بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی مکانیک

گروه ساخت و تولید

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

مهندسی مکانیک - ساخت و تولید

تولید فوم کامپوزیت چوب پلاستیک سبز (تجدیدپذیر) با الیاف ممتد شیشه در فرآیند قالبگیری تزریقی

محمدحسن هادیان

استاد راهنما:

دکتر امیرحسین بهروش

استاد مشاور:

دکتر محمد گلزار

دی ۹۳

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای محمدحسن هادیان پایان نامه ٦ واحدی خود را با عنوان تولید فوم کامپوزیت چوب پلاستیک سبز(تجدیدپذیر) با الیاف شیشه ممتد توسط فرایند قالب گیری تزریقی در تاریخ ۱۳۹۳/۱۰/۱۳ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک - ساخت وتولید پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر امیر حسین بهروش	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر محمد گلزار	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر داود اکبری	استادیار	
استاد ناظر	دکتر محمد لایقی	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر داود اکبری	استادیار	

آیین‌نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیت‌های علمی-پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلا به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد محمدحسن هادیان در رشته مهندسی مکانیک-ساخت و تولید است که در سال ۱۳۹۳ در دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر امیرحسین بهروش از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتاب‌های عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب محمدحسن هادیان دانشجوی رشته مهندسی مکانیک-ساخت و تولید مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی:

محمدحسن هادیان

تاریخ و امضا:

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده‌ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده‌ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته‌ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب محمدحسن هادیان دانشجوی رشته مهندسی مکانیک - ساخت و تولید ورودی سال تحصیلی ۱۳۹۳-۱۳۹۱ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده فنی و مهندسی متعهد می‌شوم کلِیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش‌های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته‌های علمی مستخرج از پایان نامه تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم.»

امضا:

تاریخ:

تقدیم به

پدر و مادر دلسوزم

تشکر و قدردانی:

اکنون که این رساله به اتمام رسیده است لازم است تا ابتدا از خداوند متعال برای این فرصتی که در اختیار من قرار داده سپاسگزاری نمایم. از جناب آقای دکتر امیر حسین بهروش استاد راهنمای گرامی‌ام کمال قدر دانی را دارم. راهنمایی‌های ارزنده، پیگیری‌ها و خصوصیات اخلاقی ایشان همیشه به نیکی در خاطرم باقی خواهند ماند. همچنین از استاد مشاور پروژه، جناب آقای دکتر محمد گلزار که همواره راهنمایی و مساعدت ایشان شامل حال اینجانب بوده است، کمال تشکر را دارم.

همچنین از آقایان امین اسدی، شهرام همرنگ نیز به خاطر تلاشهایشان در کمک به انجام آزمایش‌ها تشکر می‌کنم. از سایر دوستان خوبم در آزمایشگاه تکنوپلاست دانشگاه تربیت مدرس و همچنین هم اتاقی-های مهربانم به خاطر برقراری و حفظ فضای دوستانه و با نشاط سپاسگذارم. از جناب آقای محمدی مسئول محترم کارگاه ماشین ابزار دانشگاه تربیت مدرس به خاطر همکاری ارزنده ایشان در ساخت تجهیزات سپاسگزاری می‌نمایم.

چکیده:

پایان‌نامه به تحقیق و بررسی تولید فوم کامپوزیت‌های چوب پلاستیک تجدیدپذیر (سبز) تقویت شده توسط الیاف ممتد شیشه در فرآیند قالب‌گیری تزریقی می‌پردازد. برای انجام این تحقیق از پلیمر نشاسته به عنوان پلیمر سبز و الیاف شیشه نوع E به عنوان تقویت کننده استفاده شد. هدف این تحقیق بررسی امکان‌پذیری افزایش استحکام این کامپوزیت‌ها همزمان با کاهش وزن می‌باشد. متغیرهای این تحقیق عبارتند از درصدهای وزنی مختلف چوب (۱۵، ۳۰ و ۴۵ درصد)، حجم تزریق (۸۰، ۸۵، ۹۰، ۹۵ و ۱۰۰ درصد حجم قالب) و الیاف ممتد شیشه (وجود الیاف و نبود الیاف شیشه). طراحی آزمایش به صورت فاکتوریل کامل انجام شده و ۳۰ حالت مختلف بررسی شده است. پس از تولید فوم کامپوزیت تقویت شده با الیاف ممتد تک جهته و متقارن، به بررسی خواص مکانیکی کامپوزیت‌ها از طریق آزمون‌های خمش، کشش، چگالی و آزمون میکروسکوپ روبشی الکترونی (برای مشاهده‌ی ساختار سلولی) پرداخته شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهدکه با افزایش درصد وزنی چوب از ۱۵ درصد تا ۳۰ درصد چوب، ضخامت پوسته فوم نشده کاهش و چگالی سلولی افزایش می‌یابد. برای نمونه‌های با ۴۵ درصد وزنی چوب، افت شدیدی در ساختار ریز سلولی ایجاد می‌گردد. به عبارت دیگر بهترین ساختار فوم در کامپوزیت با ۳۰ درصد وزنی چوب اتفاق می‌افتد. از طرفی، ساختار ریزسلولی محصولات فوم کامپوزیت چوب پلاستیک به شدت متاثر از حجم تزریق می‌باشد، بدین نحو که برای نمونه‌های فوم تولید شده، بیشترین میزان چگالی سلولی را در بین همه‌ی حجم‌های تزریق، نمونه‌های با حجم تزریق ۹۰ درصد دارا می‌باشند. همچنین این نمونه‌ها کمترین میزان ضخامت پوسته فوم نشده پس از حجم تزریق ۸۰ درصد را به خود اختصاص دادند. با افزایش درصد وزنی چوب و همچنین حجم تزریق، چگالی نمونه‌ها نیز افزایش می‌یابد. استحکام خمشی قطعات فوم شده کمتر از قطعات فوم نشده بود و با افزایش درصد چوب کاهش یافت. وجود ۱/۶۱٪ الیاف ممتد شیشه در نمونه‌های فوم نشده باعث افزایش بالای ۶۰ درصدی استحکام کششی نسبت به نمونه‌های فوم نشده‌ی بدون الیاف شده است. فوم شدن نه تنها هیچ اثر مخربی بر اثر تقویت بخشی الیاف نداشته بلکه در حالت فوم شده، وجود الیاف باعث افزایش تقریبا ۱۰۰ درصدی در استحکام کششی نمونه‌ها شده است. لیکن نکته قابل توجه این است که با افزایش درصد وزنی چوب از ۱۵ درصد به ۳۰ درصد، میزان افت استحکام نمونه‌های فوم شده نسبت به نمونه‌های فوم نشده کمتر بود. مهمترین پارامتر این تحقیق، که به بررسی امکان جبران کاهش استحکام کششی در اثر فوم شدن با استفاده از الیاف تقویت کننده ممتد می‌پردازد، استحکام کششی ویژه بود. نتایج افزایش بالای ۵۰ درصدی استحکام کششی ویژه را در نمونه‌های فوم شده و تقویت شده با الیاف پیوسته نسبت به نمونه‌های غیر فوم شده بدون الیاف نشان می‌دهد.

واژگان کلیدی: کامپوزیت چوب-پلاستیک سبز، فوم کامپوزیت چوب پلاستیک، قالبگیری تزریقی، الیاف ممتد شیشه، پلاستیک تجدیدپذیر (سبز)، استحکام کششی ویژه.

