

# بررسی ویژگی های فراورده مرکب چوب پلاستیک در بسته بندی

دکتر سید محمد جواد سپیده دم

تحصیلات: علوم صنایع چوب و کاغذ و عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

پست الکترونیکی: Jsepidehdam@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: بهمن ۱۳۸۹

تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ۱۳۹۰

## ۱- مقدمه:

در صنعت چوب پلاستیک از چوب و یا دیگر الیاف طبیعی مانند کنف و کتان استفاده می شود. فیبرها به عنوان یکی از اجزا اصلی چوب پلاستیک از منابع تجدید شونده و ارزان به دست می آیند که سبک تر هستند و دارای زبری کمتری برای تولید وسایل می باشند. البته در مواردی نیز تولیدکنندگان پلاستیک از چوب به دلیل تمایل به جذب رطوبت صرف نظر می گردند.

محصولات چوب پلاستیک توسط تجهیزات فرآوری چوب، قابل برش، سوراخ کاری، سمباده زنی و غیره هستند؛ اگر مقدار مواد لیگنوسلولزی (۲) کمتر از ۵۰ درصد باشد، خواص محصول بیش تر به پلاستیک نزدیک است؛ اما اگر درصد مواد لیگنوسلولزی بیش تر از ۵۰ درصد شود، خواص آن به چوب نزدیک تر است؛

در ساخت این مواد چند سازه ای از گستره وسیعی از پلیمرها مانند: پروپیلن (۳)، پلی وینیل کلراید (۴) و غیره؛ همراه پرکننده های سلولزی نظیر: آرد، الیاف چوب، الیاف کتان، الیاف کنف، بامبو و کاه استفاده می شود.

چوب پلاستیک ها محصولی حاصل از چوب و پلاستیک است. این مواد مرکب که به اختصار WPC نامیده می شوند، مخلوطی از مواد لیگنوسلولزی و پلاستیک هستند که ظاهری اغلب شبیه چوب دارند؛ اما توسط فرایندهای تولید پلاستیک شکل می گیرند.

## چکیده:

هدف اصلی این مقاله بررسی خصوصیات و ویژگی های چوب پلاستیک (WPC) (۱) جهت به کارگیری این محصول در محیط های مرطوب و همچنین مقاوم سازی در برابر حرارت با توجه به حفظ شاخص هایی نظیر مقاومت های مکانیکی؛ مقاومت در برابر قارچ ها و سایر خصوصیات می باشد. بدین منظور اطلاعات جامع در خصوص آشنایی با این محصول و چگونگی تولید محصول چوب پلاستیک از منابع داخلی و خارجی جمع آوری گردیده است.

این اطلاعات شامل فناوری های مورد استفاده، فرایندهای مرسوم، مواد اولیه، مواد افزودنی و امکان استفاده از ضایعات، کاربردهای چوب پلاستیک بخصوص از نظر مقاومت در برابر آتش، مقاومت در برابر رطوبت به شکل های غوطه ور در آب و یا محیط های مرطوب، مقاومت در برابر عوامل بیولوژیکی (قارچ ها) و سایر مقاومت ها از جمله مقاومت به ضربه می باشد.

## واژه های کلیدی:

چوب پلاستیک، الیاف، پلیمر، کاغذ، کامپوزیت، رطوبت و حرارت.

## ۲- تاریخچه چوب پلاستیک:

تاریخچه چند سازه‌ها با استفاده از پلیمرهای گرما سخت چوب به اوایل دهه ۱۹۰۰ بر می‌گردد. در این دهه چند سازه تجاری اولیه با نام تجاری باکلیت (۵) که از فنول - فرمالدهید (۶) و آرد چوب ساخته می‌شود، به بازار عرضه شد و نخستین کاربرد تجاری آن به عنوان دسته دنده خودرویی بنام رولزرویس (۷) در سال ۱۹۱۶ میلادی بود. در دهه ۸۰ یک شرکت آمریکایی، پانل‌ها و اجزاء داخلی اتومبیل را با ۵۰٪ پودر چوب و پلی پروپیلن PP (۸) تولید کرد. در سال ۲۰۰۴ میلادی ۱۶ هزار تن کامپوزیت الیاف طبیعی در صنعت خودروسازی آلمان به کار گرفته شد. مصرف کامپوزیت‌های چوب پلاستیک در آمریکای شمالی در سال‌های ۱۹۸۰-۱۹۹۰ حدود ۴۰ هزار تن و در سال ۲۰۰۵ حدود ۷۰۰ هزار تن و پیش‌بینی مصرف در سال ۲۰۱۰ بیش از ۱ میلیون تن می‌باشد. شکل (۱)



شکل ۱- استفاده از چوب پلاستیک برای ساخت پالت

## ۳- بازار مصرف در جهان:

رشد قابل توجه جهانی کامپوزیت‌های گرمانرم چوب به دلیل کاربرد روز افزون این مواد در صنایع ساختمان‌سازی سبب شده است تا کارخانجات، روش‌ها و فرایندهای مختلفی در تولید این محصول مورد استفاده قرار دهند.

در سال ۲۰۰۱ مصرف کامپوزیت‌های پلیمر الیاف طبیعی، ۷۰۰ میلیون پوند بود. این میزان در سال ۲۰۰۲ به ۸۷۵ میلیون پوند رسید. در سال ۲۰۰۷ مصرف این کامپوزیت‌ها به ۱۳۰۰ میلیون پوند رسیده و پیش‌بینی شده است که در سال ۲۰۱۰ بازار این محصول به ۲۷۰۰۰۰ تن در اروپا و ۱/۷ میلیون پوند در آمریکای شمالی برسد.

