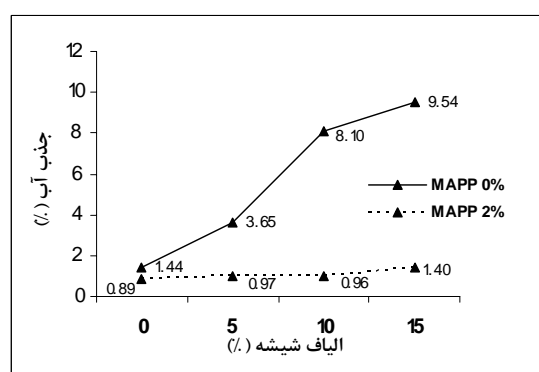
مقدار P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات	
۰/۰۰۰	۲۲/۱۱۸	۳۴/۸۲۲	۳	۱۰۴/۴۶۶	الیاف شیشه	جذب آب ۲ ساعت
۰/۰۰۰	۱۲۰/۲۲۲	۱۸۹/۲۷۲	۱	۱۸۹/۲۷۲	سازگارکننده	
۰/۰۰۰	۱۸/۳۱۱	۲۸/۸۲۷	۳	۸۶/۴۸۱	الیاف شیشه × سازگارکننده	
۰/۰۰۰	۱۰/۵۸۴	۴۴/۰۰۴	۳	۱۳۲/۰۱۱	الیاف شیشه	جذب آب ۲۴ ساعت
۰/۰۰۰	۱۱۹/۴۵۵	۴۹۶/۶۲۲	۱	۴۹۶/۶۲۲	سازگارکننده	
۰/۰۰۰	۱۲/۵۵۸	۵۲/۲۰۸	۳	۱۵۶/۶۲۵	الیاف شیشه × سازگارکننده	

## نتایج

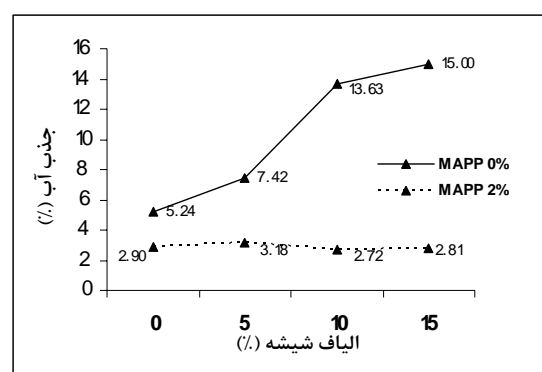
### جذب آب

جدول ۳ تجزیه واریانس مقدار جذب آب تیمارهای مورد بررسی را بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در سطح اعتماد ۹۹٪، اثر الیاف شیشه، سازگارکننده و اثر متقابل آنها (الیاف شیشه × سازگارکننده) بر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب معنی‌دار می‌باشد. شکل ۱ اثر افزودن الیاف شیشه بر جذب آب بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب نمونه‌های دارای MAPP و بدون MAPP را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود افزودن الیاف

شیشه به چند سازه چوب - پلاستیک باعث افزایش جذب آب چند سازه ساخته شده بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب به طور معنی‌داری افزایش یابد. به طوریکه جذب آب چند سازه هیبریدی بدون MAPP با افزودن ۵ درصد الیاف شیشه و افزایش آن به ۱۵ درصد در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد الیاف شیشه) بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب به ترتیب در حدود ۱۵۳ تا ۵۶۲ درصد افزایش داشته است. شکل ۱ همچنین نشان می‌دهد با افزودن ۲ درصد MAPP جذب آب به طور معنی‌دار و قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. جذب آب بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب چند سازه هیبریدی ساخته شده



شکل ۱- جذب آب چند سازه هیبریدی بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب



شکل ۲- جذب آب چند سازه هیبریدی بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

هنگام استفاده از ۱۵ درصد الیاف شیشه نسبت به عدم استفاده از الیاف شیشه بسیار زیاد است.

### واکنشیدگی ضخامت

تجزیه واریانس مقدار واکنشیدگی ضخامت تیمارهای مورد بررسی بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان می‌دهد که در سطح اعتماد ۹۹٪، اثر الیاف شیشه، سازگارکننده و اثر متقابل آنها (الیاف شیشه × سازگارکننده) بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴).