فهرست مطالب

فصل ۱ : مقدمه ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک ۲

۱-۳ مزایای کامپوزیت چوب پلاستیک ۴

۱-۴ چالشها و نکات قابل توجه در تولید کامپوزیت چوب پلاستیک ۶

۱-۵ تاثیر پارامترهای تولید درخواص کامپوزیت چوب-پلاستیک ۸

۱-۵-۱ سازگار نمودن سطوح چوب و پلیمر ۸

۱-۵-۲ اندازه و درصد وزنی الیاف چوب ۹

۱-۵-۳ شرایط فرآیندی در تولید کامپوزیت ۱۰

۱-۶ تاریخچه و پیشینه پژوهش در حوزه ی کامپوزیت چوب پلاستیک ۱۱

۱-۶-۱ تاریخچه استفاده از کامپوزیت چوب پلاستیک ۱۱

۱-۶-۲ پیشینه‌ی پژوهش در حوزه‌ی کامپوزیت چوب پلاستیک در گروه تکنوپلاستیک ۱۲

۱-۷ فوم ۱۵

۱-۷-۱ تاریخچه و پیشینه ی پژوهش در حوزه‌ی فوم ۱۷

۱-۷-۲ پیشینه‌ی پژوهش در حوزه‌ی فوم در گروه تکنو پلاست مدرس ۱۸

۱-۸ پلیمر های سبز (تخریب پذیر) ۲۰

۱-۸-۱ انواع پلیمرهای زیست تخریب پذیر ۲۱

۱-۸-۲ تاریخچه و پیشینه ی پژوهش در حوزه‌ی پلیمر های سبز ۲۲

۱-۹ اهداف تحقیق ۲۳

۱-۱۰ ساختار پایاننامه ۲۴

فصل ۲ : پیشینه‌ی پژوهش ۲۵

۲-۱ مقدمه ۲۶

۲-۲ فوم ترموپلاستیک ۲۶

۲-۲-۱ روش های تولید فوم ترموپلاستیک ۲۶

۲-۳ فوم کامپوزیت چوب پلاستیک ۲۷

۲-۳-۱ روش‌های تولید فوم کامپوزیت چوب-پلاستیک ۲۸

۲-۴ تحقیقات آزمایشگاهی در مورد فوم کامپوزیت چوب-پلاستیک به کمک عامل فوم‌زای شیمیایی ۳۰

۲-۵ تکنولوژی نوین کشش برای تولید فوم کامپوزیت چوب-پلاستیک ۳۳

۲-۶ مواد اولیه‌ی مرسوم ۳۴
۲-۶-۱ چوب ۳۴
۲-۶-۲ جفت‌کننده ۳۷
۲-۶-۳ عوامل فوم‌زا ۳۸
۲-۶-۴ روانکارها ۴۱
۲-۶-۵ نانو مواد ۴۱
۲-۶-۶ جوانه‌زا ۴۲
۲-۷ راهبرد تولید ۴۲
۲-۸ تقویت کامپوزیتهای چوب پلاستیک ۴۳
فصل ۳ : مواد، تجهیزات و آزمایشها ۵۵
۳-۱ مقدمه: ۵۶
۳-۲ مواد آزمایش ۵۶
۳-۲-۱ ذرات چوب ۵۶
۳-۲-۲ پلاستیک ۵۶
۳-۲-۳ عامل فوم زا ۵۷
۳-۲-۴ عامل جفت کننده ۵۸
۳-۲-۵ الیاف شیشه ۵۸
۳-۳ تجهیزات آزمایش ۶۰
۳-۳-۱ اکسترودر ۶۰
۳-۳-۲ قالب گرانولگیری ۶۱
۳-۳-۳ دستگاه خردکن ۶۲
۳-۳-۴ قالب آغشته سازی الیاف ۶۳
۳-۳-۵ دستگاه تزریق پلاستیک ۶۴
۳-۳-۶ قالب تزریق پیش کشش الیاف ممتد ۶۵
۳-۴ طراحی آزمایش ۷۴
۳-۴-۱ پارامترهای فرایند گرانولگیری ۷۴
۳-۴-۲ پارامترهای قالبگیری تزریقی ۷۵
۳-۵ نحوه‌ی تعیین چگالی و بررسی ساختار قطعات ۷۷
۳-۶ آزمونهای مکانیکی ۷۸
فصل ۴ : نتایج و بحث ۸۱

۴-۱ مقدمه: ۸۲
۴-۲ تنظیم پارامترهای فرآیندی ۸۲
۴-۲-۱ انجام آزمایشات اولیه ۸۲
۴-۳ بررسی فوم شدگی ۸۵
۴-۴ چگالی وچگالی نسبی ۹۱
۴-۵ نتایج تستهای خواص مکانیکی ۹۴
۴-۵-۱ خواص خمشی ۹۴
۴-۵-۲ خواص کششی ۹۹
۴-۵-۳ بررسی نسبت استحکام کششی به چگالی (استحکام کششی ویژه) ۱۰۲
فصل ۵ : نتیجه گیری، نوآوری و پیشنهادها ۱۰۴
۵-۱ مقدمه: ۱۰۵
۵-۲ نتیجه گیری ۱۰۵
۵-۳ نوآوری ۱۰۷
۵-۴ پیشنهادها برای آینده ۱۰۷