در ایران برای اولین بار تحقیقات و پژوهش در این زمینه در سال ۱۳۷۵ آغاز شده و از آن تاریخ تا کنون مراکز تحقیقاتی، مؤسسات پژوهشی و دانشگاه‌های چندی در این زمینه مشغول به فعالیت هستند و تا کنون نیز چندین مقاله از پژوهشگران ایرانی در نشریات معتبر علمی بین‌المللی به چاپ رسیده است.

همچنین به تازگی تلاش‌هایی جهت به‌کارگیری کامپوزیت‌های الیاف طبیعی در صنایع خودرو و ساختمان گزارش می‌شود.

در محور ساختمان، پژوهشگاه پلیمر ایران به انجام مطالعات و تحقیقاتی در زمینه تولید نوارهای تزئینی از جنس الیاف طبیعی توسط فرایند پالتروژن اقدام نموده است. این نوارها به کمک الیاف طبیعی کنف و رزین پلی‌استر ساخته می‌شوند و در ساخت نماهای داخلی بنا قابل استفاده هستند. همچنین پروفیل‌های دیگری نیز به این روش تولید شده‌اند که می‌تواند موارد کاربرد خاص خود را در بازار بیابد. به غیر از این طرح تحقیقاتی، مورد دیگری از به‌کارگیری کامپوزیت‌های الیاف طبیعی در صنعت ساختمان کشور گزارش نشده است. [۱]

در محور خودرو، فعالیت‌های انجام شده پرننگ‌تر است. در حال حاضر در ایران برای ساخت قطعات تزئینی

خودرو عموماً از کامپوزیت‌های پر شده با آرد چوب و یا فیبرهای تهیه شده از ترکیب رزین و تراشه‌های چوب کمک می‌گیرند. کامپوزیت‌های پر شده با آرد چوب در حقیقت ترکیبی از یک رزین گرمانرم همچون پلی‌پروپیلن با آرد چوب بازیافت شده است که به نسبت حجمی مناسب با هم آمیخته شده‌اند. بر طبق بعضی از گزارشات، مواد اولیه لازم برای تولید این قطعات از خارج مرزها وارد می‌شود و ارزبری بسیار زیادی دارد.

کشور ما در حال حاضر از منابع غنی الیاف طبیعی برخوردار است. گسترش فناوری کامپوزیت‌های طبیعی از سوی کشورهای در حال توسعه همچون هند و تایلند می‌تواند به عنوان الگویی برای بخش‌های تحقیقاتی داخلی در غنیمت شمردن فرصت‌های موجود در عرصه تولید مواد جدید محسوب شود.

#### ۴- معرفی چوب پلاستیک:

چوب پلاستیک محصولی است که از دو یا چند جزء تشکیل شده است. این محصول جزو خانواده کامپوزیت‌ها می‌باشد و با نام‌های چوب پلاستیک پلی وود (۹) پلی وورد (۱۰) و وود فلکس (۱۱) شناخته می‌شود. این مواد از دو جزء پلیمری (پلاستیکی) و مواد سلولزی تشکیل شده است. ماده پلاستیکی را می‌توان از مواد دست اول یا بازیافتی تهیه نمود. اصطلاح چند سازه چوب - پلاستیک اشاره به شماری از فرآورده‌هایی دارد که در آن‌ها چوب (به هر شکل ممکن) و پلاستیک‌های گرما نرم یا گرما سخت وجود دارند.

پلیمرهای گرما نرم پلیمرهایی هستند که با گرما دادن به آن‌ها می‌توان آن‌ها را ذوب کرد و پلیمرهای گرما سخت، پلیمرهایی هستند که در اثر گرما سخت می‌شوند. از جمله پلیمرهای گرما نرم می‌توان پلی اتیلن، پلی پروپیلن و یا PVC را ذکر کرد و در مورد پلیمرهای گرما سخت هم می‌توان از اپوکسی‌ها و فنلیک‌ها را نام برد. پلاستیک‌های گرمانرم در ساخت محصولات گوناگونی مورد استفاده قرار

می‌گیرند، مانند ظرف‌های شیر، کیسه‌های مواد خوراکی و یا رویه دیواری در خانه‌ها.

برخلاف چند سازه‌های چوب - گرما سخت، چند سازه‌های چوب - گرمانرم، رشد چشمگیری در سال‌های اخیر داشته است. این بخش منحصراً چند سازه‌های چوب - گرمانرم را تشریح می‌کند که به عنوان چند سازه چوب - پلاستیک اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد، چرا که معمولاً اصطلاح پلاستیک اشاره به همان پلاستیک‌های گرمانرم دارد.

#### ۴-۱- مزایای تولید این ماده:

به طور کلی خلاصه مزایای نسبی تولید این ماده عبارتند از:

- کاهش نگرانی‌های زیست محیطی و کاهش مصرف پلاستیکی و پلیمرهای معمولی آلاینده محیط زیست از طریق تولید ماده‌ای با دارا بودن خاصیت تخریب بیولوژیکی در طبیعت و عدم آلودگی زیست محیطی؛
- عدم سایش ماشین‌آلات، قابلیت شکل دهی و قالب گیری بالا، خواص و مقاومت‌های ویژه بالا؛
- سهم عالی از منابع داخلی؛
- سود مناسب ناشی از فروش در بازار جهانی؛
- بزرگی و تنوع بازار هدف؛
- برگشت مناسب سرمایه؛
- ارزش افزوده عالی؛
- ارزش افزوده خوب صادراتی؛
- رشد عالی بازار داخلی و جهان؛
- ضد آب؛
- مقاوم در برابر حرارت؛
- آنتی باکتریال (۱۲)؛
- ضد خش؛
- مقاوم در برابر عوامل محیطی، رطوبت و قارچ‌ها؛
- دارا بودن قابلیت بازیافت؛
- مقاوم در برابر حشرات؛

- عاری از هر گونه گاز فرمالدئید یا ترکیبات آلی ناپایدار بر خلاف MDF (۱۳) و سایر محصولات مشابه؛  
 - دوام، سختی و انبساط خطی مناسب؛  
 - سبک و قابلیت حمل آسان؛  
 - مقاوم در برابر فرسودگی و خوردگی؛  
 - پایداری ابعادی (حداقل تغییر شکل زیر فشار بار)؛  
 - عمر مفید طولانی و هزینه نگهداری پایین حتی در شرایط آب و هوایی نامساعد؛  
 - ابزار خوری مناسب و قابلیت کار آسان با ابزار؛  
 این ماده به خاطر خصوصیت ذاتی خود (کامپوزیت بودن) دارای مجموع خواصی بهتر از دو جزء تشکیل دهنده آن یعنی پلاستیک و چوب دارد؛  
 - مقاومت مکانیکی چوب پلاستیک پنج برابر چوب طبیعی و دو تا سه برابر MDF می باشد و نسبت به پلاستیک ها هم بیش تر است. همچنین نسبت به پلاستیک خواص انعطاف پذیری چوب - پلاستیک بهتر می باشد.

#### ۴-۲- هدف تولید:

به طور کلی در تولید کامپوزیت های الیاف طبیعی و پلیمر سه هدف کلی دنبال می شود:  
 الف- دستیابی به ماده ای دارای خواص زیست محیطی و تخریب بیولوژیکی در محیط زیست و با قابلیت جایگزینی نسبت به پلیمرها، پلاستیک ها و چوب، صفحات چوبی و تولیدات مشابه؛  
 ب- دستیابی به خواص ویژه، مقاومت ها و قابلیت شکل دهی بهینه تر نسبت به پلیمرها، MDF و تولیدات مشابه؛  
 ج- دستیابی به تولیداتی با قیمت ارزان تر و صرفه اقتصادی بالاتر نسبت به پلیمرها، MDF و دیگر تولیدات مشابه از طریق اختلاط یک ماده ارزان قیمت مانند چوب و ضایعات چوبی با یک ماده نسبتاً گران قیمت مانند پلیمر. یکی از مهم ترین اهداف و دغدغه های صاحبان و سرمایه گذاران صنایع، دست یافتن به تولیداتی ارزان

قیمت تر و قابل رقابت با تولیدات مشابه همراه با سود مناسب و صرفه اقتصادی می باشد.  
 ضمناً یکی از مهم ترین استراتژی های مدیریت و بازار، عرضه محصولاتی با قیمت پایین تر از فایبرگلاس و پلاستیک ها می باشد که در عین حال برگشت سرمایه و سود مناسب را در بازار تضمین نماید.

#### ۴-۳- اجزاء کامپوزیت:

از نظر ساختار، کامپوزیت به دو گروه اصلی کامپوزیت های چند لایه و کامپوزیت های یک لایه تفکیک می گردند.

در نهایت باید گفت که امروزه سازه های کامپوزیتی از نظر نوع فاز پیوسته یا ماتریس به سه دسته تقسیم می شوند:

الف) کامپوزیت های با ماتریس فلزی؛

ب) کامپوزیت های با ماتریس سرامیکی؛

ج) کامپوزیت های با ماتریس پلیمری.

در ساخت کامپوزیت های با ماتریس پلیمری از پلیمرهای گرمانرم و گرما سخت استفاده می شود. فاز تقویت کننده معمولاً سفت تر و محکم تر از فاز ماتریس است. این دو فاز از طریق اتصال منطقه حد فاصل یا همان سطح مشترک (فصل مشترک) (۱۴) به هم متصل می شوند. خواص و شرایط این ناحیه تأثیر مستقیم بر کارایی چندسازه دارد و نقش اصلی فاز ماتریس نگهداری الیاف تقویت کننده و انتقال نیرو است.

- فاز ضعیف (۱۵): وظیفه آن نگهداری فاز تقویت کننده و انتقال نیرو می باشد.

- فاز تقویت کننده (۱۶): وظیفه بهبود خواص کامپوزیت را به عهده دارد.

#### ۵- مواد اولیه:

بسیاری از مواد اولیه بر پایه چوب و سایر مواد لیگنوسلولزی را می توان در تولید چوب پلاستیک به کار برد. به طور کل در ساخت این محصول یا از الیاف استفاده می شود و یا از پودر چوب، که فراوری هر کدام

از آن‌ها متفاوت است؛ اما در هر صورت می‌توان از انواع ضایعات چوب و حتی کاغذ و مقوا نیز استفاده نمود. جدول (۱) ترکیبات و درصد نمونه از مواد مورد استفاده در تولید یک نوع چوب پلاستیک را نشان می‌دهد.

جدول (۱) ترکیبات و درصد نمونه از مواد مورد استفاده

در تولید یک نوع چوب پلاستیک

درصد وزنی	مواد
۲۳/۹	رزین پلی‌استر غیر اشباع
۴۰/۷	پرکننده مواد چوبی
۰/۷	تغلیظ کننده
۰/۲۵	آغازگر
۳/۴۵	افزودنی ضد جمع شدگی
۱	رها ساز
جزئی	تأخیر انداز

مولکولی شکستی ایجاد نمایند، نسبت به هم حرکت می‌کنند. مانند پلی‌اتیلن، پلی‌استایرن، نایلون‌ها پلی‌پروپیلن و پلی‌وینیل کلراید.

