





دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دانشکده منابع طبیعی

گروه مهندسی چوب و کاغذ

پایان نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد در رشته‌ی حفاظت و اصلاح

عنوان:

اثر اصلاح گرمایی باگاس بر خواص حرارتی، فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب باگاس -

پلی پروپیلن

نگارش:

میلاذ زارع

اساتید راهنما :

دکتر سید مجید ذبیح زاده

دکتر سید محمود کاظمی

استاد مشاور:

دکتر مریم قربانی

دی ۱۳۹۲

تقدیر و تشکر

سپاس بی پایان به درگاه خداوند که همواره در تمامی مراحل زندگی یار و یاور بنده است.

و اینک تا بدین جا رسیده ام، مدیون تمام آنانی، هستم که دلسوزانه مراد عبور از مراحل مختلف زندگی ام یاری کرده اند.

سپاس از عزیزان، همیشه همراهم، بزرگواران، اساتید عزیزم و کلیه دوستان.

اساتید کرامتقدر جناب آقایان دکتر سید مجید فیچ زاده و دکتر سید محمود کاظمی که در سمت استاد راهنما در طول انجام این پایان نامه با نصایح بسیار مهم و شایسته، در جهت هر چه بهتر شدن این پایان نامه همواره هادی من بودند کمال تشکر را دارم.

از سرکار خانم دکتر مریم قربانی استاد مشاور کرامتقدر که در تکمیل بسیاری از مباحث یاری ام نموده اند نهایت تشکر را دارم.

از داوران ارجمند جناب آقایان دکتر نظر ثراد و دکتر اسد پور که زحمت داوری پایان نامه ام را

پذیرفتند؛

و همچنین نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر جلیلووند که مدیریت جلسه دفاع ام را تقبل

نمودند شکر و قدردانی نموده. و حامیان همیشه در کنارم، خانواده ام، که راهم را در رسیدن به هدفم، هموار

کردند تا در اسامی رسیدن به آن گام بردارم.

و در نهایت از همکاری کارشناس گروه جناب آقای مهندس ظاهری، کلیه دوستان و همکلاسی های

عزیزم و تمامی کارکنان دانشکده منابع طبیعی ساری کمال شکر را دارم.

تقدیم بہ پدر و مادر مہربانم

کہ ہموارہ مشوق من در راہ تحصیل و حامی من در زندگی

بودہ اند

و بیچ کلامی رایارای

قدر دانی نمی دانم

چکیدہ:

این مطالعه با هدف بررسی اثر تیمار گرمایی بر پایداری گرمایی آرد باگاس، رفتار هیگروسکوپیک طولانی مدت و خواص مکانیکی مواد مرکب ساخته شده از آرد باگاس- پلی پروپیلن انجام شد. آرد باگاس در سطوح دمایی ۱۶۰، ۱۸۰ و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه تیمار گرمایی گردید و به نسبت ۳۰ درصد وزنی با پلی پروپیلن مخلوط شد. تغییرات شیمیایی آرد باگاس تیمار شده با طیف‌بینی FTIR بررسی گردید. مقاومت‌های مکانیکی مواد مرکب شامل خواص خمشی، مقاومت به ضربه فاق‌دار و خواص فیزیکی شامل جذب آب و واکنشیدگی ضخامت پس از حدود ۳۰۰۰ ساعت غوطه‌وری اندازه‌گیری شدند. پایداری گرمایی آرد باگاس با روش تحلیل وزن‌سنجی گرمایی (TGA) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار گرمایی منجر به افزایش خواص خمشی (مدول خمشی و مدول الاستیسیته) و کاهش مقاومت به ضربه فاق‌دار، کاهش جذب آب و بهبود واکنشیدگی ضخامت مواد مرکب می‌شود. با افزایش دمای تیمار، خواص فیزیکی مواد مرکب بهبود یافت و افزایش مقاومت‌های مکانیکی محسوس‌تر شد. همچنین کاهش جرم آرد باگاس بعد از تیمار با افزایش دمای تیمار گرمایی بیش‌تر شد. تیمار گرمایی منجر به بهبود پایداری گرمایی آرد باگاس گردید. آرد باگاس تیمار شده در دماهای ۱۶۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد پایداری گرمایی بیشتری نسبت به آرد باگاس تیمار شده در دمای ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد داشت. استفاده از عامل جفت‌کننده موجب بهبود خواص خمشی و ویژگی‌های فیزیکی مواد مرکب بویژه در نمونه‌های تیمار گرمایی نشده گردید و با افزایش دما تاثیر آن کمتر شد. در کلیه تیمارها عامل جفت‌کننده منجر به کاهش مقاومت به ضربه فاق‌دار شد.