فهرست جداول

جدول ۱-۱: پیشینه ی پژوهش در حوزه‌ی کامپوزیت چوب پلاستیک در گروه تکنولوژی پلاستیک.....۱۳
جدول ۱-۲: پیشینه تحقیقات انجام شده در زمینه فوم در گروه تکنولوژی پلاستیک دانشگاه تربیت مدرس.....۱۹
جدول ۲-۱: چگالی احتمالی فوم چوب پلاستیک.....۳۱
جدول ۲-۲: تاثیر فشار و دما بر چگالی.....۳۳
جدول ۳-۱: مشخصات فیزیکی و مکانیکی پلیمر پایه نشاسته.....۵۷
جدول ۳-۲: مشخصات فیزیکی و مکانیکی HDPE 5620.....۵۷
جدول ۳-۳: خصوصیات فیزیکی و مکانیکی انواع مختلف شیشه [۵۶].....۵۹
جدول ۳-۴: محدوده دمای سیلندر و قالب رشته‌ای دستگاه اکسترودر.....۷۴
جدول ۳-۵: مقادیر فرایندی اصلاح شده در تولید کامپوزیت تقویت شده با الیاف ممتد.....۷۶
جدول ۳-۶: طراحی آزمایش برای تولید قطعات فوم چوب-پلاستیک سبز.....۷۶
جدول ۴-۱: پارامترهای اولیه فرآیندی در تزریق کامپوزیت هیبریدی.....۸۳
جدول ۴-۲: نتایج چگالی نمونه‌های پلیمر استفاده شده در فرایند تزریق.....۸۵
جدول ۴-۳: میزان بهبود استحکام کششی ویژه.....۱۰۳

فهرست تصاویر

شکل ۱-۱: گرانول چوب پلاستیک تولید شده از الیاف چوب و پلیمرهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن [۳]..... ۳
شکل ۱-۲: کامپوزیت چوب پلاستیک در دکوراسین داخلی ساختمان[۳]..... ۴
شکل ۱-۳: کامپوزیت چوب پلاستیک در تولید پالت[۴]..... ۴
شکل ۱-۴: اکسترودر دو ماردونه [۷]..... ۷
شکل ۱-۵ مراحل تولید فوم [۳]..... ۱۶
شکل ۲-۱: تصویر شماتیک فرایند کشش برای تولید فوم کامپوزیت چوب-پلاستیک [۲۸]..... ۳۴
شکل ۲-۲: تصویر میکروسکوپی نمونه کشیده شده a) بیرون قالب b) داخل قالب [۲۸]..... ۳۴
شکل ۲-۳: ساختار فومی چوب [۲۸]..... ۳۵
شکل ۲-۴: اجزای تشکیل دهنده چوب [۲۸]..... ۳۶
شکل ۲-۵: نمودار آنالیز گرما وزن سنجی انجام شده در محیط آرگون با سرعت 10°C/min بر پودر چوب خشک شده در دمای ۸۰°C به مدت حداقل ۱۲ ساعت [۳۷]..... ۳۷
شکل ۲-۶: جفت‌کننده الیاف چوب و پلیمر پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن [۳۸]..... ۳۸
شکل ۲-۷: ساختار مولکولی آزودی‌کربن‌آمید..... ۴۰
شکل ۲-۸: ساختار مولکولی اُبی‌اس‌اچ..... ۴۰
شکل ۲-۹: ساختار مولکولی دی‌ان‌پی‌تی..... ۴۱
شکل ۲-۱۰: چگونگی عملکرد جوانه‌زای فعال و غیرفعال: الف)روش فعال ب)روش غیرفعال [۳۸]..... ۴۲
شکل ۲-۱۱: شماتیک تولید الیاف آغشته شده بلند در پالتروژن..... ۴۶
شکل ۲-۱۲: تجهیزات برای تقویت کنندگی چوب پلاستیک [۵۳]..... ۴۹
شکل ۲-۱۳: ورق چسبیده شده به سطح زیرین کامپوزیت چوب پلاستیک با رزین اپوکسی [۵۴]..... ۵۰
شکل ۲-۱۴: شماتیک تقویت کنندگی از طریق پرس کردن با تسمه[۵۵]..... ۵۱
شکل ۲-۱۵: شماتیکی از دای طراحی شده برای تولید کامپوزیتهای هیبریدی، ۱) ورود مذاب چوب پلاستیک از اکسترودر، ۲) تغذیه الیاف ممتد شیشه [۵۶]..... ۵۲
شکل ۲-۱۶: پروفیل تقویت شده با الیاف ممتد در فرآیند اکستروژن (دایره‌های سیاه نماینده روینگ هستند)[۵۶]۵۳
شکل ۳-۱: دوک الیاف شیشه از نوع E..... ۶۰
شکل ۳-۲: نمایی از اکسترودر مورد استفاده شده در تولید کامپوزیتهای هیبریدی [۵۶]..... ۶۱
شکل ۳-۳: المانهای مارپیچ اکسترودر [۵۶]..... ۶۱
شکل ۳-۴: قالب رشته‌ای نصب شده برروی دستگاه اکسترودر برای تهیه گرانول کامپوزیت چوب-پلاستیک..... ۶۲
شکل ۳-۵: دستگاه آسیاب برای خرد کردن رشته‌های کامپوزیت چوب-پلاستیک و تولید گرانول..... ۶۲