۲-۵- ترموست‌ها (۱۸):

ترموست‌ها هم مانند ترموپلاستیک‌ها (۱۹) دارای مولکول‌های زنجیر مانند هستند؛ اما فرایند پخت و سخت شدن آن‌ها باعث تشکیل یک سری اتصالات عرضی بین زنجیره‌های مولکولی و طولی می‌شوند. در نتیجه محصول نهایی ساختاری پیچیده و شبکه درهم پیدا می‌کند که در آن زنجیره‌ها نمی‌توانند نسبت به هم آزادانه حرکت کنند به همین علت حرارت دادن به آن‌ها باعث ایجاد جریان خمیری یا نرم شدن نمی‌شود مانند پلی‌استرها، سیلیکون‌ها، اپوکسی (۲۰) و فنولیک‌ها. [۲]

۱-۵- ترموپلاست‌ها:

معمول‌ترین ترموپلاستیک‌های مورد استفاده، PE (۱۷) PP, PVC می‌باشد. PE ارزان‌ترین آن‌ها و با چقرمگی و مقاومت به ضربه بالا بوده ولی دمای سرویس دهی آن پایین است و مورد مصرف اجزای خارجی ساختمان است. PVC مقاوم‌ترین رزین با دمای سرویس دهی بالا می‌باشد، ولی بسیار شکننده است. این ماده سفتی بالا و مقاومت مکانیکی عالی دارد و ولی بسیار شکننده است. مورد مصرف در پانل‌های درب و پنجره و کفپوش می‌باشد. PP کمترین دانسیته را نسبت به PE و PVC داشته و برای اجزاء داخلی اتومبیل و به تازگی برای پروفیل‌های ساختمانی به کار می‌رود.

۳-۵- ابعاد ظاهری مواد اولیه اصلی:

آرد چوب، الیاف یا سایر مواد سلولزی مورد استفاده به صورت پودرهای حاصل از آسیاب چکشی و اغلب دارای ظاهری سوزنی شکل هستند و بر اساس مش بندی‌های مختلف تفکیک و بسته‌بندی می‌شوند. ابعاد ذرات بسته به نوع و کیفیت مورد انتظار از محصول تغییر می‌کند. معمولاً اندازه ذرات آرد چوبی که به عنوان فیلر استفاده می‌شود ۱۰ تا ۸۰ مش بوده و دارای ضریب لاغری (L/D) بین ۴/۱ تا ۲/۱ می‌باشند و نیز برای الیافی که به عنوان تقویت کننده استفاده می‌شود، مشابه الیاف کاغذسازی این نسبت باید بزرگ‌تر از ۲۴/۱ باشد و رطوبت آن‌ها کمتر از ۵ درصد بوده و در فرایند تولید بلافاصله پس از باز کردن بسته بندی مورد مصرف قرار گیرند تا فرصت کافی برای جذب رطوبت از محیط را نداشته باشند.

مهم‌ترین نکته‌ای که نباید از آن غافل ماند، این است که در این صنعت به دلیل استفاده از الیاف سلولزی با یک

عامل محدود کننده بسیار مهم روبه رو هستیم و آن عامل محدودیت دمای فرایند است، یعنی این که مواد سلولزی در دمای بالاتر از ۲۰۰ درجه شروع به سوختن می کنند و این تخریب حرارتی، موجب کاهش قدرت چسبندگی بین پلیمر و الیاف در منطقه سطح مشترک می شود که نتیجه آن کاهش کلیه خواص مکانیکی محصول می باشد، لذا در این صنعت، تنها استفاده از پلیمرهای با نقطه ذوب پایین مقدور می باشد که مهم ترین شان عبارتند از:

پلی اتیلن سبک LDPE (۲۱)، پلی اتیلن سنگین HDPE (۲۲)، پلی پروپیلن PP، پلی وینیل کلراید و پلی استایرن PS که از رواج بیش تری نسبت به پلی اتیلن PET و پلی اتیلن نیمه سبک MDPE (۲۳) و پلی اتیلن فوق سبک LLDP برخوردارند.

#### ۵-۴- انواع الیاف و پودرهای سلولزی رایج در ساخت کامپوزیت:

- مواد چوبی به دو صورت در WPC استفاده می شود؛

- پودر یا ذره (نسبت طول به قطر ذرات کمتر از ۴):

کاربرد آن بر اساس مش بندی است؛

- الیاف (نسبت طول به قطر ذرات بیش از ۱۰): با افزایش نسبت مذکور خواص مکانیکی کامپوزیت بهبود می یابد.

هزینه تولید الیاف نسبت به پودر چوب بیش تر است.

برای تهیه پودر از آسیاب استفاده می شود و سپس پودرهای تولیدی، مش بندی می شوند.

برای تهیه الیاف از روش های شیمیایی، نیمه شیمیایی، مکانیکی و نیمه مکانیکی استفاده می کنند.

مواد لیگنوسلولزی که امروزه در سطح دنیا به عنوان تقویت کننده و یا پرکننده استفاده می شوند بر اساس منشأ تولیدشان شامل موارد زیر می باشند:

الف- انواع پودرهای سلولزی، الیاف و آرد چوب تهیه شده از منابع مختلف چوب ماسیو اعم از درختان سریع الرشد یا مازاد مقطوعات و سرشاخه های درختان جنگلی؛

ب- الیاف و پودرهای تهیه شده از ضایعات کشاورزی از قبیل باگاس، کاه، کلش، ساقه گندم برنج و سایر غلات، کنف، کتان و هرس درختان باغی؛

ج- الیاف تهیه شده از فرآوری مجدد ضایعاتی مثل کاغذ روزنامه و مقوا و ضایعات کارخانجات کاغذ و خمیر یا آرد چوب حاصل از صنایع چوب مثل مبلمان و چوب بری ها، ضایعات شهری و غیره .

به طور کلی روش تهیه پودرهای سلولزی شامل مراحل ذیل می باشد:

الف- جمع آوری و طبقه بندی؛

ب- شستشو و تمیز کردن و خارج ساختن مواد زاید؛

ج- خشک کردن رطوبت در حد مورد نیاز؛

د- خرد کردن با دستگاه چپیر یا فلیکر؛

ل- آسیاب کردن با آسیاب های چکشی؛

م- غربال کردن و مش بندی ذرات آسیاب شده؛

ی- بسته بندی و عرضه محصول.

