

## چکیده

تحقیقات بر روی چوب و کامپوزیت های پلاستیک-فیبر طبیعی برای دهه های متعددی از موضوعات پرطرفدار بوده است. امروزه استفاده از کامپوزیت های چوب پلاست در زمینه های مختلف، گسترش به سزایی یافته است با وجودی که تا حدود پنج سال پیش تنها استفاده از این کامپوزیت ها در آمریکا، صنعت خودروسازی بوده است. با اینکه این صنعت نسبت به کامپوزیت های چوبی سنتی، بازار بسیار کوچکی را در اختیار دارد، با این وجود توجه صنعتگران بسیاری را در هر دو زمینه محصولات چوبی و پلاستیک جلب کرده است. به منظور طراحی، ساخت و فروش این کامپوزیت ها، لازم است محققان، تامین کنندگان مواد خام، تولیدکنندگان تجهیزات و تولیدکنندگان محصولات نهایی با یکدیگر همکاری نمایند.

## تاریخچه

از جمله مزایای چوب و سایر فیبرهای طبیعی نسبت به پرکننده و تقویت گرهای مصنوعی، میتوان به وزن کم، قدرت سایش پایین و قابلیت تجدیدپذیری را نام برد. به طورمثال با استفاده از آردچوب نه تنها میتوان هزینه تولید را کاهش داد بلکه با کمترین افزایش وزن، مقاومت و ثبات ابعاد در تغییرات دمایی نیز افزایش می یابند.

در صورت استفاده از عوامل جفت کننده مناسب، برای افزایش استحکام ترموپلاست، از چوب و یا سایر فیبرهای طبیعی نیز میتوان به عنوان فیبر تقویت کننده استفاده کرد.

با وجود اینکه محققان سالیان متعددی از مزایای استفاده از چوب و سایر فیبرهای طبیعی صحبت کرده اند، تا پیش از این تنها تعداد اندکی از تولیدکنندگان آمریکایی از آنها برای تولید ترموپلاست ها استفاده میکردند.

به احتمال قوی دلیل این استفاده کم، عدم آشنایی دو صنعت با کاربردهای یکدیگر است. این دو صنعت تعداد بسیار اندکی تامین کننده یکسان دارند و به علاوه مقیاس کاری هر یک با دیگری متفاوت است. به علاوه آن دسته از تولیدکنندگانی که در گذشته از چوب و یا سایر فیبرهای طبیعی در تولید ترموپلاست ها استفاده کردند، به احتمال قوی از مشکلات نم بینی و کاهش دمای آنها غافل بودند؛ با این وجود امروزه با توجه به فواید زیاد این نوع مواد از جمله در دسترس بودن، ارزانی و وزن سبکشان نسبت به سایر تقویت کننده های غیرارگانیک، روز به روز بر مصرف کنندگانشان افزوده میشود. بخشی از زمینه تاریخی استفاده از این مواد در زیر آورده شده است.

در سال ۱۹۸۳، شرکت امریکن وود استاک واقع در ویسکانسین با استفاده از فن آوری ایتالیا، شروع به تولید بخش های داخلی خودرو کرد. ابتدا پلی پروپیلن به همراه حدود ۵۰٪ آردچوب به صورت خطی با یکدیگر مخلوط شده و در یک صفحه تخت اکستروژد شدند که بنابر کاربردشان داخل ماشین، به شکل های مختلف درآمدند. این پروژه یکی از اولین کاربردهای چوب پلاستیک بزرگ در آمریکا به شمار میرود.

در سال ۱۹۹۱ اولین کنفرانس کامپوزیت پلاستیک و فیبرچوبی در ویسکانسین به هدف گردهم آوردن محققان و فعالان صنعت در هر دو حوزه محصولات چوبی و پلاستیک به منظور تبادل اطلاعات در حیطه تکنولوژی و ایده های کامپوزیت های پلاستیک-فیبرچوبی برگزار شد. متعاقباً در همان سال، کنفرانس های مشابهی در اونتاریو کانادا نیز برپا شده و در همان دهه تعداد کنفرانس های مشابه رشد به سزایی کرد.

در اوایل دهه ۹۰ میلادی شرکت تکنولوژی های بازیافتی پیشرفته واقع در تگزاس با شرکت موبیل کیمیکال در ایالت ویرجینیا دست به تولید کامپوزیت های چوب پلاستیک خالص با استفاده از ۵۰٪ آرد چوب و پلی اتیلن زد. این کامپوزیت ها در ساخت کف پوش، الوار، میز پیک نیک و کف پوش های صنعتی مورد استفاده قرار گرفتند. امروزه نیز کاربرد چوب پلاستیک ها در زمینه الوارهای کف پوش، بزرگترین سهم از بازار را دارا میباشد. به علاوه بخشی از این چوب پلاست ها نیز به عنوان چارچوب در و پنجره مورد استفاده قرار گرفتند.

