دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی
بخش مهندسی مکانیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک – ساخت و تولید

بررسی اثر چیدمان فرآیند اکستروژن کامپوزیت چوب پلاستیک بر خواص مکانیکی محصول

پیمان شاهی

استاد راهنما:

دکتر امیر حسین بهروش

اردیبهشت ۸۹

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

آقای پیمان شاهی پایان نامه ٦ واحدی خود را **با عنوان بررسی اثر چیدمان فرآیند اکستروژن کامپوزیت چوب پلاستیك بر خواص مکانیکی محصول** در تاریخ ۱۳۸۹/۲/۲۱ 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 ناظر	دکتر محمد گلزار	استادیار	
استاد ناظر	دکتر مهدی رزاقی کاشانی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر طاهر ازدست	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر محمد گلزار	استادیار	

آیین نامه چاپ پایان‌نامه‌های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

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

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

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

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده پیمان شاهی در رشته مهندسی مکانیک – ساخت و تولید است که در سال ۸۹ 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 نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

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

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت 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 شدهنگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب پیمان شاهی دانشجوی رشته مهندسی مکانیک – ساخت و تولید مقطع کارشناسی‌ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: پیمان شاهی

تاریخ و امضا: ۸۹/۲/۳۰

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

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی 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 هیات علمی، دانشجویان، دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد.

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

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آئین نامه های مصوب انجام می‌شود.

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

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می شود.

نام و نام خانوادگی: پیمان شاهی

امضاء

۱۹/۲/۹۰

تقدیم به عزیزانم:

پدر، مادر و برادر

سپاس گزاری

بر خود لازم می دانم که در این بخش تشکری هر چند مختصر و ناچیز از افرادی داشته باشم که مرا در انجام این پایان نامه و در طول دوره کارشناسی ارشد یاری کردند:

آقای دکتر بهروش که به عنوان استاد راهنما روش تحقیق کردن را به من آموخت و بی شک این فرصت نقطه عطفی در زندگی علمی بنده بوده است.

از تمامی دوستان عزیزم در آزمایشگاه تکنولوژی پلاستیک دانشگاه تربیت مدرس:

مهندس دریاباری، مهندس لطفی، مهندس سوری، مهندس ذو الفقاری، مهندس جعفریان، مهندس محمودی، مهندس نظری، مهندس رضاوند، مهندس احمدزی، مهندس حق شناس و مهندس علوی

که در طی این دوره با همیاری و همفکری های خود بنده را یاری نمودند، کمال تشکر را دارم. کار با این دوستان در فضای صمیمی این آزمایشگاه همواره برای من موجب افتخار بوده و خواهد بود.

از زحمات مهندس کارگر که در انجام آزمون های مکانیکی و تصویر برداری میکروسکوپ الکترونی کمک شایانی کردند، کمال تشکر را دارم.

مهندس مرزبان و مهندس رحیمی که با توجه به محدودیت زمانی موجود در آزمایشگاه رئولوژی امکان انجام آزمون های اینجانب را فراهم کردند، مهندس کریمی و مهندس شیخ الاسلامی که در انجام آزمون های صافی سطح و مهندس مزدک که در مراحل مختلف همیار من بوده اند، صمیمانه سپاسگذارم.