دارای ۲ درصد MAPP با افزودن ۵ درصد الیاف شیشه و افزایش آن به ۱۵ درصد در مقایسه با نمونه شاهد به ترتیب در حدود ۹/۴ تا ۵۷ افزایش داشته است.

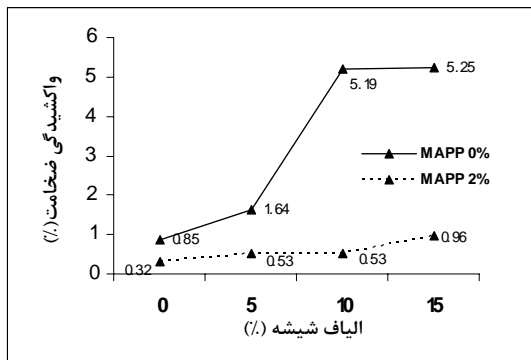
شکل ۲ اثر افزودن الیاف شیشه بر جذب آب بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نمونه‌های دارای MAPP و بدون MAPP را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود به مانند جذب آب ۲ ساعت با افزایش درصد الیاف شیشه جذب آب به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد، ولی در حضور MAPP، افزایش درصد الیاف شیشه تأثیر معنی‌داری در تغییر جذب آب ندارد. شکل ۱ و ۲ نشان می‌دهند که اختلاف بین جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت در

جدول ۴- تجزیه واریانس مقادیر واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

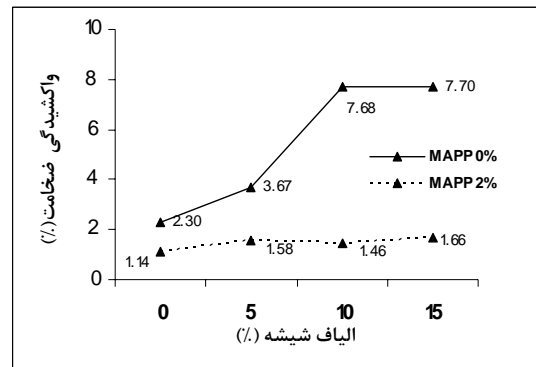
P	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	منبع تغییرات	
۰/۰۰۰	۱۶/۷۹۵	۱۳/۱۷۶	۳	۳۹/۵۲۹	الیاف شیشه	واکنشیدگی ضخامت
۰/۰۰۰	۷۹/۳۴۴	۶۲/۲۴۷	۱	۶۲/۲۴۷	سازگارکننده	۲ ساعت
۰/۰۰۰	۱۲/۱۸۰	۹/۵۵۶	۳	۲۸/۶۶۷	الیاف شیشه × سازگارکننده	
۰/۰۰۰	۱۰/۷۸۱	۱۶/۳۶۴	۳	۴۹/۰۹۲	الیاف شیشه	واکنشیدگی ضخامت
۰/۰۰۰	۹۰/۴۶۹	۱۳۷/۳۲۰	۱	۱۳۷/۳۲۰	سازگارکننده	۲۴ ساعت
۰/۰۰۰	۹/۸۴۸	۱۴/۹۴۸	۳	۴۴/۸۴۳	الیاف شیشه × سازگارکننده	

معنی‌داری افزایش می‌یابد. واکنشیدگی ضخامت چند سازه هیبریدی ساخته شده بدون MAPP بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب با افزودن ۵ درصد الیاف شیشه و افزایش آن به ۱۵ درصد به ترتیب در حدود ۹۲ تا ۵۱۴ درصد افزایش نسبت به نمونه شاهد یافته است. شکل ۳ همچنین نشان می‌دهد با افزودن ۲ درصد MAPP واکنشیدگی ضخامت به طور معنی‌دار و قابل ملاحظه‌ای

شکل ۳ اثر افزودن الیاف شیشه بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب نمونه‌های دارای MAPP و بدون MAPP را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در چند سازه هیبریدی ساخته شده با افزودن ۵ درصد الیاف شیشه و افزایش آن به ۱۵ درصد واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب نسبت به نمونه شاهد (فاقد الیاف شیشه) به طور



شکل ۳- واكشیدگی ضخامت چند سازه هیبریدی بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب



شکل ۴- واكشیدگی ضخامت چند سازه هیبریدی بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