کلمات کلیدی : تیمار گرمایی، مواد مرکب، باگاس، پلی پروپیلن، عامل جفت‌کننده، خواص فیزیکی و مکانیکی، پایداری گرمایی

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

- ۱- کلیات..... ۲
- ۱-۱- مقدمه..... ۲
- ۲-۱- فرضیات پژوهش..... ۴
- ۳-۱- اهداف پژوهش..... ۴
- ۴-۱- مواد مرکب الیاف طبیعی و پلیمرهای گرمانرم..... ۵
- ۵-۱- تاریخچه و بازار مصرف..... ۶
- ۶-۱- روش‌های ساخت مواد مرکب الیاف طبیعی-پلیمرهای گرمانرم..... ۷
- ۷-۱- مواد اولیه مورد استفاده در صنعت چوب-پلاستیک..... ۸
- ۸-۱- پلی پروپیلن..... ۱۰
- ۹-۱- باگاس..... ۱۰
- ۱۰-۱- تیمار گرمایی..... ۱۲
- ۱۱-۱- روش‌های اصلاح خواص مواد مرکب الیاف طبیعی-پلاستیک..... ۱۳

فصل دوم: پیشینه تحقیق

- ۲- پیشینه تحقیق..... ۱۹

فصل سوم: مواد و روش‌ها

- ۳- مواد و روش‌ها..... ۲۵
- ۳-۱- عوامل ثابت و متغیر..... ۲۵
- ۳-۲- تهیه مواد اولیه..... ۲۶
- ۳-۲-۱- آرد باگاس..... ۲۶
- ۳-۲-۲- پلی پروپیلن..... ۲۷

- ۳-۲-۳- سازگار کننده..... ۲۷
- ۳-۳- روش‌ها..... ۲۷
- ۳-۳-۱- آماده‌سازی آرد باگاس..... ۲۷
- ۳-۳-۲- تیمار گرمایی آرد باگاس..... ۲۸
- ۳-۳-۳- ساخت مواد مرکب..... ۲۹
- ۳-۴- محاسبه کاهش جرم آرد باگاس بعد از تیمار گرمایی..... ۳۱
- ۳-۵- طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)..... ۳۱
- ۳-۶- تحلیل وزن سنجی گرمایی..... ۳۱
- ۳-۷- جذب آب و واکنشیدگی ضخامت طولانی مدت..... ۳۲
- ۳-۸- آزمون خمش استاتیک سه نقطه‌ای..... ۳۳
- ۳-۹- آزمون مقاومت به ضربه فاقدار..... ۳۳
- ۳-۱۰- پردازش آماری داده‌ها..... ۳۴

فصل چهارم: نتایج

- ۴- نتایج..... ۳۶
- ۴-۱- کاهش جرم بعد از تیمار گرمایی..... ۳۶
- ۴-۲- پایداری گرمایی..... ۳۷
- ۴-۳- طیف سنجی مادون قرمز (FTIR)..... ۳۹
- ۴-۴- ویژگی‌های فیزیکی مواد مرکب..... ۴۱
- ۴-۴-۱- جذب آب..... ۴۱
- ۴-۴-۲- واکنشیدگی ضخامت..... ۴۲
- ۴-۴-۵- خواص مکانیکی مواد مرکب..... ۴۳
- ۴-۵-۱- خواص خمشی..... ۴۳
- ۴-۵-۱-۱- مدول گسیختگی..... ۴۳

۴-۵-۱-۲- مدول الاستیسیته..... ۴۵

۴-۵-۲- مقاومت به ضربه فاقدار..... ۴۷

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۵- بحث..... ۵۰

۵-۱- کاهش جرم آرد باگاس..... ۵۰

۵-۲- پایداری گرمایی آرد باگاس..... ۵۰

۵-۳- طیف سنجی FTIR..... ۵۲

۵-۴- ویژگی های فیزیکی مواد مرکب..... ۵۲

۵-۵- خواص خمشی..... ۵۵

۵-۶- مقاومت به ضربه فاقدار..... ۵۷

نتیجه گیری..... ۵۸

پیشنهادها..... ۵۹

منابع..... ۶۱

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱- ساختمان واحدهای تکرار شونده پروپیلن در زنجیره پلیمری پلی پروپیلن..... ۱۰

