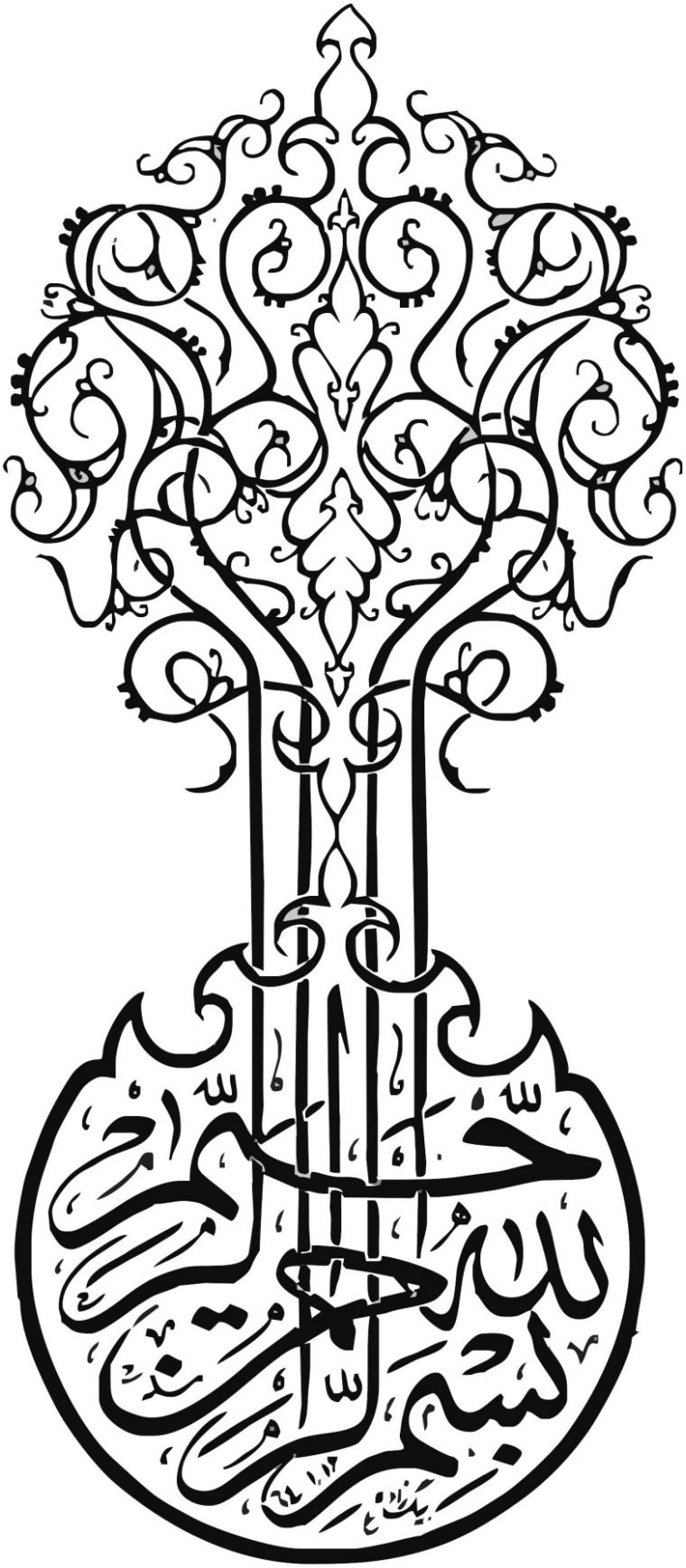

بسم الله الرحمن الرحيم

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

پژوهشکده علوم

اصلاح ایزوسیاناتی الیاف چوب به منظور کاربرد در کامپوزیت های چوب-پلاستیک

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

رشته مهندسی پلیمر-گرایش علوم و تکنولوژی پلیمر

فرشته ارجمند

اساتید راهنما

دکتر محمد برمر

دکتر مهدی باریکانی

شهریور ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی مرتبط بر نتایج مطالعات

ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع

این پایان نامه (رساله) متعلق به پژوهشگاه

پلیمر و پتروشیمی ایران می باشد

نهال را باران باید
تا بشوید غبار نشسته بر برگهایش
و سیرابش کند از آبِ حیات
و آفتاب باید تا بتاباند
نیرو را و محکم کند
شاخه های تازه روییده را

به نام مادر
بوسه ای باید زد، دست هایی را
که می شویند غبار خستگیِ روزگار را
و سیراب می کنند روح تشنه را

به نام پدر
بوسه ای باید زد، دست هایی را
که می تابانند نیرو را
و محکم می کنند استواری پایه های زیستن را ....