شکل ۳-۶: الف) شماتیک فرآیند آغشته سازی هیبریدی: ۱- رووینگ شیشه، ۲- پین‌های پخش کننده الیاف، ۳- خروجی مذاب اضافی از محفظه، ۴) شیارهای عبور مذاب برای آغشته کردن الیاف شیشه، ۵) پینهای آغشته سازی، ۶) دای استوانه ای به قطر داخلی ۲ میلیمتر، ۷) محفظه مذاب، ۸) جمع کن الیاف شیشه آغشته شده..... ۶۳
شکل ۳-۷: نمایی از فرآیند آغشته‌سازی الیاف شیشه، ۱) دوک الیاف شیشه، ۲) دای آغشته‌سازی، ۳) رووینگ شیشه آغشته شده، ۴) دستگاه کشنده، ۵) اکسترودر دو ماردونه..... ۶۴
شکل ۳-۸: دستگاه تزریق پلاستیک به همراه سیستم کشنده‌ی نصب شده بر روی دستگاه..... ۶۴
شکل ۳-۹: حفره اینسرتی قالب تزریق تولید کامپوزیت تقویت شده با الیاف ممتد..... ۶۶
شکل ۳-۱۰: سیستم کشنده‌ی الیاف ممتد شیشه در فرآیند قالبگیری تزریقی [۵۸]..... ۶۶
شکل ۳-۱۱: شماتیکی از عملکرد فیکسچر (۵) کشنده الیاف در شکل ۳-۱۰ [۵۸]..... ۶۷
شکل ۳-۱۲: جزئیات دیسک طراحی شده در سیستم کشش الیاف [۵۸]..... ۶۹
شکل ۳-۱۳: دینامیک جابجایی‌های سیتم کشش در الیاف پیشتنیده [۵۸]..... ۷۰
شکل ۳-۱۴: سیستم کشنده استفاده شده..... ۷۱
شکل ۳-۱۵: نمایی از سیستم کشنده‌ی نصب شده بر روی دستگاه تزریق..... ۷۲
شکل ۳-۱۶: نحوه‌ی ایجاد تغییر در راستای الیاف پیشکشیده..... ۷۳
شکل ۳-۱۷: نمایی از الیاف پیش تنیده در داخل قالب تزریق..... ۷۳
شکل ۳-۱۸: قالب تزریق ساخته شده به منظور تولید کامپوزیت تقویت شده با الیاف ممتد..... ۷۴
شکل ۳-۱۹: فیکسچر تثبیت الیاف در قالب تزریق..... ۷۴
شکل ۳-۲۰: شماتیک نیروهای وارد شده در آزمون خمش..... ۷۹
شکل ۳-۲۱: نمونه دمبلی استفاده شده در تست کشش..... ۸۰
شکل ۴-۱: مقاطع برش خورده از محصولات نهایی تقویت شده با الیاف ممتد..... ۸۴
شکل ۴-۲: تصاویر حاصل شده از میکروسکوپ الکترونی چوب پلاستیک با درصدهای مختلف (فوم نشده). الف) ۱۵٪ چوب، ب) ۳۰٪ چوب و ج) ۴۵٪ چوب..... ۸۶
شکل ۴-۳: تصاویر حاصل شده از میکروسکوپ الکترونی برای ۱۵٪ چوب (فوم شده). الف) ۹۵٪ حجم تزریق، ب) ۹۰٪ حجم تزریق، ج) ٪۸۵ حجم تزریق و د) ۸۰٪ حجم تزریق..... ۸۷
شکل ۴-۴: تشکیل پوسته فوم نشده با ضخامت‌های متفاوت در قطعات تولیدی. الف) حجم تزریق ۹۵٪، ب) حجم تزریق ۹۰٪، ج) حجم تزریق ۸۵٪ و د) حجم تزریق ۸۰٪..... ۸۸
شکل ۴-۵: چگالی سلولی و ضخامت پوسته نمونه های تولید شده..... ۹۰
شکل ۴-۶: تغییرات چگالی و چگالی نسبی به ازای تغییر درصد وزنی چوب وحجم تزریق..... ۹۳
شکل ۴-۷: مشخصات خمشی نمونه های تولید شده..... ۹۵
شکل ۴-۸: نمودارهای تنش کرنش خمشی مربوط به نمونه‌های با ۱۵ درصد وزنی چوب بدون الیاف..... ۹۸