شکل ۱-۲- قسمت های مختلف ساقه نیشکر..... ۱۱

شکل ۱-۳- ساختار زنجیر سلولزی..... ۱۳

شکل ۱-۴- ساختار آرابینوگلوکورونوزایلان..... ۱۴

شکل ۱-۵- بخشی از ساختار پیشنهادی آلدرا برای لیگنین..... ۱۵

شکل ۱-۳- خردکن چکشی مورد استفاده..... ۲۸

شکل ۲-۳- بسته بندی باگاس در فویل آلومینیومی..... ۲۸

شکل ۳-۳- اکسترودر مدل GMBH ساخت شرکت COLLIN..... ۲۹

شکل ۳-۴- آسیاب نیمه صنعتی مدل WGLS 200/200..... ۳۰

- شکل ۳-۵- دستگاه قالب‌گیری تزریقی مدل ۲۵۰ ساخت شرکت ایمن ماشین..... ۳۰
- شکل ۳-۶- دستگاه تحلیلگر وزن سنجی گرمایی مدل STA530..... ۳۲
- شکل ۳-۷- دستگاه اندازه‌گیری مقاومت به ضربه آیزود..... ۳۳
- شکل ۴-۱- کاهش جرم آرد باگاس بعد از تیمار گرمایی در دماهای مختلف..... ۳۷
- شکل ۴-۲- منحنی TGA ذرات باگاس تیمار نشده و تیمار شده در دماهای مختلف..... ۳۸
- شکل ۴-۳- طیف‌های FTIR نمونه شاهد و تیمار شده در دماهای مختلف..... ۴۰
- شکل ۴-۴- جذب آب طولانی‌مدت در تیمارهای مختلف..... ۴۱
- شکل ۴-۵- واکنش‌پذیری ضخامت در تیمارهای مختلف..... ۴۲
- شکل ۴-۶- مقایسه تغییرات مدول گسیختگی در تیمارهای مختلف..... ۴۵
- شکل ۴-۷- مقایسه تغییرات مدول الاستیسیته در تیمارهای مختلف..... ۴۶
- شکل ۴-۸- مقایسه تغییرات مقاومت به ضربه فاقدار در تیمارهای مختلف..... ۴۸

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱- خواص رزین‌های مورد استفاده در مواد مرکب الیاف طبیعی و پلیمرهای گرمانرم..... ۹
- جدول ۱-۲- مقایسه ابعاد الیاف باگاس با الیاف چوب سوزنی‌برگان و پهن‌برگان..... ۱۲
- جدول ۱-۳- فرمول‌بندی ساخت مواد مرکب..... ۲۶
- جدول ۲-۳- مشخصات سازگارکننده MAPP..... ۲۷
- جدول ۴-۱- تجزیه واریانس مقادیر کاهش وزن آرد باگاس در تیمارهای مختلف..... ۳۶
- جدول ۴-۲- دماهای افت جرم و مقدار خاکستر ذرات باگاس..... ۳۹
- جدول ۴-۳- تجزیه واریانس مقادیر مدول گسیختگی در تیمارهای مختلف..... ۴۳
- جدول ۴-۴- تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته در تیمارهای مختلف..... ۴۵
- جدول ۴-۵- تجزیه واریانس مقادیر مقاومت به ضربه فاقدار در تیمارهای مختلف..... ۴۷

۱- کلیات

۱-۱ مقدمه

طی دو دهه اخیر، مواد مرکب الیاف طبیعی و پلیمرهای گرمانرم برای کاربردهای متنوعی مانند ساختمان‌سازی و صنایع خودروسازی مورد پذیرش قرار گرفته‌اند و کاربرد آن‌ها در بازارهای جدید رو به گسترش است (کبورانی^۱، ۲۰۰۹). در ساخت این مواد مرکب، پلیمرهایی از قبیل پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن، پلی‌وینیل‌کلراید و پلی‌استر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به دنبال افزایش نسبی قیمت پلاستیک‌ها در چندین سال گذشته، افزودن پرکننده‌ها (شامل مواد آلی، معدنی و مصنوعی) به منظور کاهش هزینه‌ها و در برخی موارد افزایش تولید در صنعت پلاستیک، مورد توجه قرار گرفت. بسته به روش ساخت، پرکننده‌ها می‌توانند از ۱۰ تا ۸۰ درصد وزنی ماده مرکب را تشکیل دهند. به دلیل معایب پرکننده‌های معدنی (رس، تالک، آهک و...) و مصنوعی (شیشه، کربن و...) کاربرد آن‌ها محدود گردیده‌است و تمایل به استفاده از مواد لیگنوسلولزی شامل آرد یا الیاف چوبی و غیرچوبی نظیر باگاس، کتان، کنف، بامبو و کاه افزایش یافته‌است (بلدزکی^۲ و گاسون^۳، ۱۹۹۹).

مواد لیگنوسلولزی در مقایسه با پرکننده‌های معدنی و مصنوعی دارای مزایایی نظیر سهولت دسترسی و فراوانی، قیمت کم، قابلیت تجزیه زیستی و سازگاری با محیط زیست، چگالی کم، سایش کمتر تجهیزات و تجدیدپذیری می‌باشند (کانتررو^۴ و همکاران، ۲۰۰۳؛ هارگیتای^۵ و همکاران، ۲۰۰۸؛ ساینی^۶ و همکاران، ۲۰۰۹). ولی مواد لیگنوسلولزی به دلیل قطبی بودن با پلیمرهای گرمانرم غیرقطبی مانند پلی‌پروپیلن

^۱. Kaboorani

^۲. Bledzki

^۳. Gasson

^۴. Cantero

^۵. Hargitai

^۶. Saini

سازگار نیستند. از این رو، چسبندگی بین گرمانرم‌ها و مواد لیگنوسلولزی ضعیف است (بلدسکی و همکاران، ۱۹۹۸؛ جیانگ^۷ و کامدم^۸، ۲۰۰۴).

یکی دیگر از معایب مواد لیگنوسلولزی ویژگی جذب آب آن‌ها می‌باشد. رطوبت جذب شده در دیواره سلولی الیاف منجر به واکنشیدگی و تغییر ابعاد آن‌ها می‌شود، چسبندگی بین الیاف و ماده زمینه بر اثر واکنشیدگی کم می‌شود و خواص مکانیکی ماده مرکب کاهش می‌یابد (جوزف^۹ و همکاران، ۲۰۰۲؛ راول^{۱۰}، ۱۹۹۷). علاوه بر ناسازگاری بین پلیمرهای گرمانرم و مواد لیگنوسلولزی و جذب آب و واکنشیدگی مواد لیگنوسلولزی، محدودیت و مشکلی نیز در اختلاط پلیمرهای گرمانرم و مواد سلولزی وجود دارد که ناشی از دمای تخریب حرارتی مواد سلولزی است. به عبارتی دیگر نقطه پایین‌تر تخریب حرارتی مواد سلولزی نسبت به برخی از پلیمرهای گرمانرم سبب ایجاد موانع و محدودیت‌هایی در فرایند ساخت مواد مرکب الیاف طبیعی-پلاستیک می‌شود (سندی^{۱۱} و همکاران، ۱۹۹۷).

جهت رفع مشکلات فوق، روش‌های مختلفی مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته‌است. از جمله روش‌های بهبود عملکرد مکانیکی و فیزیکی مواد مرکب و افزایش چسبندگی بین الیاف طبیعی و پلیمرهای گرمانرم، استفاده از عوامل سازگارکننده می‌باشد (بلدزکی و گاسان، ۱۹۹۹؛ ساینی و همکاران، ۲۰۰۹). سازگارکننده‌ها موادی هستند که با داشتن یک بخش قطبی و یک بخش غیرقطبی به‌عنوان عاملی برای اتصال بهتر مواد لیگنوسلولزی و پلیمر در ساخت مواد مرکب در مقادیر کم مصرف می‌شوند. این مواد منجر به اصلاح سطح مواد لیگنوسلولزی و برهم‌کنش بین آن و ماده زمینه پلیمری شده و در نتیجه سبب بهبود چسبندگی در سطح مشترک می‌شوند (تجونگ^{۱۲} و همکاران، ۱۹۹۹؛ ونگ^{۱۳} و مورل^{۱۴}، ۲۰۰۴).

^۷. Jiang
^۸. Kamdem
^۹. Joseph
^{۱۰}. Rowell
^{۱۱}. Sanadi
^{۱۲}. Tjong
^{۱۳}. Wang
^{۱۴}. Morrell

تیمار گرمایی الیاف لیگنوسلولزی یکی دیگر از روش‌های اصلاح ویژگی‌های مواد مرکب است. تجزیه همی سلولزها طی تیمار گرمایی سبب بهبود ثبات ابعادی الیاف لیگنوسلولزی می‌شود. بنابراین استفاده از الیاف تیمار گرمایی شده در ساخت مواد مرکب سبب کاهش جذب آب و در نتیجه ثبات ابعاد بیشتر مواد مرکب می‌شود. علاوه بر این، تیمار گرمایی می‌تواند ماهیت قطبی الیاف لیگنوسلولزی را تغییر دهد و سبب سازگاری بهتر بین الیاف لیگنوسلولزی و پلیمرهای گرمانرم شود و سرانجام مواد مرکب با کیفیت بالا و مقاومت‌های مکانیکی بیشتر تولید می‌شود (کبورانی و همکاران، ۲۰۰۸). براساس تئوری، اضافه کردن الیاف لیگنوسلولزی تیمار گرمایی شده‌ای که ترکیبات ناپایدار آن‌ها تجزیه و یا طی تیمار دچار تغییر ساختاری شده‌اند، می‌تواند سبب بهبود پایداری گرمایی مواد مرکب شود.

۱-۲ فرضیات پژوهش :

- ۱- اصلاح گرمایی ذرات باگاس منجر به بهبود خواص مکانیکی مواد مرکب می‌شود.
- ۲- اصلاح گرمایی ذرات باگاس، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مواد مرکب را کاهش می‌دهد.
- ۳- اصلاح گرمایی ذرات باگاس، پایداری حرارتی آن را افزایش می‌دهد.

۱-۳ اهداف پژوهش :

- ۱- افزایش سازگاری بین پلی پروپیلن و ذرات باگاس از طریق اصلاح گرمایی ذرات باگاس.
- ۲- بهبود خواص فیزیکی ماده مرکب.
- ۳- بهبود پایداری حرارتی ماده مرکب.