تقدیم به پدر و مادر نازنینم به پاس تمامی زحمات بی دریغشان

تقدیم به برادرعزیزم به زلالی چشمه

تقدیم به فرشته عزیزم به صمیمیت باران

فهرست عناوین

صفحه

عنوان

چکیده ۱

فصل اول: مقدمه

۱-۱- کامپوزیت ها ۳

۱-۲- هدف ۴

۱-۳- محتوای فصول بعدی ۴

فصل دوم: مروری بر مطالعات انجام شده

۲-۱- معرفی کامپوزیت چوب-پلایستیک ۵

۲-۱-۱- تاریخچه استفاده از کامپوزیت چوب-پلاستیک ۶

۲-۱-۲-مزایای کامپوزیت چوب-پلاستیک ۷

۲-۱-۳-کاربرد کامپوزیت چوب-پلاستیک ۸

۲-۱-۴-خواص کامپوزیت چوب-پلاستیک ۱۰

۲-۲-فاز پیوسته (ماتریس/زمینه) ۱۴

۲-۳-الیاف ۱۴

۲-۳-۱-ترکیب شیمیایی الیاف طبیعی ۱۵

۲-۳-۲-اندازه ذرات چوب ۱۷

۲-۳-۳-اشکال کاربردی چوب در ترموپلاستیک ها ۱۷

۲-۳-۳- معایب الیاف طبیعی ۱۹

۲-۴-نقش سطح مشترک در کامپوزیت ها ۲۰

۲-۴-۱-سطح مشترک در کامپوزیت های چوب-پلاستیک ۲۱

۲-۴-۲-مزیت افزایش سازگاری چوب و پلاستیک ۲۲

۲-۵-روش های مورد استفاده برای اصلاح الیاف طبیعی ۲۲

۲-۵-۱-روش های فیزیکی اصلاح الیاف ۲۲

۲-۵-۲-روش های شیمیایی اصلاح الیاف ۲۴

فصل سوم: بخش تجربی

۳-۱-مواد مورد استفاده ۳۶

۳-۱-۱-پلی اتیلن ۳۵

۳-۱-۲-الیاف سلولزی ۳۷

۳-۱-۳ -تولوئن دی ایزوسیانات ۳۷

۳-۱-۴-دی بوتیل تین دی لورات ۳۹

۳-۱-۵-تولوئن ۴۰

۳-۱-۶-ستیل الکل ۴۰

۳-۱-۷-گاز نیتروژن ۴۰

۳-۲-تجهیزات مورد استفاده ۴۱
۳-۳-روش انجام کار ۴۲
۳-۳-۱-اصلاح سطح الیاف ۴۲
۳-۳-۲-اختلاط الیاف اصلاح شده و الیاف اصلاح نشده ۴۴
۳-۳-۳-تهیه کامپوزیت چوب-پلاستیک ۴۴
۳-۴-آزمون مشخصه یابی آماده سازی سطح الیاف ۴۷
۳-۴-۱-طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) ۴۷
۳-۵-آماده سازی نمونه ها جهت تعیین خواص ۴۷
۳-۵-۱-آماده سازی نمونه های آزمون کشش ۴۷
۳-۵-۲-آماده سازی نونه های آزمون ضربه و خمش ۴۸
۳-۶-آزمون تعیین خواص نمونه های کامپوزیتی ۴۸
۳-۶-۱-آزمون کشش ۴۸
۳-۶-۲-آزمون خمش ۴۹
۳-۶-۳-آزمون ضربه ۴۹
۳-۶-۴-آزمون جذب آب ۴۹
۳-۶-۵-بررسی مورفولوژی کامپوزیت ها ۵۰

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱-اصلاح سطح چوب ۵۱
۴-۱-۱-پیش اصلاح سازی الیاف چوب ۵۱
۴-۱-۲-اصلاح الیاف چوب با (TDI) ۵۲
۴-۱-۳-واکنش الیاف ایزوسیاناته با ستیل الکل ۵۳
۴-۲-کامپوزیت های پلی اتیلن تقویت شده با الیاف اصلاح نشده و الیاف اصلاح شده با درصدهای مختلف ۵۴
٤-۲-۱- نتایج آزمون گشتاور سنجی ۵۴
۴-۲-۲-خواص فیزیکی و مکانیکی ۵۷
۴-۳-۲-بررسی مورفولوژی کامپوزیت ها ۷۷

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱-نتیجه گیری ۸۳
۵-۱-۱-اصلاح سطح الیاف طبیعی ۸۳
۵-۱-۲-کامپوزیت های تقویت شده با الیاف طبیعی ۸۴
۵-۲- پیشنهادات جهت ادامه تحقیق ۸۵

فصل ششم: منابع و مراجع

منابع و مراجع ۸۶

چکیده

الیاف طبیعی به دلیل اینکه دارای منابع تجدید شونده، قیمت پایین، دانسیته کم و خواص ویژه بالا هستند، از مزیت بالایی جهت استفاده در کامپوزیت ها برخوردار می باشند. اما جذب رطوبت نسبتاً زیاد و آتش گیر بودن آن ها، در مقایسه با الیاف کربن و شیشه، کاربرد آن ها را محدود نموده است. علاوه بر آن، اغلب پلیمر ها به خصوص ترموپلاستیک ها، موادی غیر قطبی بوده و با الیاف قطبی چوب ناسازگار می باشند، که این پدیده منجر به چسبندگی ضعیف میان الیاف و پلیمر می گردد. هدف از انجام این پروژه، افزایش چسبندگی میان الیاف و ماتریس، از طریق اصلاح شیمیایی سطح الیاف چوب می باشد که این پدیده در نهایت منجر به افزایش سازگاری الیاف با ماتریس پلیمری می گردد. بر این اساس، از تولوئن دی ایزو سیانات(TDI) به منظور واکنش با الیاف چوب، استفاده گردید. بدین ترتیب، سطح الیاف چوب فعال شده و می تواند جهت تشکیل یک ساختار پوسته-هسته مانند، با ستیل الکل وارد واکنش گردد. جهت مشخصه یابی واکنش نیز از آزمون طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) استفاده شد. به منظور بررسی اثر اصلاح الیاف بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت حاصل، این بخش از پروژه به دو قسمت تقسیم شد: در قسمت اول، کامپوزیت هایی بر پایه پلی اتیلن با دانسیته بالا (EA ۵۲۱۸) تقویت شده با الیاف اصلاح نشده، تهیه گردید تا با وارد آمدن عامل اتصال دهنده ایزوسیاناتی در قسمت دوم، اثر بهبود فصل مشترک در خواص فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت های تقویت شده با الیاف اصلاح شده، مورد بررسی قرار گیرد خواص مکانیکی شامل (کشش، خمش و ضربه) و همچنین خاصیت فیزیکی کامپوزیت های تهیه شده (جذب آب) نیز اندازه گیری شد و اثر اتصال دهنده ایزوسیاناتی در آن ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اصلاح الیاف چوب توسط TDI، خواص فیزیکی و مکانیکی کامپوزیت های تقویت شده با الیاف را بهبود داده است. به طوری که استحکام کششی کامپوزیت حدود۵۳ ٪ و استحکام خمشی حدود۳۶ ٪ نسبت به نمونه حاوی الیاف اصلاح نشده، افزایش یافته است. بهبود فصل مشترک کامپوزیت های فوق، به وسیله تصاویر SEM دنبال شد.

فصل اول : مقدمه

سابقه استفاده از چوب به عنوان مواد پرکننده[1] در پلیمرها، به حدود ۱۰۰ سال گذشته مربوط می گردد. امروزه بعد از گذشت این دوره، آماده سازی ترکیب چوب و پلاستیک به طور خاصی، مورد توجه قرار گرفته است[۱].

با قطع یک درخت وتبدیل آن به الوار، تیر و یا کنده برای کاربرد در ساخت محصولات و سازه های چوبی، تنها حدود ۵۰٪ از این درخت قابل استفاده مفید بوده و مابقی آن به صورت ضایعات به هدر خواهد رفت. این موضوع در حالی است که از ترکیب این ضایعات با مواد پلاستیکی، می توان کامپوزیتی تولید نمود که در فضای باز (بدون هیچ گونه محافظت و نگهداری خاص) ، عمر مفیدی بیش از ۲۰ سال داشته و با توجه به قابل بازیافت بودن این کامپوزیت، آسیبی نیز به محیط زیست وارد نمی شود[۱]. با وجود رشد چشم گیر کاربرد این کامپوزیت در اروپا، بیش از ۸۵ ٪ مصرف کامپوزیت چوب-پلاستیک، مربوط به آمریکای شمالی بوده و اروپا نیز به عنوان دومین بازار بزرگ برای آن مطرح می باشد[۲]. به این ترتیب هنوز فاصله زیادی از نظر مصرف، بین این دو وجود دارد.

در حدود ۹۰٪ کامپوزیت چوب-پلاستیک از ترکیب پودر و الیاف چوب با مواد پلیمری تولید شده و الیاف طبیعی از قبیل کنف[2] و یا کتان[3]، تنها ۱۰٪ را به خود اختصاص می دهند[۳]. در اروپا بیشتر از الیاف طبیعی

[1] Filler
[2] Jute
[3] Flax

استفاده می شود در حالی که در آمریکا با توجه به منابع عظیم چوب قابل دسترس، بیشتر الیاف چوبی مورد توجه هستند[۲].

کامپوزیت چوب-پلاستیک به عنوان یک مفهوم مدرن، در دهه ۷۰، در کشور ایتالیا تولدی دوباره یافت. در این دوره، این کامپوزیت ها با درصد چوب ۵۰، برای موارد خاصی مانند پانل درب، در صنعت اتومبیل و موارد مشابه دیگر مورد استفاده قرار می گرفت. سپس در دهه ۹۰ در آمریکای شمالی نیز به صورت گسترده وارد بازار شدند. با شروع قرن ۲۱ این صنعت به کشورهایی از قبیل هند، سنگاپور، مالزی، ژاپن و چین نیز راه یافت[۴]. با توجه به گسترش روز افزون عرضه و کاربرد این کامپوزیت در بازارهای جهانی، لزوم آشنایی و استفاده ازآن برای کاربردهای ممکن و همچنین شناخت و بررسی منابع تامین کننده مواد اولیه این کامپوزیت، خاصه چوب مورد نیاز برای تولید آن، بیش از پیش احساس می شود.

۱-۱-کامپوزیت ها

کامپوزیت ها موادی هستند که از دو یا چند فاز که دارای برهم کنش های فیزیکی و یا شیمیایی، در سطح مولکولی و یا اتمی با یکدیگر می باشند، تشکیل شده اند. این دسته از مواد حداقل در مقیاس میکروسکوپی می بایست ناهمگن (Heterogeneous) باشند. کامپوزیت ها به سه دسته عمومی طبقه بندی می شوند که عبارتند از[۵-۸]:

۱-کامپوزیت های ذره ای (Particulated-filled composites)
۲-کامپوزیت های لیفی (fiber- filled composites)
۳-کامپوزیت های ساختاری (Skeletal or interpenetrating network composites)

دسته اول شامل یک فاز پیوسته و یک فاز پراکنده از ذرات ریز می باشد، دسته دوم نیز چنین است با این تفاوت که در آن به جای ذرات از الیاف کوتاه و یا بلند استفاده شده است و دسته سوم نیز بصورت مواد درهم نفوذ کرده می باشد.

هدف اصلی از تهیه کامپوزیت ها، بهبود عملکرد از طریق تقویت فاز پیوسته توسط فاز پراکنده و نیز کاهش قیمت نهایی محصول است. در واقع از هر جزء در کامپوزیت ها، برای ایجاد خواص مطلوبی که در هیچ یک از مواد به کار رفته در ترکیب، به تنهایی وجود ندارد، استفاده می شود. کیفیت تقویت فاز در کامپوزیت های پلیمری پر شده، به عوامل مختلفی چون ویژگی های پلیمر(از جمله روش تهیه، وزن مولکولی و توزیع آن) حالت فاز پلیمری (لاستیکی،کریستالین و ...)، وجود اتصالات عرضی و نیز خواص پرکننده (همچون نوع و ساختار شیمیایی پر کننده، شکل و اندازه ذرات ، توزیع اندازه، درجه ناخالصی، مقدار خلل و فرج سطح، جهت گیری و آرایش یافتگی مولکولی)، سازگاری بین دو فاز و در نهایت، نوع و شرایط تهیه و همچنین فرآیند کامپوزیت بستگی دارد[۵].