مهم ترین مزایای استفاده از ترکیبات سلولزی عبارتند از:

- دانسیته کمتر؛

- عدم فرسایش سطوح محصول؛

- خاصیت پرکنندگی زیاد؛

- عدم شکنندگی الیاف در خمش های حین فرآوری؛

- داشتن قیمت پایین و امکان تولید اقتصادی تر؛

- افزایش سختی و خواص مکانیکی بالا؛

- منابع تجدید شونده - امکان استحصال نامحدود؛

- پایین بودن ضریب انبساط حرارتی؛

- بازیافت بهتر؛

- کاهش فرسایش ابزار؛

- زیست تخریب بودن و نداشتن اثرات منفی برای سلامتی؛

- بهبود بازگشت انرژی؛

- فواید محیطی ناشی از ایجاد تعادل در تولید و مصرف گاز CO<sub>2</sub>.

#### ۶- ویژگی های کامپوزیت WPC:

- دانسیته کمی دارند؛
- در حدود ۱۰ الی ۳۰ درصد نسبت به سایر کامپوزیت ها، کاهش وزن نشان می دهند؛
- خصوصیات مکانیکی و صوتی مطلوبی دارند؛
- در مقایسه با الیاف شیشه، میزان آسیب وارد شده به بدن انسان کمتر است؛
- در مقایسه با فناوری هایی که برای تولید الیاف سنتزی مورد استفاده قرار گرفتند. این فناوری ارزان تر است؛
- باعث توسعه اقتصادی در بخش کشاورزی می شود؛
- کامپوزیت های پلیمر-الیاف طبیعی قابل بازیابی هستند و زیست تخریب پذیر می باشند؛
- این کامپوزیت ها به راحتی میخ کاری و پیچ شده و با ابزارهای متداول نجاری فرایند می شوند؛
- از طرفی هزینه استفاده از این کامپوزیت ها نیز پایین تر بوده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است؛
- خواص مکانیکی بالا؛
- مدول کششی و خمشی بالاتر از پلاستیک مورد استفاده؛
- کرنش در شکست کمتر از پلاستیک مورد استفاده است؛
- خزش کمتر نسبت به پلاستیک مورد استفاده؛
- مقاومت کششی بالاتر از پلاستیک در صورت استفاده از سازگار کننده؛
- ب- چگالی کمتر نسبت به پلاستیک های پر شده با مواد معدنی؛
- ج- مقاومت در برابر آب و رطوبت؛
- ل- خواص ضد شعله وری، مقاوم در برابر شعله فرا بنفش (UV) و قابلیت تولید فوم های WPC با استفاده از افزودنی های مناسب؛
- م- مقاوم در برابر حشره و موریهانه.

- نوع کاربرد محصول و کارایی مناسب در سرویس؛
  - در دسترس بودن ماده پلیمری، مسائل اقتصادی و هزینه تولید؛
  - نوع افزودنی و مقدار آن؛
  - رطوبت؛
  - نوع، مقدار و اندازه ذرات مواد لیگنوسلولزی؛
  - لیگنین (۲۴)؛
  - همی سلولزها(۲۵)؛
  - مواد استخراجی(ترین ها (۲۶)، تانن ها و ترکیبات فنلی)؛
  - روش تولید محصول.
- ۸- روش های تولید چوب پلاستیک:**
- در ابتدا چوب و ضایعات کشاورزی آسیاب شده و سپس به الیاف تبدیل می شوند و الیاف بعد از آماده سازی در یک دستگاه خشک کن (آون صنعتی) خشک شده و سپس در واحد کامپاندینگ (۲۷) توسط اکسترودر دو ماردونه مخصوصی در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد با سرعت ۶۰ دور در دقیقه، دبی (۲۸) حدود ۱۱۰ تا ۱۵۰۰ کیلو گرم بر ساعت و با نسبت های مختلف چوب و پلیمر و افزودنی ها به منظور اصلاح خواص عملیات اختلاط صورت می پذیرد. محصول تولیدی در این روش، ماده ای جامد - بی شکل و با قابلیت قالبگیری بالا می باشد که به صورت ماده خام و گرانوله جهت ماده اولیه صنایع پلیمر و پلاستیک تولید می گردد. [۳]
- سایر روش های مرسوم عبارتند از:
- الف- ریزش کیک**
- تهیه مواد؛
  - ساین بندی مواد اولیه؛
  - خشک کردن؛
  - توزین کردن؛
  - مخلوط سازی در میکسر (۲۹)؛
  - تشک کیک؛
  - پرس کردن؛
- ۷- عوامل مؤثر بر انتخاب پلیمر مناسب در چوب پلاستیک:**
- خواص ذاتی و کیفیت فیزیکی و مکانیکی پلیمر؛



- خنک سازی و کلیماتیزه کردن.

### ب- روش قالب گیری (فشاری) و تزریقی (۳۰)

#### ج- روش اکستروژن

متداول ترین روش شکل دهی، کامپوزیت است. قابلیت تولید پیوسته، انبوه و خودکار از مزایای این روش می باشد  
نظیر:

- عمل سنجش و اضافه کردن مواد افزودنی؛

- خشک کردن تا رطوبت زیر ۰.۴٪؛

- تغذیه به داخل دستگاه اکستروژن - تولید گرانول؛

- قالب گیری و شکل دهی نهایی.

در فرایند ساخت مواد چوب - پلاستیک، ماده زمینه یا فاز پیوسته (پلاستیک) به طور مؤثر سطح چوب را به شکل یک لایه نازک می پوشاند. بدین طریق مقاومت بالا در برابر رطوبت ایجاد می کند. (۰/۷ درصد آب جذب می کند که در مقایسه با چوب درخت کاج که ۱۷/۲ درصد آب جذب می کند، بسیار ناچیز است) و این ویژگی نتیجه مستقیم ساختار آن است. در این محصول رطوبت ویژگی نتیجه مستقیم ساختار آن است. در این محصولات رطوبت تنها می تواند در بخش های باز چوب جذب شده و امکان انتقال به محدوده پلاستیک را ندارد.