۱-۴ مواد مرکب الیاف طبیعی و پلیمرهای گرمانرم

اصطلاح چوب-پلیمر به دو گروه متفاوت از مواد مرکب اطلاق می‌شود. در یک گروه مونومر در داخل چوب با روش‌های متداول اشباع چوب تزریق شده و پلیمر شدن مونومر با استفاده از روش‌های مختلف به انجام می‌رسد. ماده حاصل دارای ظاهری مانند چوب با دانسیته و ثبات ابعاد بیشتری بوده و خواص مکانیکی آن از چوب بهتر است. در گروه دیگر اختلاط پلیمرهای گرمانرم و مواد لیگنوسلولزی که می‌تواند به صورت پودر یا الیاف کوتاه باشد در یک سیستم اختلاط انجام می‌شود. ماده حاصل بیشتر شبیه پلاستیک بوده و در گروه

پلاستیک‌های تقویت‌شده طبقه‌بندی می‌شود. پلیمرهای پلی‌پروپیلن^{۱۵}، پلی‌اتیلن^{۱۶}، پلی‌وینیل‌کلراید^{۱۷} و الیاف طبیعی نظیر چوب، کتان، کنف، باگاس، پوسته برنج و غیره در ساخت این مواد مرکب مورد استفاده قرار می‌گیرند. این دسته از مواد با طرح بحث بازیافت کیسه‌های پلی‌اتیلن متولد شدند و گروهی از محققین به تولید مواد مرکب پلی‌اتیلن بازیافتی با چوب اقدام نمودند. با توجه به محدودیت‌های ایجاد شده توسط سازمان محیط زیست جهانی در ارتباط با کاهش قطع درختان و استفاده از منابعی با دوره تجدیدپذیری کوتاه، استفاده از ضایعات صنایع دیگر از جمله کارخانه‌های چوب‌بری و تولید مبلمان مثل پودر چوب مورد توجه قرار گرفت. پیش از آن، خرده‌چوب‌های بازیافتی یا پودر چوب همراه با چسب برای کاربردهای خاص مانند نئوپان و تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF^{۱۸}) استفاده می‌گردید. از آنجا که این ضایعات نمی‌تواند پاسخگوی صنعت مواد مرکب باشد، ضرورت استفاده از منابع سلولزی دیگر مطرح گردید و استفاده از ضایعات کشاورزی از جمله پوسته برنج، کاه و باگاس راه حل مناسبی برای این معضل بود. از جمله مزایای مواد مرکب الیاف طبیعی و پلیمرهای گرمانرم می‌توان به قیمت پایین، سفتی و مقاومت ویژه بالا، دانسیته پایین، تجدیدپذیری الیاف و تخریب‌پذیری مواد مرکب اشاره نمود (وو^{۱۹} و همکاران، ۲۰۰۰؛ گاتنهولم^{۲۰} و همکاران، ۲۰۰۳).

فرآیند تولید مواد مرکب چوب-پلاستیک مشکلاتی دارد که می‌توان به سازگاری پایین بین الیاف چوب و پلیمر، ناپایداری الیاف در دمای بالاتر از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، جذب رطوبت بالا و قدرت پخشندگی پایین الیاف در ماتریس پلیمری اشاره نمود. جهت حل یا کاهش موارد فوق، از افزودنی‌ها در مواد مرکب چوب-پلاستیک استفاده می‌شود. پلیمرها، موادی آبگریز و غیرقطبی و درحالی که چوب آبدوست و قطبی می‌باشد. سازگارکننده‌ها دارای یک‌سر آبدوست و یک‌سر آبگریز می‌باشند و برهم‌کنش بین چوب و پلیمر را افزایش می‌دهند بنابراین سازگارکننده نه تنها باعث پراکنش بهتر الیاف سلولزی در پلیمر می‌گردند بلکه برهم‌کنش

^{۱۵}. Polypropylene

^{۱۶}. Polyethylene

^{۱۷}. Polyvenylechloride

^{۱۸}. Medium density fiber board

^{۱۹}. wu

^{۲۰}. Gatenholm

و چسبندگی آن‌ها باعث افزایش خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب حاصل می‌گردد. برای افزایش بیشتر خواص مکانیکی و پراکنش بهتر، اصلاح سطحی الیاف توصیه می‌شود، اما این روش هزینه‌های بیشتری نیز در بردارد. از ویژگی‌های دیگر این صنعت می‌توان به تولید محصولات با ظاهری مشابه چوب و قابلیت شکل‌دهی همانند پلاستیک‌ها اشاره نمود (کلیسوف^{۲۱}، ۲۰۰۷).

۱-۵ تاریخچه و بازار مصرف

مصرف مواد مرکب چوب-پلاستیک در ایالات متحده شروع شد و اکنون نیز بیشترین مصرف این مواد در آمریکای شمالی صورت می‌گیرد. اولین تلاش‌ها برای تولید مواد مرکب چوب-پلاستیک در سال ۱۹۸۳ توسط شرکت آمریکایی WOOD STOCK صورت گرفت که پانل‌ها و اجزای داخلی اتومبیل را با ۵۰ درصد پودر چوب و پلی‌پروپیلن با استفاده از فناوری ایتالیایی روزن‌رانی تولید کردند. بعدها چندین شرکت در آمریکا شروع به تولید مواد مرکب پلی‌اتیلن با ۵۰ درصد پودر چوب نمودند. در دهه ۹۰ شرکت Strandex در آمریکا تکنولوژی روزن‌رانی را برای تولید محصول با درصد بالای اختلاط به ثبت رساند که در آن محصول مستقیم تولید می‌شد و نیاز به فرآیند بعدی نبود (کلمونس^{۲۲}، ۲۰۰۲).