در این تحقیق بر روی کامپوزیت های دسته دوم، یعنی موادی که با الیاف کوتاه پر شده اند، کار می شود. ماتریس یا فاز پیوسته آن پلی اتیلن و نیز فاز پراکنده الیاف چوب می باشد.

از نظر میزان مصرف، تقویت کننده ها یا پر کننده های معدنی از جمله الیاف شیشه[1] ، تالک[2] ، میکا[3] و کربنات کلسیم[4]، بیشترین بخش را به خود اختصاص می دهند. به نحوی که مصرف این مواد در آمریکای شمالی تا سال ۲۰۰۱ در حدود ۵/۵ میلیارد پوند بوده است[۶-۷].

افزایش جمعیت و بالا رفتن میزان مصرف مواد مصنوعی، محیط زیست را با مشکلات جدی روبرو کرده و این مسئله منجر به افزایش استفاده از مواد تجدید پذیری همچون تقویت کننده های طبیعی شده است. الیاف چوب ، الیاف کنف و سبوس برنج، در مقایسه با انواع مصنوعی مانند کربن و شیشه، از مزایایی چون فراوانی منابع، وزن کمتر، هزینه پایین تر ، زیست تخریب پذیری و خواص ویژه بالا برخوردارند. همچنین غیر ساینده بودن مواد طبیعی ، آسیب کمتری به تجهیزات فرآیندی وارد می کند[۶, ۸]با قرار گرفتن پلیمر در کنار الیاف طبیعی، مقاومت در برابر رطوبت و تخریب زیست محیطی این ذرات نیز افزایش می یابد[۹].

۱-۲-هدف

هدف از انجام این تحقیق، اصلاح ایزوسیاناتی سطح الیاف چوب به منظور آب گریز کردن آن ها و در نهایت، کاربرد شان در کامپوزیت های چوپ-پلی اتیلن می باشد. بدین منظور برخی از خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه کامپوزیت های حاصل نیز ارزیابی شد. از دیگر اهداف این پروژه استفاده از ضایعات چوبی غیر قابل اجتناب، در کارخانه ساخت ام دی اف (MDF)، به منظور مواد اولیه مورد استفاده در تولید کامپوزیت چوب-پلاستیک می باشدکه با توجه به بالا بودن میزان تولید چنین ضایعاتی در کار خانه، درصورت استفاده از چنین ماده اولیه ای در تولید کامپوزیت چوب-پلاستیک در مقیاس صنعتی، می توان هزینه تمام شده این کامپوزیت را نیز به میزان قابل توجهی کاهش داد.

۱-۳- محتوی فصول بعدی

این پایان نامه مشتمل بر پنج فصل می باشد. در فصل اول، مقدمه و برخی تعاریف آورده شده است.فصل دوم به مرور مطالعات انجام شده در زمینه تحقیق اختصاص یافته است. در فصل سوم، مواد و روش های انجام تحقیق معرفی شده است. در فصل چهارم نتایج بدست آمده در آزمون های صورت گرفته و تفسیر نتایج آورده شده است. نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات جهت ادامه کار نیز در فصل پنجم آورده شده است.

[1] Glass fiber
[2] Talk
[3] Mica
[4] Calcium Carbonate

فصل دوم : مروری بر مطالعات انجام شده

۲-۱-معرفی کامپوزیت چوب-پلاستیک

واژه WPC[1] به معنای ترکیب چوب و پلاستیک، گستره وسیعی از مواد کامپوزیتی را در بر می گیرد. این محدوده برای مواد پلاستیکی، از پلی اولفینها تا پی وی سی[2] و برای مواد پرکننده از پودر چوب تا الیاف کتان را شامل می شود. این کامپوزیت جدید، مفهوم کامپوزیت چوب را از معنای متداول آن که به موادی مانند نئوپان[3] و ام دی اف[4] اتلاق می شد به فضایی جدید و مهمتر از آن (ماده ای جدید با کارایی بالا) گسترش داده است[۱۰].

این موضوع بدان معناست که عبارت WPC امروزه فقط به کامپوزیت چوب و پلاستیک اتلاق نمی شود، بلکه ممکن است به جای چوب از مواد دیگری از قبیل شلتوک برنج، بامبو، کاه و ... نیز استفاده شود[۱].

---

[1] Composite Wood Plastic
[2] PVC (Polyvinyl chloride)
[3] Particle board
[4] MDF (Middle Density Fiberboard)

اولین نسل از کامپوزیت چوب-پلاستیک، ترکیبی از پودر چوب و مواد پلیمری بود که خواص بالایی از نظر فیزیکی و مکانیکی، دارا نبودند. در حال حاضر با افزودن مواد مختلف، از قبیل انواع مواد روان کننده[1] و عوامل اتصال دهنده[2]، خواص مکانیکی بسیار خوبی برای این کامپوزیت بدست آمده است[۱۰].

اکثرا انواع متداول محصولات تولید شده از این کامپوزیت، از مخلوط کردن پودر چوب و مواد پلیمری بدست می آیند. عملیات صورت گرفته بر روی این کامپوزیت برای تولید محصولات مختلف مانند دیگر عملیات های متداول برای مواد پلیمری می باشند[۱۰].