در نتیجه WPC ها به رطوبت بسیار مقاوم هستند و لذا از هجوم قارچ ها و حشرات نیز مصون می باشند.

ویژگی های WPC را می توان توسط تغییر مواد لیگنوسلولزی، پلاستیک و متناسب با نیازهای محصول طراحی کرد. این امر یکی از مهم ترین وجه تمایز آن ها به شمار می آید.

در این صنعت، حضور برخی افزودنی ها جهت فرآوری WPC الزامی است؛ اما استفاده از برخی دیگر جهت بهبود خواص مکانیکی، افزایش طول عمر و یا بهبود برخی خواص دیگر می باشد.

#### ۸-۱- اکسترودر تک پیچی (تک ماردونی):

اکسترودر تک ماردونی به طور گسترده ای در فرآوری و شکل دهی ترموپلاستیک ها استفاده می گردد. این اکسترودرها از سه ناحیه: تغذیه؛ تراکم و فشردگی؛

اندازه گیری و سنجش تشکیل شده اند. قیمت این دستگاه ها نسبت به سایر اکسترودرها پایین تر است و جهت فرآوری کامپوزیت های چوب - پلاستیک به ندرت از این دستگاه استفاده می شود. از معایب این دستگاه می توان به اختلاط ضعیف مواد، دبی پایین و توزیع گستره زمان اقامت اشاره نمود. در مواردی که ماده اولیه گرانول چوب - پلاستیک باشد شکل اختلاط وجود ندارد. بعلاوه در دبی های بالا احتمال سوخت الیاف در حین فرآوری وجود دارد. اکسترودر تک ماریچ به عنوان خوراک دهنده جانبی می تواند مطرح باشد. به عنوان مثال:

اکسترودر تک ماریچ با نسبت طول به قطر ۲۶ و قطر ماریچ برابر ۱۹ mm با سه ناحیه حرارتی می تواند توسط یک رابط به ناحیه چهارم اکسترودر دو ماریچ مدولار مدل LSM 30.34 ساخت شرکت لیستریتز با نسبت طول به قطر ۲۸ و قطر ماریچ برابر ۳۵ mm با هشت ناحیه حرارتی متصل گردد. الیاف سلولزی به قیف تغذیه اکسترودر دو ماریچ اضافه می شوند و دانه پلاستیک به قیف خوراک اکسترودر تک ماریچ هدایت شده و بعد از ذوب از انتهای اکسترودر توسط رابط به ناحیه چهارم اکسترودر دو ماریچ وارد تا با الیاف مخلوط شود.

#### ۸-۲- اکسترودر دوماردون همسوگرد:

جهت اختلاط مواد لیگنوسلولزی و پلاستیک عموماً از اکسترودرهای دوماردون استفاده می گردد. نوع همسوگرد اختلاط بهتری را ایجاد می کند؛ اما تنش برشی ایجاد شده در آن بالا است و لذا معمولاً برای مواد حساس به برش مانند PVC استفاده نمی گردد. زمان ماند در نوع همسوگرد طولانی تر از نوع ناهمسوگرد است، زیرا بیش تر جریان مواد در انتقال از یک پیچ به پیچ دیگر صورت می گیرد. البته این مسئله سبب اختلاط بهتر و توزیع زمان ماند گسترده تر می گردد.

در این اکسترودرها جریان مواد از یک پیچ به پیچ دیگر در مسیر هشت است و اینگونه آرایش برای مواد حساس به حرارت کاملاً مناسب است. زیرا مواد در



اکسترودر به سرعت منتقل می‌شود، بدون آنکه کمترین احتمال ماندگار شدن موضعی مواد وجود داشته باشد.

شرکت ایتالیایی باسانو (۳۱)، اکسترودر دوماردون همسوگرد خاص کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک طراحی کرده است که برای پلی‌اولفین‌ها مناسب می‌باشد. این سیستم نیاز به رطوبت‌گیری قبل از فرایند ندارد و در حین اکستروژن، رطوبت توسط مکش خارج می‌گردد. همچنین خط کامل آن‌ها مجهز به یک دستگاه اختلاط خشک می‌باشد که قبل از اکستروژن مواد در داخل آن مخلوط می‌گردند. خوراک پلیمر این دستگاه باید به صورت پودر باشد.

شرکت آمریکایی ان تک (۳۲) نیز دستگاه دوماردون همسوگرد برای کامپوزیت‌های WPC بر پایه پلی‌اولفین‌ها طراحی کرده است. دبی دستگاه بزرگ ۳۷۰۰ کیلوگرم در ساعت می‌رسد.

#### ۸-۳- اکسترودر دو ماردون نا همسوگرد موازی:

اکسترودر دوماردون ناهمسوگرد در تولید پروفیل‌های پنجره PVC استفاده می‌شود. اختلاط مواد در نوع ناهمسوگرد نسبت به هم سوگردها ضعیف‌تر است و بیش‌تر جریان در فضای بین دوپیچ حرکت می‌کند و انتقال مواد از یک پیچ به پیچ دیگر کمتر صورت می‌گیرد. این مسأله سبب اختلاط ضعیف‌تر و زمان ماند کوتاه‌تر و توزیع زمان مانده محدودتر نسبت به نوع هم سوگرد می‌شود.

#### ۸-۴- اکسترودر دوماردون ناهمسوگرد مخلوطی:

از سیستم‌های جدید اکسترودر دوماردون ناهمسوگرد و درهم‌رونده برای فرآوری کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک استفاده می‌شود. این دستگاه زمان ماند کوتاه و توزیع زمان ماند محدود دارد که سبب کنترل خوب و به حداقل رساندن تخریب می‌گردد. این پدیده برای مواد حساس مانند PVC و چوب مزیتی بزرگ محسوب می‌شود.

قطر زیاد حلزونی و سطح تماس زیاد آن در منطقه تغذیه به انتقال مخلوط دارای مقدار چوب زیاد کمک

می‌کند. شکل مخروطی در سرعت پایین، گشتاور و فشار بالا ایجاد می‌کند و سبب فشردگی و تر شدن بهتر پودر چوب می‌شود. به علاوه قطر کم ناحیه اندازه‌گیری سبب تأمین جریان ویسکوزیته لازم برای تزریق‌کننده می‌گردد.

#### ۹- افزودنی‌ها:

افزودنی‌ها شامل روان‌کننده‌ها، جفت‌کننده‌ها، پایدارکننده حرارتی، پایدارکننده نوری، الاستومرها، پیگمنت، عامل فوم‌زا، تأخیر انداز شعله، مواد ضد قارچ و ... هستند. افزودنی‌ها را می‌توان به سه گروه کلی تقسیم‌بندی نمود:

الف- گروهی که جهت بهبود فرآوری به کار می‌روند این گروه شامل انواع روان‌سازها (۳۳) و کمک فرآوری‌ها می‌باشند؛

ب- گروهی که جهت پایداری حین فرایند و بهبود کارکرد قطعه در حین مصرف به کار می‌روند. این گروه شامل انواع پایدارکننده‌های حرارتی (۳۴)، پایدارکننده‌های نوری (۳۵)، ضد قارچ‌ها و ضد میکروب و تأخیر اندازای شعله (۳۶) می‌باشند؛

ج- گروه سوم که جهت بهبود خواص مکانیکی به کار می‌روند. این گروه شامل: عوامل جفت‌کننده (۳۷)، بهبود دهنده‌های مقاوم به ضربه و نرم‌کننده هستند.

#### ۹-۱- جفت‌کننده‌ها:

جفت‌کننده‌ها بر اساس نوع عملکرد به سه دسته تقسیم می‌شوند:

- ۱- اتصال دهنده‌ها مانند مالئیک انیدرید و مشتقات آن؛
- ۲- سازگارکننده‌ها مانند استیک انیدرید؛
- ۳- پراکننده‌سازها مانند استالیک اسید و نمک‌های فلزی آن.

#### ۹-۲- روان‌کننده‌ها:

**الف - داخلی:** سبب کاهش اصطکاک بین پلیمر و فیلر می‌گردد. مانند الکل‌های چرب و استرها؛

**ب - خارجی:** سبب کاهش اصطکاک بین سطحی پلیمر و اکسترودر می‌شود. مانند انواع واکس‌های پلی‌اتیلن، پارافین، اسیدهای چرب و ...؛

از مزایای استفاده از روان‌کننده‌ها می‌توان به:

- بهبود توزیع پودر چوب در داخل ماتریس پلیمری؛

- کاهش پارگی لبه‌ها.

- افزایش دبی خروجی و افزایش سرعت تولید؛

- کاهش فشار پشت دای؛

- بهبود جدایی از دای؛

- کاهش زمان اختلاط و مصرف انرژی؛

- بهبود سطح ظاهری محصول.

### ۹-۳- پایدارکننده‌های نوری:

به علت وجود گروه‌های کربونیل موجود در پودر چوب به کار رفته و در WPC و حساسیت گروه‌های فوق‌نسبت به UV، در صورتی که از پایدارکننده‌های نوری استفاده نگردد، رنگ محصول پس از مدتی تغییر می‌کند. از جمله این ترکیبات می‌توان به بنزو تری آزول، ترکیبات آمینی و دی‌اکسید تیتانیوم اشاره کرد.

### ۹-۴- بهبود دهنده مقاومت به ضربه:

برای افزایش مقاومت به ضربه پلیمرها از یک فاز الاستومری استفاده می‌شود. ذرات الاستومر پراکنده شده با جذب انرژی و جلوگیری از رشد ترک در ماتریس پلیمری باعث افزایش چقرمگی می‌شوند.

### ۹-۵- تأخیر اندازه شعله:

این ترکیبات بر اساس مکانیزم سه‌گروه تقسیم می‌شوند:

**الف-** از طریق آزادسازی آب و جذب گرما جهت تبخیر آب، موجب کندی اشتعال می‌شوند. مانند آلومیناتری هیدرات؛

**ب-** یک لایه عایق روی محل اشتعال ایجاد کرده و مانع از رسیدن اکسیژن می‌شوند. مانند فسفات‌ها؛

**ج-** گروهی که از انجام واکنش‌های شیمیایی تقویت‌کننده شعله جلوگیری می‌کنند. مانند ترکیبات آروماتیک حاوی برم.

### ۹-۶- پایدارکننده‌های حرارتی:

برای جلوگیری از تخریب حرارتی از ترکیباتی مانند باریم روی، کلسیم و منیزیم روی استفاده می‌شود.

### ۹-۷- عوامل فوم‌ساز:

این مواد جهت کاهش دانسیته محصول تولیدی و یا رسیدن به خصوصیات خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد و شامل:

- گروهی که در اثر حرارت تجزیه شده و از خود گاز متصاعد می‌کند (مانند سدیم بی‌کربنات)؛  
- گروهی که در اثر واکنش شیمیایی گاز آزاد می‌کند. مانند آزودی کربونیل

### ۹-۸- مواد ضد میکروب و قارچ:

معروف‌ترین مواد ضد قارچ بورات روی و ایزوتیازولون‌ها هستند.

### ۹-۹- آنتی‌اکسیدان:

وظیفه آن‌ها جلوگیری از تخریب اکسایشی در هنگام تولید و مصرف WPC است مانند فنول‌ها و هیدروپراکسیدها.