بازار مواد مرکب تقویت شده با الیاف طبیعی یکی از بزرگ‌ترین و سریع‌ترین بازار رو به رشد جهان است. در سال ۲۰۰۲ میزان فروش مواد مرکب الیاف طبیعی در اروپای غربی و آمریکای شمالی به ۷۵۵ میلیون دلار آمریکا رسید و در سال ۲۰۰۳ میلادی حدود ۱۶ هزار تن مواد مرکب الیاف طبیعی در صنعت خودروسازی آلمان به کار گرفته شد. متخصصان این فن‌آوری را به دلیل تولید محصولاتی با ویژگی‌های خوب مکانیکی و چگالی مطلوب در عین کم‌هزینه بودن به یک گول خوابیده در صنعت خودرو تشبیه کرده‌اند (جیانگ و کامدم، ۲۰۰۴؛ مدیسون^{۲۳}، ۲۰۰۳).

۱-۶ روش‌های ساخت مواد مرکب الیاف طبیعی- پلیمرهای گرمانرم

^{۲۱}. Klyosov
^{۲۲}. Clemons
^{۲۳}. Madison

برای تولید فرآورده‌های مواد مرکب الیاف طبیعی و پلیمرهای گرمانرم روش‌های بسیاری وجود دارد، مهم‌ترین روش‌های تولید عبارتند از : روزن رانی^{۲۴} صفحه‌ای، شکل‌گیری حرارتی، قالب‌گیری فشاری، قالب‌گیری تزریقی، قالب‌گیری صنعتی (گرمایی و لشکری، ۱۳۸۵).

در صنعت از میان روش‌های فرآورش متفاوت پلاستیک‌ها ، روزن‌رانی و قالب‌گیری تزریقی^{۲۵} از همه رایج‌ترند. در فرآیند روزن‌رانی، پلیمر جامد و ماده سلولزی به صورت جداگانه و یا مخلوط شده به دستگاه روزن‌ران تغذیه می‌شود. پلیمر پس از اختلاط اولیه در ناحیه انتقال جامد در اثر گرمای حاصل از اعمال نیروی برشی و حرارت اعمال شده، ابتدا نرم و سپس ذوب می‌شود تا کاملاً با ماده سلولزی ممزوج شود و در ادامه مسیر، با افزایش فشار، مواد به درون قالب خروجی (دای^{۲۶}) رانده می‌شود. این قالب ماده مذاب را به شکل محصول نهایی درمی‌آورد و در انتها، محصول خارج شده به سرعت سرد می‌شود تا شکل به دست آمده حفظ گردد. روزن‌رانی فرآیندی پیوسته است و محصولی با سطح مقطع ثابت و طول بی‌نهایت تولید می‌کند. در این فرآیند به پلیمر گرمانرم با شاخص جریان مذاب پایین نیاز است، زیرا استحکام مذاب اهمیت دارد. در روش قالب‌گیری تزریقی نیز ابتدا مواد سلولزی و پلیمر به صورت جداگانه و یا مخلوط شده به دستگاه اکسترودر تزریق می‌شوند و توسط پیچ ماردون، مواد به جلو رانده می‌شود و با استفاده از گرمای هیترهای دستگاه، پلیمر ذوب می‌شود تا با ماده سلولزی ممزوج شود. مواد به دست آمده از دستگاه خارج می‌شوند و در صورت نیاز مواد با آسیاب تبدیل به گرانول می‌شوند تا در مرحله قالب‌گیری متراکم‌تر شوند. سپس مواد به داخل قاب ریخته شده و به دستگاه قالب‌گیر انتقال می‌یابند (دراپور، ۱۹۹۰، ترجمه یآوری و قائمی، ۱۳۷۰).

۱-۷ مواد اولیه مورد استفاده در صنعت چوب-پلاستیک

چوب مورد استفاده در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک به شکل پودر و یا الیاف کوتاه است که می‌تواند از انواع مختلف چوب‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ باشد. به طور کلی اگر نسبت طول به قطر ذرات چوب کمتر