چکیده

کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک حاصل ترکیب ذرات چوب با زمینه پلیمری همچون PP، PE، PVC و ABS می‌باشند. خصوصیات ممتاز این کامپوزیت‌ها موجب گسترش روزافزون این محصول در بازار جهانی گردیده‌است. در این پایان‌نامه به بررسی اثر طراحی فرایند بر خواص فیزیکی و مکانیکی محصول تولیدی در فرآیند اکستروژن پرداخته شده‌است. با این توضیح که در تولید پروفیل های چوب-پلاستیکی از دو روش می توان استفاده‌کرد. در روش اول ذرات چوب و گرانول‌های پلاستیک به طور مستقیم وارد فرآیند تولید محصول می‌شوند (تک مرحله‌ای) ولی در روش دوم از مواد آماده شده پس از طی مرحله‌ای مشابه روش اول، گرانول چوب-پلاستیک تولید گردیده و در مرحله دوم این گرانول‌ها برای تولید پروفیل استفاده می‌گردند (دو مرحله‌ای). هر دو از روش‌های معمول در صنعت هستند ولی در مورد مزایا و معایب این دو روش کار علمی انتشاریافته وجودندارد. همچنین در این تحقیق با تولید گرانول چوب-پلاستیک به سه روش مختلف، روش دومرحله‌ای به صورت جزئی‌تر مورد بررسی قرار گرفته‌است. در روش اول هیچ گونه قالبی (دای) استفاده نگردید و گرانول ها مستقیماً از آسیاب‌کردن محصول خروجی از ماردون تهیه گردیدند. در روش دوم از دای رشته‌ای استفاده گردید و گرانول‌سازی انجام گرفت. در روش سوم از دای استوانه‌ای استفاده گردیده و پروفیل خروجی به گرانول تبدیل گردیده‌است. محصول خروجی برای هر چهار روش تک مرحله‌ای و سه روش مختلف دومرحله‌ای پروفیل استوانه ای به قطر ۱۵ mm می‌باشد. نمونه های مناسب تولید شده تحت آزمون‌های مکانیکی خمش، کشش و آزمون‌های فیزیکی جذب آب، رئولوژی و DSC قرار گرفتند. صافی سطح نمونه‌ها اندازه‌گیری و تصاویر SEM نیز تهیه گردید. به منظور بررسی اثر عامل جفت‌کننده نیز مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلن با ۳ درصد وزنی برای هر دو روش تک و دو مرحله‌ای مورد استفاده قرار گرفت. تفاوت‌های فرآیندی این روش‌ها از دیگر موارد پرداخته شده در این پایان نامه می‌باشند. نتایج نشان‌دهنده افت استحکام کششی و خمشی، افزایش مدول خمشی و میزان جذب آب برای روش دو مرحله‌ای نسبت به روش تک مرحله‌ای بود. همچنین پروفیل های تولید شده توسط روش دو مرحله‌ای که در مرحله اول آن دای استفاده نگردیده، افت استحکام کششی و خمشی کمتری از خود نشان داده، میزان جذب آب کمتر و مدول خمشی بیشتری نسبت به دو روش دو مرحله‌ای دیگرداشتند.

واژگان کلیدی: اکستروژن کامپوزیت چوب پلاستیک –طراحی فرآیند – خواص فیزیکی و مکانیکی

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه
فهرست مطالب ..... أ
فهرست شکل‌ها ..... د
فهرست جدول‌ها ..... ح
نمادها ..... ط
فصل ۱ - مقدمه ۱
۱-۱- مقدمه ۲
۱-۲- تاریخچه ۳
۱-۳- خواص، مزایا و کاربردهای کامپوزیت چوب- پلاستیک ۵
۱-۴- مواد مورد استفاده در ساخت کامپوزیت چوب- پلاستیک ۷
۱-۵- کاربردهای کامپوزیت چوب پلاستیک ۸
۱-۶- فرآیندها ی ساخت قطعات چوب- پلاستیکی ۱۲
۱-۶-۱- مقدمه ۱۲
۱-۶-۲- فرآیند اکستروژن و انواع دستگاه‌های اکسترودر ۱۳
۱-۶-۲-۱- اکسترودر تک‌ماردونه ۱۴
۱-۶-۲-۲- اکسترودر دوماردونه ۱۴
۱-۶-۳- فرآیند تزریق ۱۶
۱-۷- روشهای تولید در فرآیند اکستروژن ۱۸
۱-۸- مفهوم رئولوژی و رئومتری ۲۰
۱-۹- آزمایش زبری سطح و مشخصه‌های آن: ۲۴
۱-۱۰- آزمایش DSC ۲۵
۱-۱۱- پیشینه پژوهش ۲۸
۱-۱۲- تعریف مسئله ۳۰
۱-۱۳- فرضیات مسئله ۳۲
۱-۱۴- رویکرد حل مسئله ۳۳
۱-۱۵- ساختار این پایان‌نامه ۳۵
فصل ۲ – مواد،تجهیزات و روش‌های آزمایش ۳۶
۲-۱- مقدمه ۳۷
۲-۲- مواد اولیه مورد استفاده ۳۷
۲-۲-۱- ذرات چوب ۳۷

۲-۲-۲- پلاستیک ۳۷
۲-۲-۳- عامل جفت کننده ۳۸
۲-۳- تجهیزات مورداستفاده ۳۹
۲-۳-۱- دستگاه اکسترودر ۳۹
۲-۳-۲- خشک کن ۴۰
۲-۳-۳- دستگاه آزمون خمش و کشش و روش آزمون ها ۴۰
۲-۳-۴- سیستم تغذیه ۴۲
۲-۳-۵- دای ۴۳
۲-۳-۶- فشار سنج ۴۵
۲-۴- دستگاه خرد کن ۴۵
۲-۵- روش آزمایش‌ها ۴۶
۲-۶- روش های تولید گرانول چوب پلاستیک ۴۸
۲-۷- طراحی آزمایش‌ها ۴۹
۲-۸- بررسی رفتار رئولوژیکی کامپوزیت چوب پلاستیک ۵۱
۲-۹- اندازه گیری میزان جذب آب در کامپوزیت چوب پلاستیک ۵۲
۲-۱۰- اندازه گیری صافی سطح ۵۴
فصل ۳ – نتایج و بحث ۵۵
۳-۱- مقدمه ۵۶
۳-۲- اثر نوع فرآیند بر فشار و دبی خروجی دای ۵۶
۳-۲-۱- روش تک مرحله ای ۵۶
۳-۲-۲- روش دو مرحله ای ۵۷
۳-۳- اثر روش تولید بر فرآیند پذیری ۵۸
۳-۴- اثر دمای دای بر کیفیت سطح ۶۲
۳-۵- بررسی اثر دمای دای بر صافی سطح و جذب آب ۶۴
۳-۶- آزمون جذب آب نمونه های تولید در دماهای دای مختلف ۶۵
۳-۷- اثر روش تولید بر خواص مکانیکی ۶۶
۳-۷-۱- نتایج آزمون کشش ۶۶
۳-۷-۲- نتایج آزمون خمش ۷۰
۳-۸- اثر روش تولید بر خواص فیزیکی ۷۴
۳-۸-۱- چگالی ۷۴
۳-۸-۲- جذب آب ۷۵
۳-۸-۳- بررسی ریز ساختار در روش های مختلف تولید ۷۵

۳-۸-۴- خواص رئولوژیکی ۷۸
۳-۸-۴-۱- آزمون فرکانس متغیر ۷۸
۳-۸-۴-۲- آزمون دما متغیر ۷۹
۳-۸-۵- خواص حرارتی- آزمون DSC ۸۰
۳-۹- اثر عامل جفت کننده ۸۴
۳-۹-۱- نمودار های آزمون های خمش ۸۷
۳-۹-۲- نتایج آزمون کشش ۹۰
۳-۹-۳- اثر عامل جفت کننده بر جذب آب ۹۱
۳-۹-۴- اثر عامل جفت کننده بر ریز ساختار ۹۲
فصل ۴ – نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای ادامه کار ۹۴
۴-۱- نتیجه‌گیری ۹۵
۴-۲- پیشنهادها برای ادامه کار ۹۷
پیوست الف - نقشه ماردون استفاده شده ۹۹
پیوست ب – استاندارد ASTM D790 ..... ۱۰۰
پیوست ج - نمودارهای صافی سطح برای نمونه‌های مختلف تولید شده در دماهای مختلف دای ۱۰۲
پیوست د - نمودار های DSC نمونه‌های مختلف تولید شده با روش‌های مختلف ۱۰۴
پیوست ه - بررسی سطوح شکست در روش های مختلف تولید ۱۰۵
مراجع ۱۰۷

فهرست شکل‌ها

عنوان ..... صفحه
شکل ۱-۱ : نمونه‌ای از کامپوزیت چوب و پلی‌اتیلن ۳
شکل ۱-۲ : کاربرد کامپوزیت چوب پلاستیک در اروپا سال ۲۰۰۴ ..... ۸
شکل ۱-۳ : نمونه ای از کاربرد کامپوزیت چوب پلاستیک در صنعت خودرو ۹
شکل ۱-۴: :: نمونه هایی از پالت های ساخته شده ازکامپوزیت چوب پلاستیک ۹
شکل ۱-۵ : نمونه هایی از ابزار کشاورزی ساخته شده با استفاده از کامپوزیت چوب پلاستیک ۱۰
شکل ۱-۶ : استفاده از کامپوزیت چوب پلاستیک برای کفپوش خارجی ۱۰
شکل ۱-۷ : نمونه‌ای از کفپوش داخلی ساختمان تولید شده ۱۱
شکل ۱-۸ : نمونه‌ای از کاربرد کامپوزیت چوب پلاستیک در دکوراسیون داخلی ساختمان ۱۱
شکل ۱-۹ : نمونه ای از در و چارچوب ساخته شده از کامپوزیت چوب پلاستیک ۱۱
شکل ۱-۱۰: : نمونه ای از کاربرد این کامپوزیت در ساخت حصار و نرده ۱۲
شکل ۱-۱۱ : نمونه ای از صندلیهای تولید شده از کامپوزیت چوب پلاستیک ۱۲
شکل ۱-۱۲ : قسمت‌های مختلف یک دستگاه اکسترودر ۱۳
شکل ۱-۱۳ : اکسترودر تک‌ماردونه به همراه قسمت‌های مختلف آن ۱۴
شکل ۱-۱۴ : اکسترودر دوماردونه به همراه قسمت‌های مختلف آن ۱۵
شکل ۱-۱۵ : ماردون‌های یک اکسترودر دوماردنه ۱۵
شکل ۱-۱۶ : شماتیکی از یک دستگاه تزریق ۱۶
شکل ۱-۱۷ : نمونه هایی از قطعه های تولید شده به روش تزریق ۱۶
شکل ۱-۱۸ : روشهای موجود در تولید کامپوزیت چوب پلاستیک ۱۹
شکل ۱-۱۹ : شماتیک از رئومتر دارای صفحه های موازی ۲۲
شکل ۱-۲۰ : شماتیک از رئومتردارای مخروط و صفحه ۲۲
شکل ۱-۲۱ : منحنی زبریسطح به همراه پارامترهای R_v ، R_p و R_t ۲۴
شکل ۱-۲۲ : منحنی زبری سطح به همراه متغییرZ ۲۴
شکل ۱-۲۳ : منحنی زبری سطح با دو طول نمونه انتخاب شده ۲۵
شکل ۱-۲۴ : شمایی از سیستم تجزیه حرارتی بوسیله روش DSC ۲۵
شکل ۱-۲۵ : یک منحنی ایده آل DSC به همراه واکنشهای رخ داده در فرایند ۲۶
شکل ۱-۲۶ : نقاط حائز اهمیت در یک منحنی DSC ۲۷
شکل ۱-۲۷ : روش تک‌مرحله‌ای ۳۱
شکل ۱-۲۸ : روش دومرحله‌ای ۳۱
شکل ۲-۱ : شکل شماتیک دستگاه اکستروژن مورد استفاده ۳۹