شکل ۴-۹: نمودار تنش کرنش در دو حالت مختلف با الیاف و بدون الیاف برای حالت خاص ۱۵ درصد وزنی چوب و حجم تزریق ۹۰ درصد..... ۹۸
شکل ۴-۱۰: نتایج کششی حاصل شده برای نمونه ها..... ۱۰۱
شکل ۴-۱۱: میزان بهبود استحکام کششی ویژه..... ۱۰۳

فصل ۱: **مقدمه**

۱-۱ مقدمه

در این فصل ابتدا به معرفی کامپوزیتهای چوب پلاستیک، مزایا و محدودیت‌ها، پارامترهای تاثیرگذار بر فرایند تولید، تاریخچه استفاده از کامپوزیت‌ها پرداخته خواهد شد. سپس فرایند فوم شدن و پیشینه‌ی مختصری از این فرایند نیز بیان خواهد شد. در ادامه نیز در مورد پلیمرهای تجدیدپذیر (سبز) توضیحاتی ارائه خواهد شد.

۱-۲ کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک[۱]

کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک نسل جدیدی از مواد هستند که از ترکیب چوب (هر نوع و شکلی از آن) با ترموپلاستیک‌ها یا ترموست‌ها بدست می‌آید. چوب ماده‌ای است آب دوست[۲] و غیر همسان[۳] که اجزای اصلی آن سلولز[۴] (٪۴۵-۴۴)، همی‌سلولوز[۵] (٪ ۲۵-۲۰) و لیگنین[۶] (٪ ۳۰-۲۰) می‌باشد. در کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک، ماتریس پلیمری می‌تواند محدوده وسیعی از پلی‌اولفین‌ها[۷] تا پی وی سی[۸]، و چوب می‌تواند از خاک اره (آرد چوب)[۹] تا محصولات کشاورزی مانند کنف، کتان، پوسته برنج و نیشکر را شامل شود. کامپوزیت چوب-پلاستیک معمولاً با توجه به روش تولید و نوع کاربرد محصول نهایی، شامل ۱۰ الی۷۰ درصد وزنی چوب می‌باشد. اندازه ذرات چوب استفاده شده در تولید این کامپوزیت می‌تواند از مش شماره ۱۰ الی ۸۰ (۱ میلیمتر الی ۱۰۰ میکرون) باشد[۱].