^{۲۴}. Extrusion

^{۲۵}. Injection Molding

^{۲۶}. Die

از ۴ باشد پودر چوب و اگر بیش از ۱۰ باشد، الیاف چوب نامیده می‌شود. اکثر پودر چوب‌های مورد استفاده در صنعت چوب-پلاستیک در محدوده ۳۰ تا ۸۰ مش می‌باشند. میزان رطوبت چوب اثر مهمی در فرآیندپذیری و کیفیت محصول نهایی دارد. نسبت مورد استفاده پودر یا الیاف از ۳۰ تا ۶۵ درصد می‌باشد و هم‌اکنون با پیشرفت فن‌آوری استفاده از ۸۰ درصد پودر چوب امکان‌پذیر گردیده‌است. انتخاب پلیمر مناسب برای این مواد مرکب به چند عامل وابسته است. از آنجایی که چوب در دماهای بالا تخریب می‌شود، پلیمرهایی با قابلیت فرآیند شدن زیر ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد برای این مواد مرکب انتخاب می‌شوند. پلی‌پروپیلن، پلی‌اتیلن و پلی‌وینیل‌کلراید متداول‌ترین پلیمرهای گرمانرم مورد استفاده هستند. پلی‌اتیلن ارزان‌ترین آنها با چقرمگی و مقاومت به ضربه بالا می‌باشد اما دمای سرویس‌دهی پایین دارد. هم‌اکنون چندین صنعت از پلی‌اتیلن برای تولید اجزای خارجی ساختمان استفاده می‌کند، پلی‌وینیل‌کلراید مقاوم‌ترین پلیمر با دمای سرویس‌دهی بالا می‌باشد که بسیار شکننده است. این رزین سفتی بالا، مقاومت مکانیکی و مقاومت در برابر هوازدگی عالی دارد. پروفیل‌های PVC/WF اغلب برای تولید پانل‌های در و پنجره و کف‌پوش مورد استفاده قرار می‌گیرند. پلی‌پروپیلن دانسیته کمتری در مقایسه با پلی‌وینیل‌کلراید و پلی‌اتیلن دارد. اکثر مواد مرکب PP/WF برای اجزای داخلی اتومبیل و به تازگی پروفیل‌های ساختمانی به کار می‌روند. جدول ۱-۱ خواص مهم‌ترین پلیمرهای گرمانرم مورد استفاده در صنعت مواد مرکب الیاف طبیعی و پلیمرهای گرمانرم را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۱ خواص رزین‌های مورد استفاده در مواد مرکب الیاف طبیعی و پلیمرهای گرمانرم (دوگلاس^{۲۷} و گاردنر^{۲۸}، ۲۰۰۴)

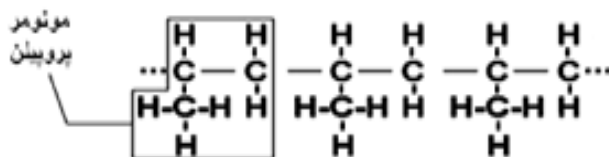
PVC	PP	HDPE	پلیمر گرمانرم
۱/۳۷	۰/۹۱	۰/۹۵	چگالی (g/cm ³)
۲۰-۱۰	۴۰-۳۰	۹۰-۷۰	درجه بلورینگی (%)
۳۰۰۰	۱۴۰۰	۷۰۰	مدول کششی (MPa)

^{۲۷}. Douglas
^{۲۸}. Gardner

جذب آب (%)	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۴
مقاومت حرارتی (°C)	۱۱۵	۱۳۰	۷۵
سرعت سوختن	آهسته	آهسته	خاموش شونده
مقاومت در برابر هوازگی (از ۵ شماره)	۳	۲	۴

۸-۱ پلی پروپیلن

پلی پروپیلن یکی از پلیمرهای گرمانرم است که اولین بار در اوایل دهه ۱۹۵۰ در مقیاس آزمایشگاهی تولید شد و سپس در اواخر این دهه به تولید تجاری رسید. این پلاستیک با فرمول مولکولی $(C_3H_6)_n$ از پلیمر شدن واحدهای پروپیلن به دست می‌آید و قابل بازیافت است. پلی پروپیلن پلیمری نسبتاً سخت، دارای نقطه ذوب بالا، دانسیته کم (حدود ۰/۹)، مقاومت به ضربه نسبتاً خوب و دارای خواص فیزیکی، مکانیکی و حرارتی خوبی در دمای محیط می‌باشد. پلی پروپیلن در دماهای کم رفتار شکننده از خود نشان می‌دهد (کوکسیس^{۲۹}، ۱۹۹۵).



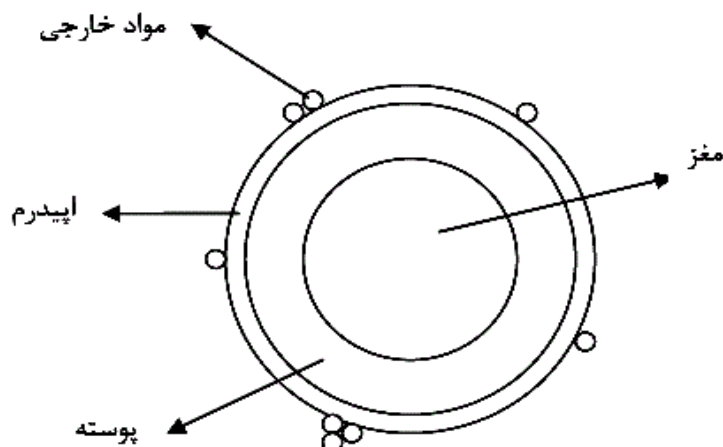
شکل ۱-۱ ساختمان واحدهای تکرار شونده پروپیلن در زنجیره پلیمری پلی پروپیلن