### ۱۰- نکات مهم در زمینه چوب پلاستیک:

**الف)** از لحاظ اقتصادی؛ قیمت پلاستیک‌ها خیلی بیش‌تر از چوب - پلاستیک‌ها است. بنابراین اگر پلاستیک‌ها توسط چوب - پلاستیک جایگزین شوند، از پتانسیل مزیت اقتصادی برخوردار بوده و در زمان مصرف نیز به نگهداری و تغییر کمتری احتیاج دارند که این نکته نیز به مزیت اقتصادی آن می‌افزاید. چوب

پلاستیک‌های مختلف در داخل و خارج ساختمان، صنایع دریایی و ... کاربرد خواهند داشت.

ب) از لحاظ کیفی و مقاومتی نیز این ماده به دلیل خصوصیات ذاتی (چند سازه‌ای بودن)، خواص متمایزی در مقایسه با هر یک از دو جزء تشکیل دهنده آن دارد.

ج) قابلیت تبدیل مجدد (بازیافت) به محصول اولیه و با همان کیفیت را دارد.

د) فرایند تولید مواد چند سازه چوب - پلاستیک ضایعات بسیار کمی تولید می‌کند و به علاوه این ضایعات قابل مصرف مجدد هستند.

و) نکته جالب توجه این است که می‌توان از ضایعات چوبی و پسماندهای کشاورزی و یا حتی ضایعات پلاستیکی به عنوان مواد اولیه تولید این محصول استفاده کرد، زیرا گستردگی کاربرد مواد پلاستیکی در زندگی انسان‌ها و افزایش مصرف روز افزون آن‌ها باعث شده است که حجم زیادی از این مواد پس از استفاده به صورت ضایعات دور ریخته شوند و حجم زیادی از زباله‌های شهری، روستایی و صنعتی را تشکیل دهند.

ز) با توجه به اینکه این ترکیبات قابل تجزیه و تخریب بیولوژیکی نبوده و زمانی که در محیط پراکنده می‌شوند مشکلات زیادی را برای محیط زیست ایجاد خواهند کرد، بنابراین بازیافت این مواد از نظر زیست محیطی و اقتصادی بسیار حایز اهمیت است.

#### ۱۱- نتیجه گیری:

با توجه به نگرانی‌های زیست محیطی و لزوم جایگزینی موادی که دارای تخریب بیولوژیکی در محیط زیست بوده و خواص ویژه و مقاومت‌های بهینه تری دارند به جای پلیمرها و پلاستیک‌ها از کامپوزیت‌ها می‌توان استفاده کرد.

صنعت دنیا به دنبال استفاده و ایجاد فناوری تولید مواد و قطعات کامپوزیتی [الیاف طبیعی (چوب) + پلیمر] هست و با توجه به قوانین زیست محیطی اتحادیه اروپا مبنی بر جایگزینی ۹۰٪ قطعات بدنه و تزئینات داخلی هواپیماها، خودروها، مبلمان، لوازم اداری و خانگی با این

کامپوزیت‌ها تا سال ۲۰۱۴ میلادی و رشد ۵۰ درصدی بازار جهانی محصولات و پروفیل‌های ساختمانی و لوازم اداری و خانگی و ۳۵ درصدی بقیه قطعات حاصل از این کامپوزیت‌ها، سودآوری و آینده این صنعت را تضمین می‌نماید. پشتوانه کاری برای تولیداتی با کیفیت بالا و قابل رقابت در عرصه داخلی و بین‌المللی، تیم کاری مجرب و متخصص مرتبط با این صنعت و همچنین سرمایه‌گذاری اصولی همراه با تولید محصولات منحصر به فرد می‌باشد.

با توجه به موارد ذکر شده در بالا می‌توان نتیجه گرفت که چوب پلاستیک می‌تواند به عنوان یکی از مهم‌ترین مواد در بسته‌بندی به کار رود. به دلایل خصوصیات مقاومتی، مقاومت در برابر عوامل مخرب زیستی، ضد آب، مقاومت به ضربه و بسیاری از موارد دیگر می‌توان از حفاظت محصول در بسته‌بندی چوب پلاستیک اطمینان داشت. و این در حالی است که قیمت این محصول نیز پایین می‌باشد.

حمل و بسته‌بندی بسیاری از محصولات گران قیمت نظیر اتومبیل‌ها، لوازم خانگی، مواد شیمیایی و غیره می‌تواند توسط چوب پلاستیک صورت گیرد.

#### ۱۲- پانوش:

1. Wood Plastic Composite
2. Lignocelluloses
3. Propylen
4. Poly vinyl coloried
5. Backlit
6. Phenol formaldehyde
7. Roselsroise
8. Poly propylen
9. Poly wood
10. Poly board
11. Wood flex
12. Anti- bacterial
13. Medium Density Fiberboard
14. Interfaces
15. Matrix
16. Reinforcement
17. Poly ethylene
18. Thermo set
19. Thermo plaste
20. Epoxy



21. Low density poly ethylene
22. High density poly ethylene
23. Medium density poly ethylene
24. Lignin
25. Hemicellulose
26. Terpenes
27. Compounding
28. Dubai
29. Mixer
30. Injection molding
31. Bassano
32. En tek
33. Lubricant
34. Heat stabilizers
35. Light stabilizers
36. Flam retardant
37. Coupling agents

۱۳- منابع:

1. A. A. Klesov. "Wood-Plastic Composites". 2007.
2. Jin-Kuk Kim and Kaushik Pal. "Recent Advances in the Processing of Wood-Plastic Composites (Engineering Materials)". 2010.
3. D. Mann and C. Foster. "The European Wood Plastics Composites Market: Construction, Furniture and Other Applications". 2003.

آدرس نویسنده:

کرج - مهر شهر - بلوار آزادی - دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج - گروه علوم صنایع چوب و کاغذ.