در بین ترموپلاستیک های مورد استفاده PE[3] (بازیافتی[4] و غیر بازیافتی[5]) به عنوان متداولترین پلیمر (در آمریکا) ۸۳٪، PVC ۹٪ و PP[6] ۷٪ از کل تولیدات را به خود اختصاص داده اند[۱۱].

۲-۱-۱-تاریخچه استفاده از کامپوزیت چوب-پلاستیک

در سال ۱۹۱۶ برای اولین بار ، کامپوزیت چوب-پلاستیک در کارخانه رولزرویس برای ساخت سر دسته دنده[7] مورد استفاده قرار گرفت. این موضوع حدود کمتر از یک دهه از به ثبت رسیدن اولین رزین کاملاً مصنوعی اتفاق افتاد[۴].
از سال ۱۹۵۰ ، در آمریکای شمالی استفاده از کامپوزیت های ساختاری و غیر ساختاری از چوب به جای چوب خالص افزایش یافت[۱۱].

در سال ۱۹۸۳ شرکت odstockWo American ، با استفاده از تکنولوژی اکستروژن ایتالیا، اقدام به تولید ورق هایی از کامپوزیت چوب-پلاستیک با پایه پلی پروپیلن و تقریباً ۵۰٪ چوب نمود[۶].

در اوایل دهه ۹۰، AERT و شاخه ای از شرکت Chemical Mobil (که بعدا تبدیل به Trex شد) ، شروع به تولید کامپوزیت چوب-پلاستیک با پایه پلی اتیلن (PE) و درصد چوب ۵۰ نمود. این کامپوزیت در تولید تخته کفپوش خارجی[8] ، میز پیکنیک و کفپوش صنعتی[9] مورد استفاده قرار گرفت. همچنین در همین زمان Strandex Corporation ، تکنولوژی اکستروژن کامپوزیت چوب-پلاستیک را با درصد بالای چوب و تولید پروفیل نهایی، بدون نیاز به عملیات تکمیلی را به ثبت رسانید[۶]. در این دهه، علاقه به توسعه کامپوزیت های چوبی شدت یافته و سبب شد تا گستره بالایی از مواد، مانند: گچ ، سیمان و پلاستیک ها ، به همراه چوب، مورد استفاده قرار گیرند[۱۱].

---
[1] Lubricant
[2] Coupling Agent
[3] Polyethylene
[4] Recycled PE
[5] Virgin PE
[6] Polypropylene
[7] Gear lever knob
[8] Deck board
[9] Industrial flooring

در سال ۱۹۹۳، اندرسون کورپوریشن[1]، تولید این کامپوزیت با پایه PVC را آغاز نمود[۶].

در سال ۱۹۹۶ ، بسیاری از شرکت های آمریکایی شروع به تولید این کامپوزیت به صورت گرانول برای استفاده در شرکت ها و کارخانه های دیگر نمودند . از این زمان به بعد ، فعالیت ها در زمینه چوب-پلاستیک به شدت رشد کرد[۶].

لازم به ذکر می باشد که اولین شرکت هایی که به صورت گسترده از این کامپوزیت ها استفاده کردند، تولیدکنندگان پنجره بوده اند؛ چرا که در گذشته تجربه کار با چوب-پلاستیک را به طور جداگانه دارا بودند[۶].

۲-۱-۲-مزایای کامپوزیت چوب-پلاستیک

با توجه به طیف وسیع مواد قابل استفاده برای تولید این کامپوزیت، می توان محصولات نهایی را نیز با تنوع بالایی از خصوصیات تولید نمود. لذا این کامپوزیت دارای تنوع بالایی از مزایا بوده که از مهمترین آن ها می توان به موارد ذیل اشاره نمود[۱۰] :

- محصولات تولیدی نیازی به عملیات تکمیلی ندارند.
- محصولات تولیدی، در برابر آب و تغییرات جوی به مراتب بهتر از چوب مقاومت می کنند.
- تغییرات ابعادی آن در اثر جذب رطوبت نسبت به چوب پایین تر است.
- در برابر رشد قارچ و حمله حشرات از چوب مقاوم تر می باشد.
- با افزایش درصد چوب، قابلیت عایق صوتی آن افزایش می یابد.
- کامپوزیت چوب-پلاستیک، مشتقی از پلاستیک بوده که آسیبی برای محیط زیست ندارد.
- این کامپوزیت گستره زیادی از لحاظ کاربردی داشته و می تواند جایگزین مناسبی برای چوب، در مواردی از قبیل: ساخت مبلمان، قاب های در و پنجره و ...باشد و یا می تواند جایگزین مناسبی نیز برای مواد پلاستیکی در زمینه هایی از قبیل: تولید قطعه های پیچیده با ظاهر چوب، روکش و غیره محسوب شود.
- در تولید آن می توان از مواد کم هزینه و ضایعاتی استفاده نمود.
- قیمت این کامپوزیت می تواند با محصولاتی از قبیل چوب، MDF و PVC رقابت کند[2].
- تولید آن در گستره وسیعی از کیفیت سطح و رنگ، قابل انجام است.
- بازیافت مجدد محصولات تولیدی از این کامپوزیت، پس از پایان عمر مفید آن ها، امکان پذیر می باشد.
- بازیافت آن ها به سادگی قابل انجام است.

[1] CorporationAnderson

[2] قیمت این کامپوزیت در حال حاضر به عنوان یک مزیت برای آن محسوب نمی شود. با این حال با درنظر گرفتن طول عمر بیشتر این کامپوزیت نسبت به چوب، می توان به آن به دید یک برتری نگاه کرد.