۹-۱ باگاس

باگاس، تفاله نیشکر است که پس از عصاره‌گیری از نیشکر به صورت پسماند فیبری خشک و فشرده و به صورت قطعات ریز تراشه بدست می‌آید (مجله صنایع چوب و کاغذ، ۱۳۸۱). باگاس از سه جزء اصلی الیاف

^{۲۹}. Kocsis

پوسته یا همان الیاف باگاس، مغز و اپیدرم یا بیرونی‌ترین لایه تشکیل شده‌است. شکل ۱-۲، سطح مقطع نیشکر و اجزای تشکیل‌دهنده آن به جز عصاره را نشان می‌دهد. از جمله مزایای استفاده از الیاف باگاس در تهیه مواد مرکب الیاف طبیعی-پلاستیک، می‌توان به دوره تجدیدپذیری کوتاه مدت این الیاف، منبع اولیه ارزان قیمت و جلوگیری از سوختن و دفن آنها، اشاره نمود.



شکل ۱-۲: قسمت‌های مختلف ساقه نیشکر

خواص شیمیایی باگاس با توجه به نوع خاک و آب و هوای منطقه تغییر می‌کند و به طور کلی ترکیبات شیمیایی باگاس مشابه پهن‌برگان است. با این تفاوت که میزان آلفاسلولز باگاس کمتر و میزان هولوسلولز باگاس از پهن‌برگان و سوزنی‌برگان بیشتر است (لتیباری، ۱۳۶۸). ترکیبات باگاس برحسب وزن خشک حاوی ۳۵-۵۰ درصد سلولز، ۲۰-۳۰ درصد همی‌سلولز، ۲۰-۲۷ درصد لیگنین و ۸-۱۲ درصد مواد استخراجی و خاکستر می‌باشد (گارسیا-پرز^{۳۰}، ۲۰۰۲). ابعاد الیاف باگاس مشابه الیاف چوب پهن‌برگان است. در جدول (۱-۲) ابعاد الیاف باگاس با ابعاد الیاف چوب پهن‌برگان و سوزنی‌برگان مقایسه شده‌است.

^{۳۰}. Garcia-Perez

جدول ۱-۲: مقایسه ابعاد الیاف باگاس با الیاف چوب سوزنی‌برگان و پهن‌برگان (لوز^{۳۱} و همکاران، ۲۰۰۷).

الیاف	قطر (میکرون)		طول (میلی‌متر)		نسبت طول به قطر
	بیش‌ترین	کم‌ترین	بیش‌ترین	کم‌ترین	
باگاس	۳۴/۱	۲۰/۰	۲/۸۰	۱/۷۰	۸۵:۱
سوزنی‌برگان	۵۰	-	۷/۳	-	۷۵:۱
پهن‌برگان	۴۶	-	۲/۷	-	۵۰:۱

۱-۱۰ تیمار گرمایی

تیمار گرمایی قدیمی‌ترین، ساده‌ترین و ارزان‌ترین روش کاهش خاصیت نهم‌پذیری چوب است. نخستین پژوهش‌ها در این مورد از سال ۱۹۲۰ آغاز گردیدند. اصلاح حرارتی می‌تواند مقاومت در برابر تخریب زیستی و نیز ثبات ابعادی چوب را بدون آسیب به محیط زیست بهبود بخشد (ثنایی و محبی، ۱۳۸۳). اساس این روش بر مبنای تغییر ساختار شیمیایی چوب با استفاده از حرارت می‌باشد. دمای بالا سبب می‌شود که مواد سازنده دیواره‌های سلولی دچار تغییر ماهیت شیمیایی شوند. این تغییرات بیشتر در همی‌سلولزها و لیگنین روی می‌دهند و سلولز کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد. همی‌سلولزها در دمای بالاتر از ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد دچار تغییر می‌شوند و در دماهای بالاتر تخریب می‌گردند. لیگنین نیز در دمای بالاتر از ۱۶۰ تا ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد شروع به سوختن می‌نماید (کولمن و فنگل^{۳۲}، ۱۹۶۵).

هدف از تیمار حرارتی چوب کاهش جذب آب از طریق اصلاح برخی از ترکیبات سازنده چوب در شرایط کنترل شده می‌باشد که منجر به تجزیه حرارتی اندک آن می‌شود. پارامترهای مهم در اصلاح حرارتی، اتمسفر، دما، مدت زمان فرآیند، میزان دمادهی، گونه، وزن، ابعاد چوب و مقدار رطوبت چوب می‌باشند که بر روی ویژگی‌های فرآورده نهایی بسیار موثر هستند. هدف از این نوع تیمار برقراری تعادل بین اصلاح ویژگی

^{۳۱}. Luz

^{۳۲} Kollmann and fengel