### نتایج

با توجه به کاربرد چند سازه‌های چوب - پلاستیک که در معرض عوامل جوی و تماس مستقیم با آب قرار می‌گیرند، بررسی خواص جذب آب و واكشیدگی ضخامت این مواد ضروری به نظر می‌رسد. خاصیت آب‌دوستی پُرکننده‌های لیگنوسولوزی عامل اصلی جذب آب و واكشیدگی ضخامت در چند سازه چوب - پلاستیک می‌باشد (پلاستیکها تأثیر ناچیزی بر جذب آب چند سازه دارند) بنابراین انتظار می‌رفت با افزودن الیاف شیشه و جایگزین کردن آن با بخشی از پُرکننده‌های لیگنوسولوزی جذب آب چند سازه چوب - پلاستیک کاهش یابد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری جذب آب و واكشیدگی ضخامت چند سازه هیبریدی پلی‌پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه نشان داد که بر خلاف انتظار افزودن الیاف شیشه باعث افزایش معنی‌دار جذب آب و واكشیدگی ضخامت بعد از گذشت ۲ و ۲۴ ساعت شده است. ولی جذب آب و واكشیدگی ضخامت با افزودن ۲ درصد MAPP به طور معنی‌دار کاهش پیدا کرده است. تفاوت در شکل پُرکننده‌ها (الیاف شیشه و آرد چوب) باعث ایجاد فضاهای خالی در چند سازه هیبریدی ساخته

کاهش می‌یابد. به طوریکه در مقایسه واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب چند سازه هیبریدی بدون MAPP با چند سازه هیبریدی دارای ۲ درصد MAPP ضمن افزودن ۵ درصد الیاف شیشه و افزایش آن به ۱۵ درصد به ترتیب در حدود ۲۹ تا ۳۲۰ درصد کاهش یافته است. در چند سازه هیبریدی دارای MAPP ضمن افزودن الیاف شیشه، واكشیدگی ضخامت افزایش می‌یابد. شکل ۴ اثر افزودن الیاف شیشه بر واكشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نمونه‌های دارای MAPP و بدون MAPP را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود به مانند واكشیدگی ضخامت ۲ ساعت غوطه‌وری با افزایش درصد الیاف شیشه از ۵ به ۱۵ درصد واكشیدگی ضخامت در چند سازه هیبریدی بدون MAPP در مقایسه با نمونه شاهد به ترتیب در حدود ۵۹ تا ۲۳۴ افزایش یافته است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با افزودن ۲ درصد MAPP واكشیدگی ضخامت در چند سازه هیبریدی ساخته شده در مقایسه با چند سازه هیبریدی بدون MAPP ضمن افزایش درصد الیاف شیشه از ۵ به ۱۵ درصد به ترتیب در حدود ۳۵ تا ۸۰ درصد کاهش یافته است.

شده می‌شود و با افزایش درصد الیاف شیشه حجم این فضاهاى خالی افزایش می‌یابد. بطور کلی جذب آب در چند سازه چوب - پلاستیک با سازوکارهای مختلفی انجام می‌شود [۱۶] طوری که نفوذ موینگی از طریق خلل و فرج موجود در چند سازه چوب - پلاستیک نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. بنابراین با توجه به افزایش مقدار خلل و فرج با استفاده از الیاف شیشه، امکان نفوذ بیشتر آب فراهم می‌شود و در نتیجه جذب آب افزایش می‌یابد. افزایش جذب آب دسترسی آرد چوب موجود را به آب بیشتر نموده و ضمن جذب آب بیشتر بوسیله آرد چوب به عنوان یک ماده هیگروسکوپیک سبب افزایش واکنشیدگی ضخامت نیز می‌شود. نظر به اینکه در چند سازه هیبریدی ساخته شده آرد چوب و الیاف شیشه قطبی هستند و در مقابل پلی‌پروپیلن ماده‌ای غیرقطبی است [۱۳]. این مسئله باعث چسبندگی ضعیف ماده زمینه پلیمری و پُرکننده‌ها در فاز میانی و ایجاد خلل و فرج در چند سازه هیبریدی شده است. بنابراین وقتی چند سازه هیبریدی در آب غوطه‌ور می‌شود مولکول‌های آب از طریق همین فضاهاى خالی وارد می‌شوند که این دو عامل (تفاوت در شکل پُرکننده‌ها و چسبندگی ضعیف ماده زمینه پلیمری و پُرکننده‌ها) سبب جذب آب بالا در چند سازه هیبریدی بدون MAPP می‌شود، اما افزودن مقدار کمی MAPP سبب بهبود چسبندگی در فاز میانی آرد چوب و الیاف شیشه با پلی‌پروپیلن می‌شود. زیرا بین عامل انیدریدی MAPP با گروه‌های هیدروکسیل آرد چوب اتصال استری ایجاد می‌شود و گروه‌های هیدروکسیل که مهمترین محل برای جذب آب در مواد لیگنوسلولزی می‌باشند، غیر فعال می‌کنند [۱۵ و ۱۱]. همچنین با توجه به اینکه سطح الیاف شیشه در کارخانه توسط سیلان آهارزنی می‌شود بنابراین بین عامل انیدریدی MAPP با گروه‌های هیدروکسیل ایجاد شده