۲-۱-۳-کاربرد کامپوزیت های چوب-پلاستیک

از دیدگاه کلی می توان کاربرد این کامپوزیت ها را زمینه های زیر خلاصه کرد:

الف) کاربرد حمل و نقل

کامپوزیت‌های الیاف طبیعی مورد استفاده در اتومبیل، واگن های قطار و کشتی ها را می‌توان به دو دسته تقسیم‌بندی نمود:

*۱)*نخست آنهایی که صرفاً در ساخت قطعات تزئینی به کار می‌روند و نیاز به مقاومت چندان بالایی ندارند.
*۲)*دسته دیگر آنهایی که کاربرد نیمه باربر دارند و لازم است تا مقاومت مکانیکی نسبتاً بالایی از خود نشان دهند.

دسته اول بیشتر در ساخت قطعات داخل اتاق خودرو همچون رودری، طاقچه عقب و داشبورد کاربرد دارند. دسته دوم در ساخت پوشش سقف و صندوق عقب مورد استفاده قرار می‌گیرند و لازم است تا در برابر ضربه و بار اعمالی استحکام لازم را داشته باشند.

کامپوزیت‌های الیاف طبیعی مورد استفاده در قطعات خودروها، علاوه بر داشتن حداقل خواص مکانیکی، از رفتار شکست بسیار خوبی برخوردار هستند. این کامپوزیت‌ها به صورت غیرناگهانی و تدریجی شکسته و همچنین در حین تصادفات،کمتر لبه های تیز و برنده که سرنشین خودرو را زخمی کند تولید می کنند.

نمونه ای از قطعات داخلی اتومبیل ، ساخته شده با استفاده از کامپوزیت های چوب-پلاستیک در شکل۲-۱ نشان داده شده است.

شکل ۲-۱ : نمونه ای از کاربرد کامپوزیت چوب-پلاستیک در صنعت خودرو[۱۲]

ب) کاربردهای صنعتی

از موارد قابل استفاده در این قسمت می توان به ساخت پالت های چوب-پلاستیکی و کا ربرد در صنایع کشاورزی برای ساخت ابزارآلات و قطعه هایی که تا کنون از چوب ساخته می شدند، اشاره نمود.

ج) کاربرد های ساختمانی

کاربرد های ساختمانی مهمترین بازار مصرف این کامپوزیت ها محسوب می شود. از کاربرد های مختلف موجود در این بخش می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۱- عمده کاربرد کامپوزیت چوب-پلاستیک در این بخش تولید کفپوش خارجی می باشد. در سال ۲۰۰۴ در اروپا، ٪۳۸ از کل تولیدات کامپوزیت چوب-پلاستیک (به جز صنایع خودرو سازی)، در این زمینه مورد استفاده قرار گرفته است.
۲- کاربرد بزرگ دیگر این کامپوزیت، مصارف داخلی ساختمان می باشد مانند:کفپوش داخلی، قاب در، بدنه در و ...

از سایر کاربردهای این کامپوزیت در صنعت ساختمان می توان به موارد زیر اشاره نمود:

۳- روکوب[1]

۴- مبلمان وصندلی

۵- حصارکشی[2]

۶- تولید قطعه های مختلف تزریقی

۷- سایر موارد

[1] Siding
[2] Fencing

شکل۲-۲ : نمونه ای از کاربرد کامپوزیت چوب-پلاستیک در ساخت حصار و نرده[۲]

۲-۱-٤-خواص کامپوزیت چوب-پلاستیک

بعد از بحث در باره مزایا وکاربردهای کامپوزیت چوب-پلاستیک، در این بخش به بررسی خصوصیات و همچنین برخی ازخواص فیزیکی این کامپوزیت ها می پردازیم.

الف) مقاومت در برابر آتش

نتایج بدست آمده از تست های آتش، در درجه اول، بیانگر قابلیت اشتعال[1] یک ماده، پایداری و ادامه یافتن شعله در آن ماده بوده ودر درجه دوم گسترش آتش[2] در آن ماده را نشان می دهد. بیشتر تست های انجام شده ، در آمریکا بر اساس استاندارد ASTM اجرا شده اند. اما نتایج این تست ها قابل تبدیل به استانداردهای اروپایی و انگلیسی مشابه نمی باشد. نکته قابل توجه این است که این نتایج فقط به عنوان یک راهنما برای مقایسه این کامپوزیت با مواد مشابه، قابل استفاده هستند[۱۰].

به عنوان یک قانون کلی، حضور پلیمر در این کامپوزیت، مقاومت آن را در برابر آتش، تا حدی افزایش می دهد. البته باید خاطر نشان کردکه حضور مواد پلیمری از قبیلU-PVC که دارای قابلیت اشتعال و گسترش بالای آتش می باشند، در ساختار این کامپوزیت، سبب کاهش این مقاومت نسبت به سایر پلیمر های مقاومتر در برابر آتش، خواهد شد. لذا این موضوع کاملاً نسبی بوده و به نوع مواد مورد استفاده در ترکیب این کامپوزیت بستگی خواهد داشت[۱۰].

[1] Ignitability or Flammability
[2] Spread of flame

ب) سازگاری با محیط زیست

یکی از مزایای اصلی استفاده از کامپوزیت چوب-پلاستیک، سازگاری خوب آن با محیط زیست می باشد. هر روزه فشار بر روی صنایع مختلف برای تولید محصولات سازگار با محیط زیست و نیز باز یافت و کاهش ضایعات حاصل از تولید، افزایش می یابد[۱۰].