ها نمود که در PVC در سال ۱۹۹۳ شرکت اندرسون در مینسوتا نیز برای تولید درهای فرانسوی دست به تولید زیرمجموعه ای از هستند که در شکل PVC آن از فیبر چوب به عنوان تقویت کننده استفاده شده بود. این نوع محصولات معمولاً حاوی ۴۰٪ چوب داخلی های خالص اولیه اکستروژد میشوند. گسترش این تولیدات باعث افتتاح خط جدیدی برای کامپوزیت های چوب-پی وی سی شد که به شرکت اندرسون این اجازه را میداد تا از بازیافت اضافات حاصل از پردازش بر روی چوب و پلاستیک شرکتش، استفاده بهینه ببرد. امروزه نیز تولید پروفیل های در و پنجره دومین جایگاه را در بازار چوب پلاست ها دارد.

در اوایل دهه ۱۹۹۰، شرکت استارندکس در ویسکانسین اختراعش را برای فن آوری ای در زمینه اکستروژن درصد بالایی از چوب (حدود ۷۰٪) در کامپوزیت ها را در شکل های اولیه، به ثبت رساند

در سال ۱۹۹۶ نیز تعداد کمی از شرکت های آمریکا شروع به تولید مواد اولیه برای صنعت کامپوزیت های چوب پلاستیک کردند

## بازار کنونی

صنعت کامپوزیت های چوب پلاستیک نسبت به سالهای دهه ۹۰ گسترش قابل توجهی را تجربه کرده است. امروزه چوب و سایر کیلوگرمی تقویت کننده ها را تشکیل میدهند. این ارقام افزایش ۱۳۵ درصدی را در استفاده از e95/2 فیبرهای طبیعی ۷٪ از بازار فیبرهای طبیعی نشان میدهند که بیشتر آن در ۵ سال اخیر صورت گرفته است. به علاوه قیمت فیبر چوبی قابل مقایسه با قیمت های پرکننده های غیرارگانیک چون کلسیوم کریبات و تالک است. قیمت پایین فیبرهای چوبی را میتوان به مقدار قابل توجه ضایعات تولید شده در صنعت چوب آمریکا نسبت داد؛ به طور مثال، در سال ۱۹۹۸، ۶۰ میلیون متریک تن باقیمانده چوب در مرحله اولیه تولید الوار تولید شد. با وجودیکه بخشی از این ضایعات غیرقابل استفاده بوده و سوزانده میشوند؛ میتوان از تکه های بزرگ آن در تولید ترموپلاست ها به عنوان پرکننده و تقویت کننده استفاده کرد

امروزه استفاده از آردچوب ها در تولید کامپوزیت های چوب پلاست از سایر فیبرهای طبیعی، پیشی گرفته است. چرا که تراکم بالای آرد چوب در حجم یکسان نسبت به سایر فیبرهای طبیعی، قیمت پایین، شناخته بودن و در دسترس بودن آن برای صنعت ساخت و ساز بسیار جذاب به نظر میرسد

با وجود استفاده گسترده از آرد چوب در کامپوزیت های چوب پلاست، مصرف سایر فیبرهای طبیعی خصوصاً در کاربردهای خودروسازی روبه گسترش است. باوجودیکه سایر فیبرهای طبیعی حدوداً دو برابر آردچوب قیمت دارند، باز هم از اکثر تقویت کننده های دیگر از جمله فیبرهای شیشه ای، ارزاتر هستند. لازم به ذکر است که استحکام این فیبرها نسبت به سایر تقویت کننده هایی چون شیشه، کمتر است با این وجود به دلیل چگالی پایینشان باز هم مورد استقبال گسترده ای قرار گرفتند. این افزایش کاربرد به قدری گسترده و جدی بوده است که گزارشات حاکی از اعلام آمادگی شرکت های بزرگ تولید فیبرهای شیشه ای برای همکاری با شرکت های تولیدکننده فیبرهای طبیعی هستند. البته دسترسی به فیبرهای طبیعی بسته به منطقه متفاوت بوده و همچنین هزینه حمل و نقل و مشکلات نگهداری را نیز نباید فراموش کرد

الوار، پروفیل در و پنجره و بازار لوازم خودرو بیشترین محصولات تولید شده با استفاده از چوب پلاست ها را در آمریکا شامل میشود

## پوشانه

با وجود تولید محصولاتی چون حصار، کفیوش های صنعتی، الوار چوب، نرده و قالب؛ بیشترین رشد در بازار کامپوزیت های چوب پلاست مختص به محصولات ساختمانی از جمله پوشانه ها است

دلار صرف الوار آن کردند. بازار پوشانه ها تقریباً e99/1 در سال ۱۹۸۷، صاحبان خانه حدود ۶/۳ میلیون پوشانه خریده و حدود به همان صورت باقیمانده و همچنان نیز از بزرگترین بازارها به شمار میرود. با وجودیکه الوار فشار دیده هنوز هم بیشترین مصرف را در زمینه پوشانه ها دارند، استفاده از چوب پلاست ها نیز روز به روز گسترده شده و برخی آن را معادل ۷٪ کل بازار میدانند

با وجود اینکه پوشانه های چوب پلاست نسبت به الوار فشار دیده، قیمت بالاتری دارند ولی به دلیل نیاز به نگه داری اندک، ماندگاری بالا، دوستدار محیط زیست بودن، نشکن و ضد خط بودن، روز به روز به تعداد تولیدکنندگان آن افزوده میشود

بحث های بسیاری حول عمر مفید کامپوزیت های چوب پلاستیک وجود دارد. به علاوه افزایش مقاومت و کاهش انبساط حرارتی نسبت به الوارهای پلاستیک پر نشده، از جمله مزایایی است که همواره مورد توجه تولید کنندگان بوده است. همچنین علاوه بر شکل های تو خالی و یا دنده دار، شکل های مستطیلی ساده نیز قابل ساخت است. آرد چوب، فیبر چوب و پوست برنج از جمله پرکننده های رایج در تولید چوب پلاست ها هستند. معمولاً درصد استفاده از فیبر چوب ۵۰ است با این حال در برخی محصولات خاص این درصد تا ۷۰ نیز قابل افزایش است، پلاستیک استفاده شده در این محصولات نیز انحصاراً پلی اتیلن است. آمریکا حداقل ده شرکت فعال در حوزه تولید پوشانه به کمک ترموپلاستیک های پر شده با فیبرهای طبیعی دارد که بازار تنها در دست بزرگترین آنها است. یکی از این شرکت ها اذعان دارد که تا پایان سال جاری تعداد پخش کننده هایش را به ۲۵۰۰ خواهد رساند

## پروفیل های در و پنجره

تولیدکنندگان پروفیل های در و پنجره بخش بزرگ دیگری را در صنعت استفاده از کامپوزیت های چوب پلاستیک به خود اختصاص میدهند. میزان فیبر موجود در محصولات حدود ۳۰٪ تا ۷۰٪ قابل تغییر است و با وجود استفاده از ترکیبات پلاستیکی مختلف، های بدون PVC های پر شده با چوب، نسبت به PVC برای بخش پلاستیکی در پنجره ها استفاده میشود. با وجودیکه PVC معمولاً از پرکننده قیمت بالاتری دارند ولی به دلیل تعادل گرمایی بالا، مقاومت در برابر رطوبت و استحکام بالا، این محصولات به موفقیت چشمگیری دست یافتند و فعالیت های انحصاری در این زمینه زیاد است.

شرکت های صنعتی زیادی کامپوزیت های چوب پلاستیک را در خط تولید خود گنجانده اند ولی نحوه تولیدشان بایکدیگر متفاوت است. معمولی اکستروود PVC پر شده با چوب را به همراه PVC به طور مثال یکی از کارخانجات بزرگ برای دستیابی به ماندگاری بالا، های پر شده با چوب میپوشاند که PVC معمولی استفاده کرده و سطح آن را با PVC میکند و یا یک شرکت دیگر، برای بخش داخلی از با درصد بالایی فیبر چوب برای استحکام PVC قابل رنگ آمیزی هستند. همچنین یکی از کارخانه ها دو نوع کامپوزیت متفاوت، یکی و دیگری کامپوزیتی با داخل فومی با قابلیت میخ و پیچ شدن، تولید میکند.

## کاربردهای خودروسازی

با وجودیکه صفحه های پروپیلن به منظور استفاده در داخل خودرو توسط تعداد زیادی شرکت در آمریکا تولید میشود، اکثر کارخانه ها به استفاده از تقویت کننده های فیبر طبیعی دیگری علاوه بر چوب، نیز روی آورده اند. با این حال رشد کاربرد تقویت کننده های فیبری در حوزه صنعت خودرو، نسبت به اروپا با سرعت کمتری پیش رفته است.

یکی از پردازنده های دسته اول آمریکا با استفاده از تکنولوژی آلمان شروع به تولید رودری خودرو با استفاده از کامپوزیت های فیبر طبیعی و پلی پروپیلن و پلی-استر کرد که از آن استقبال گسترده ای شد. سایر بخش های خودرو نیز با استفاده از این فناوری قابل ساخت است، به عنوان مثال پلی پروپیلن تقویت شده با کتان، برای ساخت پانل های عقب خودرو استفاده میشود؛ کاربرد این مواد در سایر بخش های خودرو نیز در حال بررسی و تست است.

## سایر کاربردها

با وجودیکه این قسمت، سهم چندان بزرگی از بازار را شامل نمیشود ولی تعداد زیادی از انواع محصولات، امروزه با استفاده از ترموپلاستیک های پر شده با الیاف طبیعی تولید میشوند از جمله این محصولات میتوان از درزگیرهای چوبی، پالت، دستگیره، بدنه خارجی جکوزی و لوازم اداری نام برد.

وجود ترکیب کنندگان چوب و سایر فیبرهای طبیعی با ترموپلاستیک ها، راه را برای رشد این بازار هموار کرده است. چرا که اکنون سایر تولیدکنندگانی که عملیات ترکیب مواد اولیه را خودشان انجام نمیدادند و یا حس میکردند، ترکیب ترموپلاستیک با چوب کار پیچیده ای است نیز میتوانند به راحتی چوب پلاستیک را تهیه کرده و محصول خود را تولید نمایند. با وجودیکه فرمول به کارگرفته شده در تولید چوب پلاستها میتواند بسته به شرکت متفاوت باشد ولی ترکیبات موجود در بازار عموماً دارای ۳۰ الی ۷۰ درصد فیبر است. همچنین تمامی محصولات شامل مقداری روان کننده، عامل PVC طبیعی به همراه پلی پروپیلن، پلی تیلن، پلی استایرن و یا و عامل کف زا هستند UV جفت کننده، تثبیت کننده های

## تولیدکنندگان تجهیزات

بسیاری از تولیدکنندگان فعال در این بخش، خصوصاً تولید کنندگان اکسترودرهای دارای پیچ تغذیه دوقلو، تجهیزات مورد نیاز برای تولید چوب پلاستیک ها را هدف قرار داده و به تولید دست زده اند، برخی از آنها با شرکت های اروپایی نیز همکاری میکنند. از جمله نوآوری های اخیر در این زمینه بخش های تغذیه است که قابلیت آماده سازی فیبرهای کم تراکم، خط های پردازش فیبرهای پرتراکم و خشک کننده داخلی را برای تولید چوب پلاست دارد. به علاوه بسیاری از تولید کنندگان خطوط دارای خشک کننده داخلی، در حال تولید سیستم های تگ منظوره برای آرد چوب نیز هستند.

## بازار آینده

چوب و سایر فیبرهای طبیعی بخش بزرگ و جدا ناپذیری از بازار پرکننده و تقویت کننده ها را به خود اختصاص داده اند. که به نوبه خود باعث رشد بازار و جلب توجه تامین کنندگان مواد، تولیدکنندگان تجهیزات و تولیدکنندگان محصولات نهایی شده است.

با توجه به استقبال روز افزون آمریکا در استفاده از چوب و سایر فیبرهای طبیعی به عنوان پرکننده و تقویت کننده، گمان میرود که محصولات ترمو چوب پلاستیک، افزایش ۵۰ درصدی را طی ۵ سال آینده تجربه کند. بیشتر این رشد مرهون پیشرفت سریع در صنعت پوشانه هاست، پیشرفت در این بخش به قدری سریع است که گزارشات حاکی از عدم توانایی رشد بسیاری از تولیدکنندگان با این سرعت است.

در زمینه خودروسازی، این رشد با شیب کمتری نسبت به کاربردهای ساختمانی رشد خواهد کرد چرا که وابستگی شدیدی به هزینه حمل و نقل فیبرهای طبیعی دارد، این بازار با رشد ۱۵ درصدی برای پنج سال آینده پیش بینی میشود.

امروزه پیشرفت، حاصل تلاش صنعت و محققان علمی در کنار یکدیگر است. به طور مثال محققان در حال دستیابی به روش هایی بهینه برای فرآیند پردازش، تولید تکنیک های میکروسازه و افزودنی های جدید برای بهبود کارایی و پردازش هستند. این تحقیقات به استفاده صحیح از مواد اولیه، افزایش راندمان، بهبود کارایی و فرصت سازی برای تولید محصولات جدید کمک به سزایی میکند.

اگر راجع به ترموپلاست ها مطالب زیادی دیده یا شنیده نمیشود، بدین مفهوم نیست که بازار رشدشان محدود و یا کاربریشان اندک است، هر چند در چند مجله صاحب نام طی سالهای اخیر شاهد مقالاتی در این حوزه بوده ایم. به علاوه این محصولات در نمایشگاههای بزرگ مربوط به صنعت، به خوبی نمایش داده شده است. همچنین در بازه سالهای ۱۹۹۹ الی ۲۰۰۱، به دلیل رشد فزاینده کاربردهای آنها، کنفرانس هایی در آمریکا و کانادا نیز در همین زمینه برگزار شده است.