توسط سیلان پیوند کوالان تشکیل می‌شود [5 و 6] که این عوامل سبب بهبود اتصال الیاف شیشه و آرد چوب به پلی‌پروپیلن در فاز میانی می‌شوند و بدین ترتیب از فضاهاى خالی موجود در منطقه اتصال پلیمر با پُرکننده‌ها (interface) در نتیجه عدم سازگاری بین پُرکننده‌ها و پلیمر، به شدت کاسته می‌شود. لازم به تذکر است که این فضاها یکی از دلایل جذب آب چند سازه چوب - پلاستیک در عدم حضور سازگارکننده می‌باشند. اما چرا در حضور MAPP اثر الیاف شیشه بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت معنی‌دار نیست؟ در چند سازه چوب - پلاستیک با درصدهای بالای پُرکننده‌های طبیعی مانند آرد چوب همپوشانی نشدن کامل سطح ذرات پُرکننده توسط ماده زمینه پلیمری بدلیل کمبود ماده زمینه پلیمری از عوامل مهم و اثرگذار در جذب آب و واکنشیدگی ضخامت است. افزودن الیاف شیشه در چند سازه پلی‌پروپیلن و آرد چوب باعث بهتر شدن همپوشانی آرد چوب توسط ماده زمینه پلیمری می‌شود، زیرا الیاف شیشه به دلیل داشتن شکل لیفی و دانسیته بیشتر، سطح ویژه کمتری نسبت به آرد چوب دارد. بنابراین با افزایش درصد الیاف شیشه سطح ویژه کل (آرد چوب و الیاف شیشه) نسبت به حالت بدون الیاف شیشه کاهش می‌یابد و بدین طریق ماده زمینه پلیمری سطح بیشتری از پُرکننده‌ها را می‌تواند پوشش دهد. بنابراین عملکرد MAPP در ایجاد چسبندگی افزایش و بهبود می‌یابد و افزایش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت ناشی از افزودن الیاف شیشه را تقریباً خنثی می‌سازد. از طرف دیگر استفاده از MAPP باعث جریان بهتر پلیمر مذاب در زمان اختلاط می‌شود که منجر به پراکندگی بهتر آرد چوب و الیاف شیشه در فاز پلیمر می‌شود که منجر به کاهش فضاهاى خالی خواهد شد و از این طریق نیز باعث کاهش جذب آب خواهد شد. بنابراین در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان چنین



- Holm, b., 2006: Development of MPB Wood - Cement and Wood-Plastic Composite Product: A review of literature of the two composite product, prepared for forestry innovation investment, department of wood science university of Vancouver BC Canada.
- Jiang, H., Kamden, D.P., Bezubic, B. and Ruede, P., 2003. Mechanical Properties of Poly (vinyl chloride)/Wood Flour/Glass Fiber Hybrid Composites. *Journal of Vinyl and Technology*, 9 (3):138-145.
- John, K. and Naidu, V., 2004a. Effect of Fiber Content and Fiber Treatment on Flexural Properties of Sisal Fiber/Glass Fiber Hybrid Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 23(15): 1601-1605.
- John, K. and Naidu, V., 2004b: Sisal fiber/Glass Hybrid Composites: the Impact and Compressive Properties. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 23(12): 1253-1258.
- Maldas, D. and Kokta, B.V., 1992. Performance of Hybrid Reinforcements in PVC Composites: Use of Surface-Modified Glass Fiber and Wood Pulp as Reinforcements. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 2: 1093-1102.
- Kazemi Najafi, S.K, Kiaefar, A., Hamidina, E. and Tajvidi, M., 2007. Water Absorption Behavior of Composites from Sawdust and Recycled Plastics. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 26(3): 341-348.
- Roux, C., Denault, J. and Champagne, M., 2000. Parameters Regulating Interfacial and Mechanical Properties of Short Glass Fiber Reinforced Polypropylene. *Journal of Applied Polymer Science*, 78:2047-2060.
- Steckel, V., Clemons, C.M. and Thoemen, H., 2007. Effects of Material Parameters on the Diffusion and Sorption Properties of Wood- Flour/ Polypropylene Composites. *Journal of Applied Polymer Science*, 103:752-763.
- Thwe, M.M. and Liao, K., 2003: Durability of Bamboo-Glass Fiber Reinforced Polymer Matrix Hybrid Composites. *Composites Science and Technology*, 63: 375-387.
- Yang, H.S., Kim, H.J., Park, H.J., Lee, B.J. and Hwang, T.S., 2005. Water Absorption Behavior and Mechanical Properties of Lignocellulosic Filler-Polyolifin Bio-Composites. *Journal of Composites Structures*, 72: 429-437.

بیان کرد که برخلاف انتظار افزودن الیاف شیشه به عنوان بخشی از آرد چوب در ساخت چند سازه هیبریدی پلی پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه نه تنها باعث کاهش جذب و واکنشیدگی ضخامت نمی شود بلکه با افزودن افزایش درصد الیاف شیشه جذب آب و واکنشیدگی ضخامت به طور قابل توجهی افزایش می یابد. استفاده از سازگارکننده ضمن کاهش جذب آب چند سازه هیبریدی نقش الیاف شیشه در افزایش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت را به شدت کاهش می دهد.

### منابع مورد استفاده

- Abdul Khalil, H.P.S., Hanida, S., Kang, C.W. and Nik Fuaad, N.A., 2007. Agro-Hybrid Composite: The Effects on Mechanical and Physical Properties of Oil Palm Fiber (EFB)/Glass Hybrid Reinforced Polyester Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 26(2): 203-218.
- Ahmed, S.K., Vijayarangan, S. and Rajupt, C., 2006. Mechanical Behavior of Isothalic Polyester-based Untreated Woven Jute and Glass Fabric Hybrid Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 25(15): 1549-1569.
- American Society for Testing and Materials. 2004. Standard Guide for Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood-Plastic Composite Products ASTM D 7031-04. ASTM, West Conshohocken, Pa. USA.
- Arbelaiz, A., Fernandez, B., Cantero, G., Llano-Ponte, R., Valea, A. and Mondragon, I., 2005. Mechanical Properties of Flax Fiber/Polypropylene composites. Influence of Fiber/Matrix Modification and Glass Fiber Hybridization, *Journal of Composites*, 36: 1637-1644.
- Gamstedta, E.K., Berglund, A.L. and Peijs., T., 1999. Fatigue mechanisms in unidirectional glass-fibre-reinforced Polypropylene. *Composites Science and Technology*. 59:759-768.
- Hamada, H., Fujihara, K. and Harada, A., 2000. The influence of sizing conditions on bending properties of continuous glass fiber reinforced polypropylene composites. *Composites*, 31: 979-990.

## **A Study on water absorption and thickness swelling behavior of wood flour/glass fiber hybrid composites**

**Ghotbifar, A<sup>\*1</sup>, Kazemi Najafi, S.<sup>2</sup> and Behrooz Eshkiki, R.<sup>3</sup>**

1\*- Corresponding author, M.Sc., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Iran E-mail: ghotbifar@gmail.com)

2-Associate Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Iran

3- Assistant Prof., Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Iran

Received: Oct.. 2008

Accepted: May, 2009

### **Abstract**

This research focused on the influence of content (5, 10 and 15 %) of glass fiber on the water absorption and thickness swelling of wood flour/E-glass fiber hybrid polypropylene composites without and with MAPP. The samples (strips with 10 mm thickness and 70 mm width) were made using a laboratory twin-screw extruder. The water absorption and thickness swelling of the composites after 2h and 24h were determined. The results showed that adding glass fiber significantly increase water absorption and thickness swelling after 2h and 24h in absence of MAPP. Whereas in presence of 2% MAPP by addition glass fiber, no significant changes were observed in water absorption and thickness swelling of the composites after 2h and 24h. MAPP considerably decreased the water absorption and thickness swelling of the studied composites.

**Key words:** hybrid composites; MAPP; Glass fiber; Wood flour; Water absorption; Thickness swelling