برای مصرف کنندگان مواد پلاستیکی، نیاز است تا وابستگی خود را به مواد پلیمری و تولیدات پتروشیمی (که هر روزه قیمتشان در حال افزایش می باشد)، کاهش دهند. همچنین برای مصرف کنندگان محصولات چوبی نیز با توجه به محدود بودن منابع و نیاز به کاهش و بازیافت ضایعات غیر قابل اجتناب تولید شده از مواد خام، لزوم بررسی بیشتر در این زمینه وجود دارد[۱۰].

با توجه به موضوعات فوق می توان به مزایای دیگری از این کامپوزیت، به شرح زیر اشاره نمود[۱۰]:

- در تولید محصولات مختلف از این کامپوزیت، ضایعات بسیار کمی وجود داشته، و البته این ضایعات احتمالی نیز قابل استفاده مجدد در خط تولید می باشند.
- این کامپوزیت حاوی هیچ گونه مواد سمی فرار و یا فرمآلدهید، نمی باشد.
- محصولات تولیدی از این مواد، قابل بازیافت بوده و پس از اتمام طول عمر آن ها دارای قابلیت آسیاب کردن و استفاده مجدد می باشند.

ج) خواص مکانیکی

تاکنون تحقیقات زیادی بر روی خواص مکانیکی کامپوزیت چوب-پلاستیک انجام شده است[۶, ۱۳-۱۴]. بیشتر این بررسی ها به منظور تحقیق و اندازه گیری خواصی از قبیل مدول الاستیسیته و مقاومت شکست این کامپوزیت ها انجام شده است.

افزایش چوب به پلاستیک می تواند باعث افزایش سفتی[1] آن شود ولی اغلب آن را ترد[2] نیز می کند. افزایش الیاف به جای پودر[3]، باعث افزایش خواص مکانیکی از قبیل استحکام[4] و افزایش طول[5] در این کامپوزیت ها می شود[۶]. اما کاربرد الیاف مشکلاتی در تغذیه[6] این کامپوزیت ها، در فرآیند تولید، به وجود می آورد که باعث ایجاد محدودیت در استفاده از آن می گردد[۶].

[1] Stiffness
[2] Brittle
[3] Flour
[4] Strength
[5] Elongation
[6] Feeding

از دیگر تاثیرات مثبت ایجاد شده به خاطر حضور چوب در کامپوزیت چوب-پلاستیک می توان به کاهش میزان انبساط حرارتی[1] کامپوزیت حاصل اشاره نمود[۶]. این موضوع سبب کاهش میزان انقباض[2] محصول تولیدی، شده و لذا طراحی قالب و مسائل مشابه برای این کامپوزیت به سادگی انجام می شود.

با توجه به قابلیت اضافه نمودن مواد مختلف به کامپوزیت چوب-پلاستیک، و همچنین در نظر گرفتن انواع مواد اولیه استفاده شده در آن، می توان به محصولی با خواص بالاتر از نظر سختی، مقاومت سایشی و استحکام فشاری نسبت به چوب، دست یافت[۴].

د) پایداری در برابر رطوبت

از آنجا که میزان جذب رطوبت در این کامپوزیت ها، نسبت به چوب کمتر بوده و در مدت زمان بیشتری صورت می گیرد، مقاومت بهتری در مقابل رشد قارچ[3] داشته و پایداری ابعادی[4] بالاتری نیز در محیط های مرطوب خواهند داشت. برای کامپوزیت های با درصد بالای چوب، تولیدکنندگان معمولا از مواد افزودنی مانند بورات روی[5] برای بهبود مقاومت در برابر رشد قارچ استفاده می کنند[۶].

و) رنگ و شرایط ظاهری

با توجه به بررسی های انجام شده، رنگ اولیه کامپوزیت های چوب-پلاستیک، بعد از گذشت ۳ ماه تغییر کرده و کمرنگ خواهد شد. رنگ کردن محصولات تولید شده فقط به منظور افزایش زیبایی ظاهری صورت گرفته و این کار برای محافظت در برابر رطوبت نمی باشد. سایر عملیات تکمیلی از قبیل روکش کاری نیز، به منظور بالا بردن کیفیت ظاهری محصولات، قابل انجام می باشند[۴].

تغییرات رنگ در محصولات تولید شده از کامپوزیت های چوب-پلاستیکی که در آن ها از PE استفاده می شود، نسبت به کامپوزیت های با پایه وینیل[6] بیشتر دیده می شود. ولی این دسته از کامپوزیت ها در برابر لک شدن[7] مقاومت بالاتری دارند[۱۵].

برخی از تولیدکنندگان این کامپوزیت، برای کاهش رنگ پریدگی و حفظ زیبایی محصولات تولیدی، به ماده اولیه رنگدانه[8] اضافه می کنند. برخی دیگر نیز بر روی محصول نهایی، یک لایه پلاستیکی مقاوم در برابر برابر UV به صورت همزمان با تولید قطعه، اکسترود می کنند[۶].