---

[۱] Wood plastic composite

[۲] Hydrophilic

[۳] Anisotropic

[۴] Cellulose

[۵] Hemi cellulose

[۶] Lignin

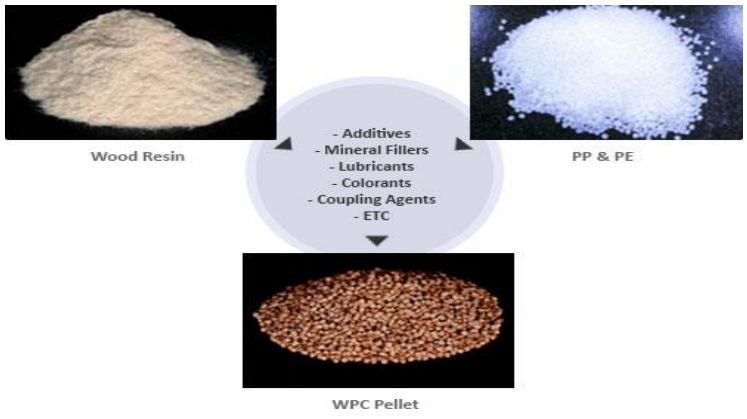
[۷] Polyolefine

[۸] Polyvinyl chloride

[۹] Wood flour

اولین نسل از کامپوزیت چوب-پلاستیک، ترکیبی از پودر چوب و مواد پلیمری بوده که از نظر فیزیکی و مکانیکی خواص مناسبی نداشته است. در حال حاضر با افزودن مواد مختلف، از قبیل انواع مواد روان‌کننده[۱] و سازگارکننده[۲]، خواص مکانیکی بسیار خوبی برای این کامپوزیت بدست آمده است. فرایندهای صورت گرفته بر روی این کامپوزیت برای تولید محصولات مختلف مانند فرایندهای متداول برای مواد پلیمری است. تولید کامپوزیت‌های چوب پلاستیک بطور معمول فرآیند دو مرحله‌ای می‌باشد. مواد اولیه شامل پلاستیک، پرکننده‌های چوبی و افزودنی‌ها ابتدا با درصد وزنی مشخصی با هم مخلوط می‌شوند. سپس در فرآیندهای اکستروژن، قالبگیری تزریقی و فشاری شکل قطعه نهایی را به خود می‌گیرد. در حال حاضر بیشترین تولیدات با فرآیند اکستروژن انجام می‌شود و فرآیندهای دیگر درصد کمی از محصولات را شامل می‌شوند. اکثر محصولات تولید شده از این کامپوزیت، با مخلوط کردن پودر چوب و مواد پلیمری بدست می‌آیند[۲].

نمونه‌ای از گرانول تولید شده این کامپوزیت از پودر چوب و پلی‌اتیلن در شکل ۱-۱ و همچنین محصولات چوب پلاستیکی تولید شده در شکل ۱-۲ و شکل ۱-۳ نشان داده شده است. با توجه به خواص مناسب این محصولات در برابر رطوبت و شباهت ظاهری زیاد به محصولات چوبی، استفاده از این کامپوزیت‌ها در مصارف ساختمانی (فضای خارجی و داخلی) مورد توجه قرار گرفته است.



شکل ۱-۱: گرانول چوب پلاستیک تولید شده از الیاف چوب و پلیمرهای پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن [۳].

[۱] Lubricant

[۲] Coupling Agent

شکل ۱-۲: کامپوزیت چوب پلاستیک در دکوراسین داخلی ساختمان[۳]

شکل ۱-۳: کامپوزیت چوب پلاستیک در تولید پالت[۴]

۱-۳ مزایای کامپوزیت چوب پلاستیک

نگاه کارخانه‌های تولیدی چوب، به پلاستیک، استفاده از خواص منحصر به فرد پلاستیک‌ها مانند مقاومت به جذب رطوبت و حشرات برای تولید قطعات می‌باشد. از طرفی نگاه سازنده‌های محصولات پلاستیکی به چوب بعنوان ماده پرکننده‌ای است که به آسانی در دسترس و نسبتاً ارزان می‌باشد و باعث پایین آوردن هزینه‌های ناشی از پلاستیک و همچنین افزایش سفتی خواهد گردید. امروزه هشدار جهانی مربوط به مشکلات زیست محیطی می‌باشد. یکی از مهمترین عوامل این هشدار، استفاده گسترده از پلاستیک‌های مصنوعی می‌باشد. اضافه کردن مواد طبیعی مانند آرد چوب و الیاف طبیعی به پلاستیک‌ها می‌تواند تا حدودی از مشکلات موجود بکاهد اما بهترین راهکار استفاده از پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر