

## بررسی خواص کامپوزیت‌های چوب پلاستیک بر پایه رزین (پلاستیک) ترموست اپوکسی

سیدیحیی موسوی<sup>۱</sup>، محمد مهدی جلیلی<sup>۲\*</sup> و امیر سهیل پیرایش فر<sup>۳</sup>

۱- کارشناس نخبه مهندسی پلیمر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، باشگاه پژوهشگران جوان

۲- مسئول مکاتبات، دکتری در مهندسی پلیمر، استادیار تمام وقت دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، گروه مهندسی پلیمر

پست الکترونیک: m.jalili@srbiau.ac.ir

۳- کارشناس نخبه مهندسی پلیمر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، باشگاه پژوهشگران جوان

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۸۸

### چکیده

در این پژوهش رزین ترموست اپوکسی و پودر چوب برای ساخت کامپوزیت‌های چوب پلاستیک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی‌های انجام شده بر روی کامپوزیت‌های تهیه شده نشان داد که کامپوزیت‌های چوب پلاستیک ساخته شده با رزین اپوکسی علاوه بر خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب‌تر نسبت به قطعات چوبی میزان آب کمتری را در شرایط غوطه‌وری طولانی مدت بخود جذب می‌نمایند. بنابراین تصاویر بصری و آنالیز طیف‌سنجی مادون قرمز بر این واقعیت صحت گذاشت که این کامپوزت‌ها بسیار پایدارتر از چوب می‌باشند. در ادامه تأثیر اضافه کردن پودر چوب به کامپوزیت‌های لیفی بر پایه الیاف شیشه - رزین اپوکسی مورد بررسی قرار گرفت. به طوری که، نتایج به روشنی نشان داد که با اضافه کردن مقداری مناسب از پودر چوب به ساختار کامپوزیت‌های لیفی، خواص فیزیکی و مکانیکی آنها به نحو چشمگیری بهبود می‌یابد.

**واژه‌های کلیدی:** پودر چوب، الیاف شیشه، رزین اپوکسی، خواص کششی، میزان جذب آب، میزان تخریب.

### مقدمه

۱۹۹۴ و Bodig، ۱۹۸۲ و Selke، ۲۰۰۴ و میرشکرایی، (۱۳۷۳). در این میان Tomita (۱۹۹۸) و Dunky (۱۹۹۸) و Gindl (۲۰۰۴) به ترتیب چسبندگی رزین‌های ترموست اوره‌فنول‌فرمالدهید، اوره‌فرمالدهید و فنول‌فرمالدهید را با چوب مورد ارزیابی قرار داده‌اند، که در همه گزارش‌ها نتایج جالبی در رابطه با چسبندگی رزین و چوب گزارش شده است. به طوری که حتی با وجود رشد چشمگیر بکارگیری پودر چوب، باز هم استفاده از تقویت کننده‌های لیفی در

امروزه کاربرد کامپوزیت‌های چوب پلاستیک رشد بسیار زیادی در صنایع گوناگون دارد و روز به روز نیز بر آن افزوده می‌شود. بنابراین استفاده از پودر چوب به عنوان پُرکننده در رزین‌های ترموپلاستیک مانند پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌وینیل‌کلراید بسیار بیشتر از رزین‌های ترموست مورد توجه قرار گرفته است، با این حال بررسی‌های زیادی نیز در مورد بکارگیری پودر چوب در کنار رزین‌های ترموست انجام شده است (Lawrence).

استوکيومتری پیشنهاد شده توسط کمپانی ۲ واحد حجمی رزین در برابر ۱ واحد حجمی هادرنر می باشد). همچنین برای از بین بردن حباب های ایجاد شده در مرحله مخلوط کردن رزین و هادرنر، در تمامی نمونه ها از ضد کف درجه BYK N066 به میزان ۱٪ وزنی کل فرمولاسیون استفاده شد.

همچنین از الیاف شیشه تولید شده توسط کمپانی Chomarat (فرانسه) که به صورت ترکیبی پارچه خرد شده مت با چگالی سطحی  $300\text{g/m}^2$  و الیاف بلند به صورت عمودی دوخته شده با چگالی سطحی  $500\text{g/m}^2$  با نام تجاری Combi800 تولید شده بود، به عنوان تقویت کننده استفاده گردید. به علاوه اینکه پودر چوب درخت صنوبر تبریزی مش ۳۰-۴۰ نیز مورد استفاده قرار گرفت.

در این پژوهش، در نمونه های حاوی پودر چوب، ابتدا پودر چوب با رزین اپوکسی مخلوط شده و بعد به نسبت استوکيومتری با سخت کننده آمینی ترکیب گردید و از این مخلوط در قالب های تهیه شده برای ساخت کامپوزیت چوب اپوکسی و نیز به روش لایه گذاری دستی برای ساخت کامپوزیت چوب-لیف اپوکسی استفاده گردید. کلیه نمونه ها در دمای محیط سخت شدند و برای اطمینان از پخت کامل، نمونه ها در اتوکلاو Astell مدل AMB 220N به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند.

#### روش آزمون

#### آزمون کشش

برای انجام آزمون کشش کلیه نمونه ها را برطبق استاندارد ASTM D638 بریده و در دستگاه کشش Elima (تولید شده در ایران) با سرعت ۱ میلی متر بر دقیقه کشیده

کنار رزین های ترموست، هنوز نیز شالوده صنعت کامپوزیت می باشد، این در حالیست که این کاربری نیز خالی از مشکل نیست به طوری که به دلیل ساختار معدنی بیشتر الیاف و همچنین ساختار آلی انواع رزین ها، همیشه مشکل عدم چسبندگی مناسب در بین رزین و الیاف معدنی وجود داشته است (Gu، ۱۹۹۷). بنابراین برای رفع این مشکل عملیات سطحی مختلفی بر روی الیاف صورت می گیرد که در آنها با قرار دادن گروه های عاملی خاص و همچنین زبر کردن سطح الیاف سازگاری آنها را با رزین ها افزایش می دهند (Clark، ۱۹۹۹، Broyles، ۱۹۹۸ و Thomason، ۱۹۹۵). با این حال باز هم گزارش های زیادی مبتنی بر عدم چسبندگی مناسب انواع الیاف و رزین های مورد استفاده در صنعت کامپوزیت گزارش شده است (Marieta، ۲۰۰۵، Marieta، ۲۰۰۲ و Chen، ۲۰۰۷).

در این پژوهش خواص مختلف کامپوزیت های چوب پلاستیک که در آنها رزین ترموست اپوکسی به عنوان ماتریس انتخاب گردیده مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج به دست آمده با چوب مقایسه شده است. همچنین اثر بکارگیری همزمان پودر چوب و الیاف شیشه به عنوان تقویت کننده های رزین اپوکسی و مقایسه نتایج فوق با کامپوزیت های الیاف شیشه معمولی بررسی شده است.

#### مواد و روشها

در این پژوهش رزین اپوکسی کم ویسکوزیته دارای رقیق کننده فعال درجه EEW=182- Araldite GY257 (viscosity=500-650cps & 192 تولید شده توسط کمپانی Huntsman (سوئیس) به همراه سخت کننده سیکلوالیفاتیک آمین (H<sup>+</sup>active=105) در Aradure F205 در نسبت های استوکيومتری استفاده گردید (نسبت

نمونه پس از گذشت هر دوره زمانی می‌باشد.

### طیف سنجی

برای تجزیه و تحلیل مواد استخراج شده از نمونه‌ها به داخل آب مقطر، از دستگاه FT-IR مدل NEXUS 870 استفاده گردید، به طوری که در ابتدا مقداری از آبی را که نمونه‌ها در آن غوطه‌ور بودند جدا گردید و بعد با استفاده از هیتر مدل Heidolph MR 3001k آب مربوطه حرارت داده شد، در نهایت پس از تبخیر بخش اصلی آب، چند قطره که بسیار غلیظ بود به جای ماند، مقادیر به جای مانده بر روی قرص KBr تهیه شده ریخته شد و به منظور تبخیر آب باقیمانده قرص تهیه شده با استفاده از سشوآر تا خشک شدن کامل آن حرارت داده شد. در نهایت از قرص فوق طیف‌های انتقال FT-IR جهت تعیین ترکیب‌های موجود در آن تهیه گردید.

### نتایج

فهرست نمونه‌های تهیه شده در این پژوهش، در جدول ۱ آورده شده است.

شدند و نمودار تنش- کرنش نهایی آنها به صورت اتوماتیک توسط دستگاه بدست آمد. برای اطمینان از صحت نتایج، آزمایش‌ها برای هر نمونه ۳ بار تکرار گردید.

### آزمون جذب آب

برای تعیین این عامل، مکعب‌هایی در اندازه‌های (۲×۲×۲) سانتیمتر مکعب از کلیه نمونه‌ها بریده شد. در ادامه برای خشک شدن کامل، کلیه نمونه‌های بریده شده به مدت ۴۰ دقیقه در آون خشک در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند، پس از سرد شدن کامل آون، نمونه‌ها بلافاصله از آون خارج و با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن گردیدند و بعد در آب مقطر در دمای محیط قرار گرفتند. سپس در دفعات متعدد در زمان‌های معین وزن گردیدند. به نحوی که درصد جذب آب نمونه‌ها با استفاده از فرمول (۱) زیر تعیین گردید (Visco، ۲۰۰۸):

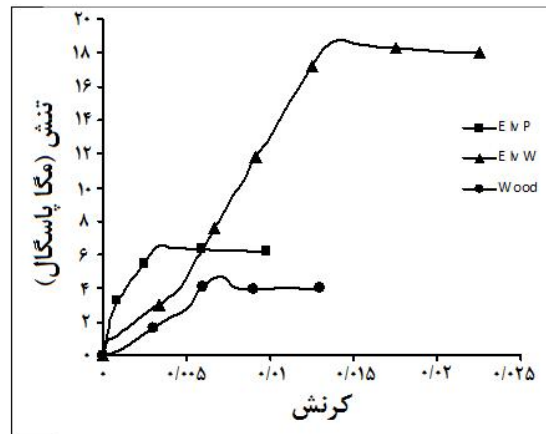
$$M = [(M_t - M_0) / M_0] \times 100 \quad (1) \text{ فرمول (۱)}$$

در این فرمول:  $M_0$  وزن اولیه نمونه،  $M_t$  وزن نمونه پس از گذشت هر دوره غوطه‌وری و  $M$  درصد جذب آب

جدول ۱- فهرست نمونه‌های مورد بررسی در این پژوهش

اجزا	کد نمونه‌ها
چوب درخت صنوبر تبریزی	Wood
رزین اپوکسی خالص (۱۰۰٪ اپوکسی و سخت کننده به نسبت استوکیمتری ۲ به ۱)	Elv P
رزین اپوکسی و پودر چوب (۵۵،۵٪ پودر چوب و ۴۴،۵٪ اپوکسی و هاردنر)	Elv W
رزین اپوکسی و الیاف شیشه (۵۵٪ الیاف شیشه و ۴۵٪ اپوکسی و هاردنر)	Elv Gf
رزین اپوکسی، الیاف شیشه و پودر چوب (۴۵٪ الیاف شیشه، ۲۵٪ پودر چوب و ۳۰٪ اپوکسی و هاردنر)	Elv Gf W

نتایج آزمون‌های کشش برای نمونه‌های Elv P، Elv W و Wood در نمودار ۱ نشان داده شده است:



نمودار ۱- نمودار تنش و کرنش بدست آمده از کشش نمونه‌های

Wood و Elv W، Elv P

آزمایش تعیین میزان جذب آب بر این نظریه صحه گذاشته شد.

جذب آب نمونه‌های فوق در نمودار ۲ نشان داده شده است، همان طور که ملاحظه می‌گردد جذب آب نمونه Elv W بسیار کمتر از چوب می‌باشد، این در حالیست که این نمونه جذب آب بیشتری در مقایسه با رزین خالص دارد. به‌طور کلی سازوکارهای نفوذ آب به داخل کامپوزیت‌ها شامل موارد زیر است (Hodzic, ۲۰۰۴ و Brewis, ۱۹۸۷ و Thomason, ۱۹۹۵):

- ۱- نفوذ مستقیم مولکول‌های آب در داخل رزین و گاهی از اوقات در داخل تقویت‌کننده
- ۲- جریان موئینی مولکول‌های آب در فصل مشترک تقویت‌کننده و ماتریس
- ۳- نفوذ آب از طریق میکروتکرک‌ها، خلل و فرج<sup>۱</sup> و نقاط شکست<sup>۲</sup> که در ماده وجود دارد.

همانطور که در نمودار ۱ ملاحظه می‌گردد بکارگیری رزین اپوکسی به همراه پودر چوب، به میزان قابل توجهی مدول نمونه Elv W را در مقایسه با نمونه چوبی ارتقا بخشیده است. در توجیه این پدیده، ساده‌ترین دلیل قابل ارائه استفاده از یک ماتریس ترموست با مدول بالا به نسبت ۴۵٪ وزنی در کنار پودر چوب با مدول پایین می‌باشد که سبب تقویت مدول کامپوزیت شده است.

همچنین مشاهده می‌شود که استحکام کششی و نیز میزان کش آمدن در نقطه شکست در نمونه Elv W نسبت به نمونه چوب و اپوکسی خالص افزایش یافته است. این مهم حکایت از تولید ماده جدیدی از دو جزء چوب و اپوکسی می‌باشد که ساختار و در نتیجه رفتاری متفاوت از دو جزء تشکیل دهنده از خود بروز می‌دهد. این میزان افزایش در استحکام کششی به‌طور یقین به برهم‌کنش‌های قوی بین پودر چوب و ماتریس آلی برمی‌گردد که با انجام

1- Void

2- Defect point

پودر چوب توسط رزین و بعد به برهم‌کنش‌های قوی ایجاد شده بین پودر چوب و رزین اپوکسی مرتبط دانست. به‌طور کلی سازوکارهای ایجادکننده چسبندگی بین رزین و پُرکننده شامل موارد زیر می‌باشد (Clark, ۱۹۹۹ و Broyles, ۱۹۹۸):

۱- قفل شدن مکانیکی<sup>۱</sup>

۲- تئوری الکترونیک و الکتروستاتیک<sup>۲</sup>

۳- تئوری جذب یا توانایی خیس کردن<sup>۳</sup>

۴- تئوری نفوذ<sup>۴</sup>

۵- تئوری ایجاد پیوندشیمیایی<sup>۵</sup>

۶- تئوری تشکیل لایه‌های مرزی ضعیف و بین‌فازی<sup>۶</sup>

ساختار متخلخل چوب سبب ورود بسیاری از زنجیره‌های پلیمری به داخل این ساختار و در نتیجه خیس شدن چوب توسط رزین می‌گردد؛ این درحالیست که به دلیل انرژی زیاد زنجیره‌های پلیمری، به‌خصوص در مرحله پخت که با افزایش دما همراه است بسیاری از آنها می‌توانند در داخل چوب که انرژی سطحی پایینی دارد نفوذ نمایند. در این میان قفل شدن مکانیکی بسیاری از زنجیره‌های پلیمری در خلل و فرج موجود در چوب نیز به راحتی اتفاق می‌افتد، به‌علاوه اینکه به دلیل وجود گروه‌های هیدروکسیلی بر روی چوب و واکنش این گروه عاملی با عامل اپوکسی، می‌توان انتظار بوجود آمدن فصل مشترک قوی در سطح تماس رزین و چوب را داشت و به همین دلیل خواص نمونه‌های چوب پلاستیک مطلوبتر از چوب می‌باشد.

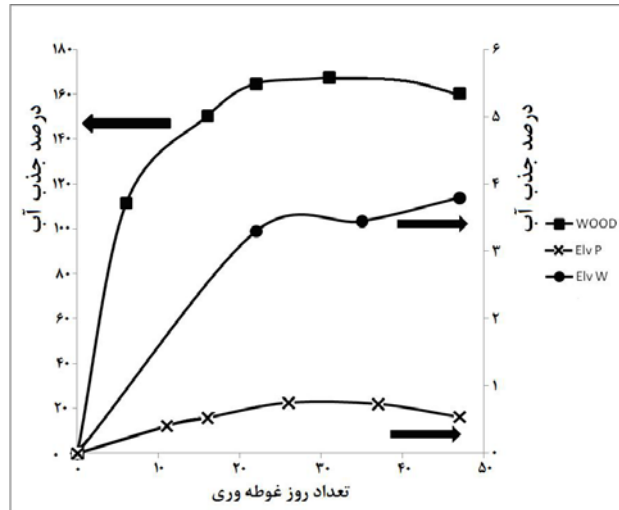
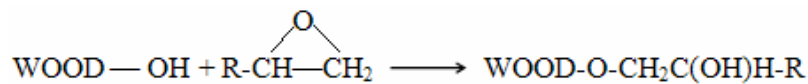
بدیهی است گروه‌های هیدروکسیلی زنجیره‌های سلولزی چوب با ساختار ترموپلاستیک چنین رفتاری را برای جذب آب چوب سبب می‌شوند، درحالی که شبکه سه بعدی رزین خالص (نمونه Elv P) اپوکسی ترموست از ورود مولکول‌های آب به داخل شبکه جلوگیری می‌نماید. بنابراین با توجه به جذب آب بسیار بالاتر چوب نسبت به رزین اپوکسی خالص، جذب آب بیشتر نمونه Elv W به نسبت رزین خالص کاملاً طبیعی به نظر می‌رسد.

در نمونه Elv W باز هم تأثیر شبکه سه بعدی اپوکسی به‌عنوان سدی در برابر نفوذ مولکول‌های آب به روشنی دیده می‌شود. میزان ۴٪ جذب آب در مورد این نمونه در قیاس با مقدار ۱۷۰٪ جذب آب توسط چوب بیانگر تولید کامپوزیتی با مقاومت رطوبتی بسیار بالاست. بنابراین افزایش کمی در میزان جذب آب نمونه Elv W نسبت به نمونه Elv P را می‌توان به وجود ۵۵٪ پُرکننده جاذب آب (پودر چوب) در داخل این کامپوزیت مرتبط دانست. همچنین این مطلب حکایت از برقراری پیوندهای فیزیکی - شیمیایی بسیار قوی بین پودر چوب و ماتریس اپوکسی دارد. به‌علاوه اینکه جذب آب بسیار کم نمونه Elv W بر این واقعیت صحه می‌گذارد که هیچ‌گونه نقاط ضعف، حباب و یا عدم چسبندگی و سازگاری بین پُرکننده چوب و ماتریس آلی اپوکسی وجود ندارد. بدین ترتیب این مهم با بررسی‌های بصری نیز تأیید گردید.

## بحث

در مجموع می‌توان این‌گونه بیان کرد که افزایش مدول و استحکام کششی در نمونه Elv W و نیز میزان بسیار کم جذب آب در این کامپوزیت را می‌توان به تر شدن کامل

- 1- Mechanical interlocking
- 2- Electronic or electrostatic theory
- 3- Adsorption (thermodynamic) or wetting theory
- 4- Diffusion theory
- 5- Chemical (covalent) bonding theory
- 6- Theory of weak boundary layers and interphases



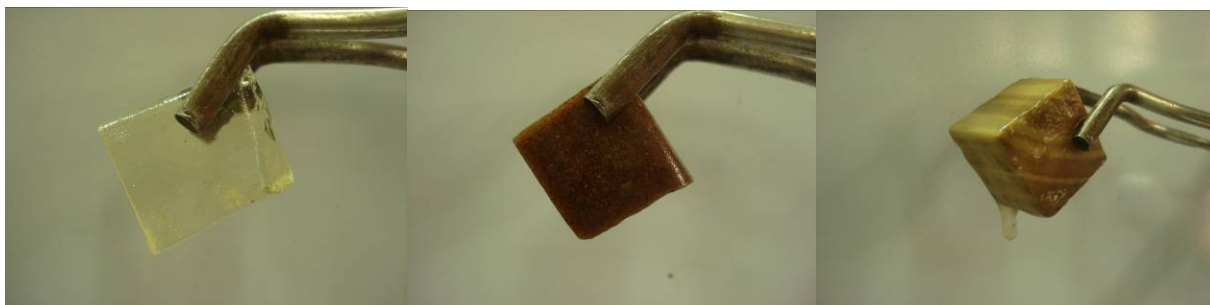
نمودار ۲- میزان جذب آب نمونه‌های Elv P، Elv W و Wood پس از ۴۷ روز قرارگیری در آب مقطر

که نمونه‌های نام برده در آن غوطه‌ور بوده‌اند نشان داده شده است.

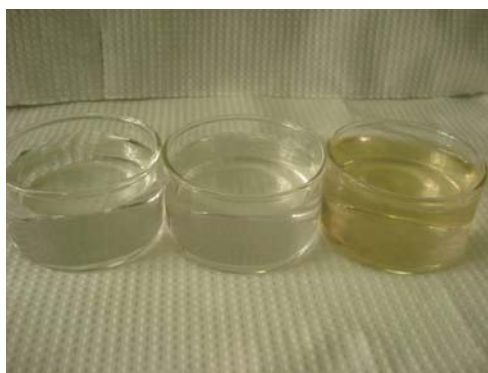
همان طور که در شکل (۱) بوضوح می‌توان دید میزان وارفتگی و تخریب نمونه چوبی بسیار شدیدتر از نمونه‌های Elv P و Elv W می‌باشد؛ بهمین دلیل آبی که نمونه چوبی در آن غوطه‌ور بوده به شدت تیره و رنگی گردیده است، این در حالیست که نمونه آب تهیه شده از ظرف حاوی نمونه‌های کامپوزیتی شفاف به نظر می‌رسد.

همان طور که ملاحظه گردید خواص فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت‌های چوب پلاستیک به نحو چشمگیری مطلوب‌تر از خود چوب است، به عبارت دیگر امتیاز استفاده از کامپوزیت‌ها تخریب‌پذیری کمتر آنها نسبت به قطعات چوبی می‌باشد. در شکل (۱) الف، شمایی از نمونه چوبی و همچنین نمونه‌های Elv W و Elv P که برای مدت‌های برابر، در شرایطی کاملاً یکسان در آب مقطر انداخته شده‌اند و در شکل (۱) ب، نیز آبی

(الف)



(ب)

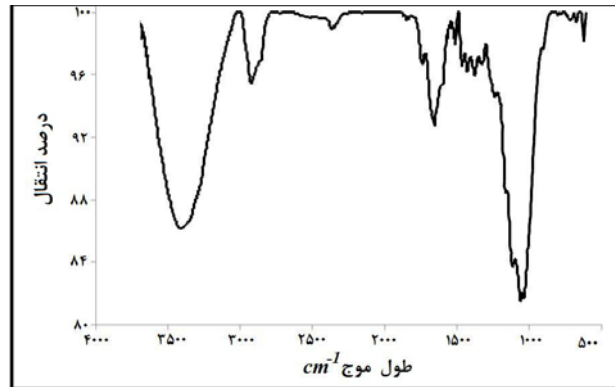


شکل ۱- الف- شمایی از میزان تخریب نمونه چوبی (راست)، نمونه Elv W (وسط) و Elv P (چپ) پس از مدت‌های برابر قرارگیری در آب مقطر؛ ب- شمایی از آبی که نمونه چوبی (راست)، Elv W (وسط) و Elv P (چپ) برای مدت‌های یکسان در آن غوطه‌ور بوده است.

مواد به نسبت آب ورودی به نمونه‌ها ناچیز می‌باشد، و به همین دلیل نمودار سیری کاملاً صعودی به خود می‌گیرد، این درحالیست که با گذشت زمان آب ورودی به نمونه‌ها کم‌کم به میزان اشباع می‌رسد ولی میزان تخریب نمونه‌ها بیشتر و حجم این مواد زیادتر می‌گردد تا اینکه بالاخره مقدار این دو با هم برابر می‌شود و به همین دلیل نمودار به سرحد ثبات می‌رسد. با این حال با گذشت بیشتر زمان حجم انتقال این مواد بیشتر از میزان آب ورودی به نمونه‌ها می‌گردد و به همین دلیل نمودار سیر نزولی در پیش می‌گیرد. Gu (۲۰۰۸) این پدیده را در کامپوزیت‌های الیاف شیشه و رزین پلی‌استر به اثبات رسانیده است.

با کمی دقت در نمودارهای جذب آب می‌توان مشاهده کرد که در ابتدا جذب آب نمونه‌ها روند صعودی دارد، ولی پس از مدتی به یک مقدار ثابت می‌رسد. این روند در مورد نمونه چوب صنوبر در نهایت سیر نزولی را طی می‌نماید. علت این پدیده قابلیت کمتر آب در نمونه‌ها در زمان‌های اولیه می‌باشد که سبب نفوذ شدید آب به داخل آنها می‌گردد ولی پس از مدتی نمونه‌ها از آب اشباع شده و به همین دلیل نمودار در یک مقدار مشخص ثابت می‌گردد تا اینکه بالاخره در نمونه چوب نمودار سیر نزولی به خود می‌گیرد. علت این پدیده استخراج ترکیباتی متفاوت از نمونه‌ها به داخل آب در کنار ورود آب به نمونه‌ها می‌باشد. به طوری که در زمان‌های اولیه مقدار این