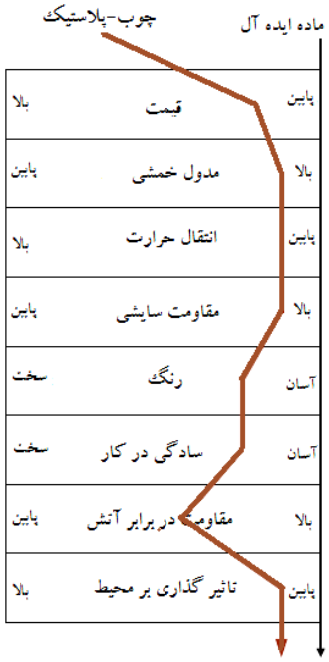
---

[1] Thermal expansion
[2] Shrinkage
[3] Fungal resistance
[4] Dimensional stability
[5] Zinc borate
[6] Vinyl
[7] Stain
[8] Pigment

ی) سایر موارد

علاوه بر موارد بیان شده در بالا، سایر خواص قابل بحث درباره این کامپوزیت را می توان در قالب شکل ۲-۳ نشان داد. همانطور که در این تصویر مشاهده می شود ، سمت راست نمودار، نماینده یک کامپوزیت ایده آل، با خواص مشخص شده بر روی شکل می باشد. در حالت کلی، می توان خواص زیر را در باره کامپوزیت در نظر گرفت:

- به دلیل حضور چوب در ساختار کامپوزیت چوب-پلاستیک، مدول خمشی آن افزایش می یابد.
- هرچه درصد چوب در آن افزایش یابد مقاومت حرارتی آن بالاتر خواهد رفت.
- استفاده از این کامپوزیت برای تولید محصولات با ظاهر چوب، ساده تر از استفاده از چوب برای این منظور می باشد.



شکل۲-۳: خواص مختلف کامپوزیت چوب-پلاستیک[۱۰]

بدین ترتیب، ترکیب ماتریس پلاستیکی و الیاف تقویت کننده منجر به تشکیل کامپوزیتی با بهترین خواص مربوط به هریک از اجزا می شود. ولی عیب اصلی الیاف, طبیعت قطبیشان (به علت وجودگروه های هیدروکسیل) می باشدکه آن ها را با ماتریس های پلیمری غیر قطبی, ناسازگار کرده و در نتیجه منجر به چسبندگی ضعیف بین ماتریس و الیاف تقویت کننده می شود، که در نهایت باعث خواص ضعیف درکامپوزیت حاصل خواهد شد. به همین سبب از اصلاح الیاف برای افزایش سازگاری با ماتریس پلیمری استفاده می کنند که منجر به بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت حاصل می شود.

۲-۲-فاز پیوسته (ماتریس/ زمینه)

ماتریس نقش مهمی در عملکرد کامپوزیت ایفا کرده[۴] و در برخی از خواص کامپوزیت نظیر استحکام و مدول عرضی[1]، خواص برشی و خواص در حالت فشاری نقش اساسی دارد اما نقش کمی در تحمل نیروهای کششی ایفا می نماید. سهل و یا دشوار بودن فرآیند پذیری و وجود نقص[2] در یک کامپوزیت، وابستگی زیادی به خصوصیات فیزیکی زمینه مانند گرانروی ، نقطه ذوب و دمای پخت آن دارد[۱۶]. ترکیب بهینه خواص ماتریس و تقویت کننده باید به گونه ای باشد که مجموعه ای از ملزومات ساخت و عملکرد کامپوزیت را فراهم آورد[۱۷]به عنوان مثال، سختی ماتریس در برابر سختی ذرات باید در حدی باشد که بتواند بستری یکنواخت برای ذرات فراهم کند. علاوه بر آن می بایست نفوذ تنش را در دمای عملکرد به صورت مناسب فراهم کند؛ بنابراین ماتریس باید دیاگرام تنش-کرنش خطی داشته باشد؛ به طوری که مقدار مدول الاستیک اولیه و نرخ کرنش نهایی آن بالا باشد. با این وجود، حتی اگر ماتریس تمام شرایط ذکر شده را دارا باشد، در صورت ضعیف بودن چسبندگی بین آن و ذرات پر کننده یا تقویت کننده، کامپوزیت حاصل خواص مطلوبی نخواهد داشت. در کامپوزیت های چوب-ترموپلاستیک بیشتر کارهای انجام شده مربوط به پلیمر هایی از قبیل پلی اتیلن، پلی پروپیلن، پلی وینیل کلراید، پلی استایرن و پلی یورتان است[۱۱]؛ زیرا دمای فرآیند این پلیمر ها در محدوده مورد نیاز برای حفظ پایداری حرارتی چوب می باشد. البته این بدان معنا نیست که کاربرد الیاف سلولزی در ترموپلاستیک ها به مواد با دمای ذوب پایین محدود می شود و ترموپلاستیک های مهندسی (با دمای ذوب بیش از ^{0}C ۲۲۰) قابل استفاده نیستند. اخیرا گزارش هایی مبنی بر استفاده از پلیمر هایی چون پلی آمید۶ (PA-۶) با الیاف چوب ارائه شده که بدون تخریب چوب، خواص بسیار مطلوبی نیز حاصل گردیده است[۱۱].

۲-۳-الیاف

به طور کلی نقش عمده الیاف در کامپوزیت، تحمل بار وارد شده برساختار کامپوزیت می باشد و از این لحاظ اصلی ترین جزء درکامپوزیت به شمار می رود که بالاترین درصد حجمی را در قبال سایر اجزا نیز به خود اختصاص می دهد. الیاف مورد استفاده در صنایع را می توان به دو دسته اصلی الیاف مصنوعی و الیاف طبیعی طبقه بندی کرد که الیاف طبیعی نیز بسته منشاء آن ها ممکن است گیاهی، حیوانی و یا معدنی باشند. در بین الیاف طبیعی، الیاف گیاهی بیشترین کاربرد را در کامپوزیت ها دارند.

الیاف گیاهی براساس قسمتی از گیاه که بدست آمده‌اند به چندین دسته، از جمله الیاف چوب[3]، الیاف پوست درختان[4]، الیاف برگ[5] و الیاف دانه ای[6] تقسیم می شوند.

---

[1] Transverse
[2] Defect
[3] Wood fibers
[4] Bast fibers
[5] Leaf fibers
[6] Sead fibers