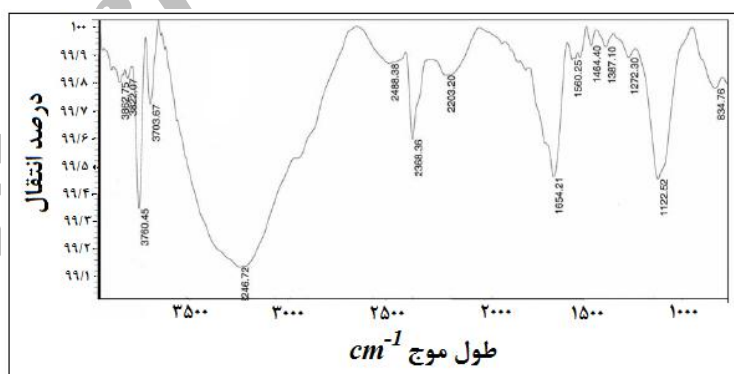
به هر حال برای بررسی بیشتر این پدیده، از آب داخل ظرف محتوی هریک از نمونه‌های آزمایش نمونه‌برداری و طیف FT-IR تهیه شد. پیک‌های بدست آمده از FT-IR آبی که نمونه چوب در آن غوطه‌ور بوده در نمودار ۳ نشان داده شده است.



نمودار ۳- طیف انتقال FT-IR بدست آمده از آنالیز آبی که نمونه چوب در آن غوطه‌ور بوده

پلی ساکاریدی (سولفات کندروئیتین) موجود است، که استخراج این مواد به داخل آب نشان‌دهنده مقاومت بسیار پایین نمونه چوبی در برابر آب می‌باشد. نمودار بدست آمده از FT-IR آبی که نمونه Elv P در آن قرار داشت در نمودار ۴ نشان داده شده است.

بررسی پیک‌های بدست آمده در نمودار ۳ بوسیله نرم افزار FT-IR Analyzer نشان داد که در آب مربوطه مقادیری قابل توجه (زیرا شدت و حجم پیک‌ها بسیار بالا می‌باشد) از ترکیب‌های سلولزی، منوساکاریدی (دکستروز)، دی ساکاریدی (مالتوز، لاکتوز، گلوکز) و



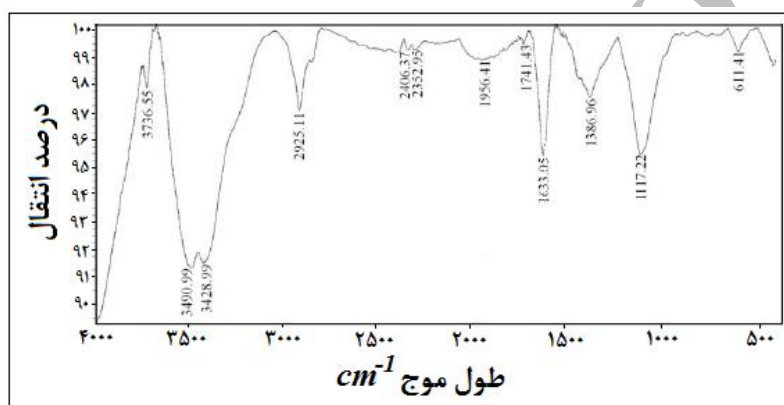
نمودار ۴- طیف‌های انتقال FT-IR بدست آمده از آنالیز آبی که نمونه Elv P در آن غوطه‌ور بوده



گروه‌های آمینی می‌باشند، وجود دارد (پیک‌های موجود در محدوده  $1560-1640 \text{ cm}^{-1}$ ) ارتعاش خمشی گروه N-H و پیک در محدوده  $800 \text{ cm}^{-1}$  نیز جذب خمشی خارج از صفحه‌ای گروه فوق را نشان می‌دهد).

پیک‌های بدست آمده از FT-IR آبی که نمونه Elv W در آن غوطه‌ور بوده نیز در نمودار ۵ نشان داده شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌گردد پیک در طول موج  $1122 \text{ cm}^{-1}$  وجود دارد که این پیک نشان‌دهنده وجود عامل اتری در آب می‌باشد که این عامل از گروه‌های اپوکسی موجود در رزین به داخل آب وارد شده است، به‌علاوه اینکه نمودارها نشان می‌دهد که مقدار کمی از سخت‌کننده نیز به داخل آب آمده است و به‌همین دلیل است که در نمودار تعدادی پیک که نشان‌دهنده وجود



نمودار ۵- طیف‌های انتقال FT-IR بدست آمده از آنالیز آبی که

نمونه Elv W در آن غوطه‌ور بوده

اصلی موجود در چوب می‌باشد، این پدیده کاملاً طبیعی به نظر می‌رسد.

بنابراین با دقت در نمودارها می‌توان فهمید که در نمونه‌های Elv W و Elv P شدت پیک‌ها به نحو چشمگیری کمتر از شدت پیک‌ها در نمونه چوبی است که این نشان‌دهنده حجم بسیار بیشتر مواد منتقل شده از چوب به داخل آب به نسبت نمونه‌های کامپوزیتی است. همچنین شدت پیک‌های نمونه Elv W نیز تا حدودی بیشتر از نمونه Elv P می‌باشد، که دلیل این امر نیز تخریب بیشتر نمونه Elv W به نسبت نمونه Elv P بدلیل وجود پودر چوب در داخل این کامپوزیت است.

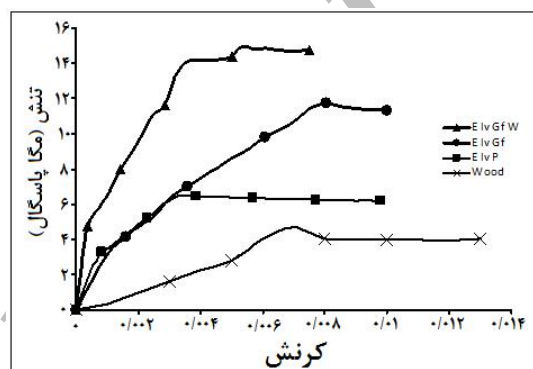
همان‌طور که در نمودار ۵ می‌توان دید همه عواملی که در نمودار ۴ وجود دارند در اینجا نیز موجود می‌باشند، با این اختلاف که در اینجا پیک نشان‌دهنده گروه اتری (در حدود  $1122 \text{ cm}^{-1}$ ) و همچنین پیک نشان‌دهنده گروه OH [ $3500-3000 \text{ cm}^{-1}$ ] و شدت آنها به میزان قابل توجهی اضافه شده است که این بدلیل استخراج قابل توجه عوامل اتری و هیدروکسیلی از ترکیبات ساکاروزی چوب بداخل آب می‌باشد. همچنین در آبی که نمونه Elv W در آن غوطه‌ور بوده پیک در  $2025 \text{ cm}^{-1}$  وجود دارد که این پیک نشان‌دهنده وجود گروه‌های آلدهیدی در این آب می‌باشد، که در این میان با توجه به اینکه عامل آلدهیدی از عوامل

عدم برهم‌کنش مناسب بین رزین‌های پلیمری با ساختار آلی و الیاف با ساختار اغلب معدنی است (Gu, ۱۹۹۷). بنابراین برای بهبود این برهم‌کنش عملیات سطحی بسیاری بر روی الیاف صورت می‌گیرد که در قبل بدان اشاره گردید.

در ادامه، برای بررسی بیشتر نقش بکارگیری پودر چوب در ارتقای خواص کامپوزیت‌های پلیمری، کاربرد همزمان پودر چوب در کنار تقویت‌کننده‌های لیفی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌های کشش بدست‌آمده برای نمونه‌های تقویت شده توسط الیاف شیشه و همچنین الیاف شیشه و پودر چوب در نمودار ۶ نشان داده شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌گردد، در این مورد نیز گرفتن FT-IR از آبی که نمونه‌ها در آن غوطه‌ور بودند نیز صحت تمامی نتایج بدست‌آمده در آزمایش‌های قبل را تأیید می‌نماید.

به طور کلی حتی با وجود رشد چشمگیر بکارگیری تقویت‌کننده‌های پودری مانند پودر چوب در رزین‌های ترموست، با این حال نیز در بیشتر مواقع از انواع الیاف به‌عنوان تقویت‌کننده رزین‌ها استفاده می‌گردد که در این میان الیاف شیشه بدلیل خواص خوب و همچنین قیمت مناسب بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. این درحالیست که مشکلات بسیاری در استفاده از الیاف به‌عنوان تقویت‌کننده رزین‌ها وجود دارد که مهمترین آنها،



نمودار ۶- نمودار تنش و کرنش بدست‌آمده در اثر کشش نمونه‌های

Wood و Elv Gf W, Elv Gf, Elv P

تقویت، سبب ایجاد نقاط ضعف و در نتیجه افزایش تمرکز تنش و در نهایت آفت خواص مکانیکی گردیده است. در این شرایط بکارگیری پودر چوب در کنار الیاف تا حدودی خواص نمونه را بهبود بخشیده است و علت آن نیز وجود برهم‌کنش مناسب بین رزین و پودر چوب است که سبب ساخت نمونه‌ای یکپارچه‌تر همچنین با فشردگی<sup>۱</sup>

همان‌طور که از نمودار ۶ برمی‌آید بکارگیری الیاف شیشه به‌تنهایی در ماتریس اپوکسی به‌هیچ‌وجه نتوانسته است خواص مورد انتظار را برآورده سازد (زیرا با توجه به اینکه مدول الیاف شیشه در حدود 80 GPa می‌باشد، انتظار می‌رود کامپوزیت‌های ساخته شده با الیاف شیشه دارای خواص مکانیکی بسیار بالاتر از مقادیر به‌دست‌آمده باشند)، علت آن نیز عدم وجود برهم‌کنش مناسب بین الیاف و رزین می‌باشد. به‌طوری‌که بکارگیری الیاف به جای

1- Packing

- Clark, J.R.L., Kander, R.G. and Sauer, B.B., 1999. Nylon 66/poly (vinyl pyrrolidone) reinforced composites: 1. Interphase microstructure and evaluation of fiber-matrix adhesion. *International Journal of Composites: Part A*, 30: 27-36.
- Dunky, M., 1998. Urea-formaldehyde (UF) adhesive resins for wood. *International journal of Adhesion & Adhesive*, 18: 95-107.
- Gindl, W., Schoberl, T. and Jeronimidis, G., 2004. The interphase in phenol-formaldehyde and polymeric methylene di-phenyl-di-isocyanate glue lines in wood. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 24: 279-286.
- Gu, H. and Hongxia, S., 2008. Delamination behavior of glass/polyester composites after water absorption. *International Journal of Materials and Design*, 29: 262-264.
- Gu, W., 1997. Interfacial Adhesion Evaluation of Uniaxial Fiber-Reinforced-Polymer Composites by Vibration Damping of Cantilever Beam. Blacksburg, Virginia.
- Hodzic, A., Kim, J.K., Lowe, A.E. and Stachurski, Z.H., 2004. The effects of water aging on the interphase region and interlaminar fracture toughness in polymer-glass composites. *International Journal of Composites Science and Technology*, 64: 2185-2195.
- Lawrence, E., Nielsen, R. and Landel, F., 1994. *Mechanical Properties of Polymers and Composites*. Marcel Dekker, INC.
- Marieta, C., Schulz, E., Irusta, L., Gabilondo, N., Tercjak, A. and Mondragon, I., 2005. Evaluation of fiber surface treatment and toughening of thermoset matrix on the interfacial behavior of carbon fiber-reinforced cyanate matrix composites. *International Journal of Composites Science Technology*, 65(14): 2189-2197.
- Marieta, C., Schulz, E. and Mondragon, I., 2002. Characterization of interfacial behavior in carbon-fiber/cyanate composites. *International Journal of Composites Science Technology*, 62(2): 299-309.
- Selke, S.E. and Wichman, I., 2004. Wood fiber/polyolefin composites. *International Journal of Composites: Part A*, 35: 321-326.
- Tomita, B. and Hse, C.Y., 1998. Phenol-urea-formaldehyde (PUF) co-condensed wood adhesives. *International journal of Adhesion & Adhesives*, 18: 69-79.
- Thomason, J.L., 1995. The interface region in glass fiber reinforced epoxy resin composites: 2. water absorption, voids and the interface. *International Journal of Composites*, 26(7): 477-485.
- Visco, A.M., Calabrese, L. and Cianciafara, P., 2008. Modification of polyester resin based composites induced by seawater absorption. *International Journal of Composites: Part A*, 39: 805-814.

بیشتر گردیده است، و به همین دلایل استفاده از پودر چوب اثرهای نامطلوب بکارگیری الیاف شیشه را تا حدودی کم کرده است.

در این پژوهش نشان داده شد که کامپوزیت‌های چوب پلاستیک که با رزین اپوکسی تولید گردیده‌اند به نسبت نمونه‌های چوبی خواص مطلوبتری دارند، به‌علاوه اینکه کامپوزیت‌ها بعلاوه مقاومت رطوبتی بسیار بالا بسیار پایدارتر از چوب هستند، به‌همین دلیل جایگزینی بسیاری از قطعات چوبی با کامپوزیت‌های چوب پلاستیک بر پایه رزین اپوکسی بسیار کارآمد می‌باشد.

همچنین نشان داده شد که اضافه کردن مقادیری مناسب پودر چوب به کامپوزیت‌های لیفی، خواص فیزیکی و مکانیکی آنها را به نحو چشمگیری بهبود می‌بخشد، بنابراین با توجه به قیمت بسیار پایین پودر چوب، با بکارگیری آن در کنار الیاف می‌توان کامپوزیت‌هایی ارزاتر و با خواصی بهتر تولید نمود.

### منابع مورد استفاده

- میرشکرای، ا.، ۱۳۷۳. شیمی و تکنولوژی چسب چوب (ترجمه). انتشارات مرکز نشر دانشگاهی.
- Bodig, O. and Jayne, B.A., 1982. *Mechanics of Wood and Wood Composites*. Van Nostrand Reinhold Company.
- Brewis, D.M., Comyn, J. and Phanopoulos, C., 1987. Effect of water on some wood adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesive*, 7(1): 43-48.
- Broyles, N.S., Verghese, K.N.E., Davis, S.V., Li, H., Davis, R.M., Lesko, J.J. and Riffle, J.S., 1998. Fatigue performance of carbon fiber/vinyl ester composites: the effect of two dissimilar polymeric sizing agents. *International Journal of Polymer*, 39(15): 3417-3424.
- Chen, W., Yu, Y., Li, P., Wang, C., Zhou, T. and Yang, X., 2007. Effect of new epoxy matrix for T800 carbon fiber/epoxy filament wound composites. *International Journal of Composites Science and Technology*, 67: 2261-2270.

## Features of wood-plastic composites with the base of thermo set epoxy

Mousavi, S.Y.<sup>1</sup>, Jalili, M. M.<sup>2\*</sup> and Pirayeshfar, A. S.<sup>3</sup>

1- BSc in Polymer Engineering, Young Researchers Club, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2\*- Corresponding author, Ph.D. in polymer engineering, Assistant Professor, Department of Polymer Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: m.jalili@srbiau.ac.ir

3- BSc in Polymer Engineering, Young Researchers Club, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: Nov., 2010

Accepted: Jan., 2011

### Abstract

The main objective of this study was to examine, the use of thermo set epoxy resin and wood powder for making wood polymer composites. Results showed that mechanical properties of wood polymer composites that are manufactured were better than wood specimen. Also the water uptake of samples was measured and the results showed the water absorption of wood polymer composite is too much less than wood sample. Images and infrared spectroscopy analysis support this fact that wood polymer composites are more stable than wood. Then the effects of adding wood powder to fiberglass composites were examined. The Results have clearly shown that adding appropriate amount of wood powder to fiber composites will considerably improve their physical and mechanical properties.

**Key words:** wood powder, glass fiber, epoxy resin, tensile properties, water absorption extent, destruction extent.

Archive of SID