شکل ۲-۲ : شماتیک مونتاژی ماردون استفاده شده ۳۹
شکل ۲-۳ : دستگاه اکسترودر استفاده شده برای انجام آزمایشات ۴۰
شکل ۲-۴ : خشک کن استفاده شده ۴۰
شکل ۲-۵ : نمونه در حال انجام آزمون کشش ۴۱
شکل ۲-۶ : نمونه در حالت انجام آزمون خمش ۴۱
شکل ۲-۷ : سیستم تغذیه نوع‌دوم ۴۳
شکل ۲-۸ : همزن مورد استفاده نهایی در انجام آزمایشات ۴۳
شکل ۲-۹ : نمونه پروفیل تولید شده ۴۳
شکل ۲-۱۰ : مقطع برش خورده دای پروفیل با مقطع دایره ای ۴۳
شکل ۲-۱۱ : مقطع برش خورده دای قابل تعویض سوار شده ۴۴
شکل ۲-۱۲ : دای استفاده شده قابل تعویض با قطر ۱۵ میلی متر ۴۴
شکل ۲-۱۳ : تغییرات صورت گرفته در اتصالات فشار سنج ۴۵
شکل ۲-۱۴ : فشار سنج پیزو الکتریک نصب شده با دقت ۰.۲ بار و صفحه نمایشگر آن ۴۵
شکل ۲-۱۵ : دستگاه آسیاب ۴۶
شکل ۲-۱۶ : مراحل تولید محصول به روش تک مرحله ای ۴۶
شکل ۲-۱۷: مراحل تولید محصول به روش دو مرحله ای ۴۷
شکل ۲-۱۸ : روش های مختلف تولید گرانول ۴۸
شکل ۲-۱۹ نمونه تولید شده به روش تک مرحله‌ای و با ۷۰ درصد چوب-پلاستیک ۵۱
شکل ۲-۲۰ نمونه تولید شده به روش دو مرحله‌ای و با ۷۰ درصد چوب-پلاستیک ۵۱
شکل ۲-۲۱ : تصویری از دستگاه رئومتری مورد استفاده برای انجام آزمایش های رئولوژی ۵۲
شکل ۲-۲۲ : ترازوی دیجیتال مورد استفاده ۵۳
شکل ۲-۲۳ : دستگاه اندازه‌گیری صافی سطح نمونه‌ها ۵۴
شکل ۳-۱ : فشار دای در روش های مختلف تولید ۵۷
شکل ۳-۲ : محدوده دمایی مناسب دای برای تولید پروفیل سالم ۵۹
شکل ۳-۳ : محدوده دمایی مناسب بارل برای تولید پروفیل سالم ۵۹
شکل ۳-۴ : اثر دماهای T4 و T5 بر کیفیت پروفیل تولیدی ۶۰
شکل ۳-۵ : نحوه تأثیر پذیری محصول از دمای دای و رفتار آن ۶۱
شکل ۳-۶ : تغییرات ظاهری پروفیل های تولیدی در دما های پایین منطقه دمایی مناسب دای ۶۳
شکل ۳-۷ : تغییرات ظاهری پروفیل های تولیدی در دما های بالای منطقه دمایی مناسب دای ۶۴
شکل ۳-۸ : محصول خروجی در صورت بالابردن بیشتر دمای دای ۶۴
شکل ۳-۹ : تغییرات ظاهری پروفیل های تولیدی در دما های مختلف دای ۶۴
شکل ۳-۱۰: مقادیر R_a و R_z برای پروفیل های مختلف تولید شده در دماهای مختلف دای ۶۵

شکل ۳-۱۱ : میزان جذب آب برای نمو.نه های مختلف تولید شده در دماهای دای مختلف..... ۶۶
شکل ۳-۱۲: نمودار استحکام کششی برای روش‌های مختلف..... ۶۷
شکل ۳-۱۳ : میزان تغییر طول تا نقطه شکست برای روش‌های مختلف..... ۶۸
شکل 3-14 : مدول الاستیسیته کششی برای روش‌های مختلف..... ۶۸
شکل ۳-۱۵ : تعیین مدول الاستیسیته برای یکی از نمونه های آزمون شده..... ۶۹
شکل ۳-۱۶ : درون یابی برای تعیین شیب خط عبوری از نقاط منطقه الاستیک..... ۶۹
شکل ۳-۱۷ : منحنی تنش – کرنش کلی نمونه کشش..... ۶۹
شکل ۳-۱۸ : منحنی تنش – کرنش برای روش‌های مختلف..... ۷۰
شکل ۳-۱۹ : مقدار بار نهایی قابل تحمل برای روش‌های مختلف..... ۷۱
شکل ۳-۲۰ : مقدار استحکام خمشی برای روش‌های مختلف تولید..... ۷۱
شکل ۳-۲۱ : مقدار حداکثر کرنش در سطح خارجی پروفیل..... ۷۲
شکل ۳-۲۲ : مقدار مدول الاستیسیته برای نمونه‌های روش‌های مختلف..... ۷۳
شکل ۳-۲۳ : منحنی نیرو – جابجایی برای نمونه های روش‌های مختلف..... ۷۴
شکل ۳-۲۴ : نمودار جذب آب روش های مختلف..... ۷۵
شکل ۳-۲۵ : تصاویر SEM با بزرگنمایی ۲۰X از سطوح شکست نمونه های مختلف..... ۷۷
شکل ۳-۲۶ : پدیده شکست در پلاستیک الیاف دار..... ۷۸
شکل ۳-۲۷ : تغییرات ویسکوزیته مرکب بر حسب فرکانس برای روش های مختلف تولید..... ۷۸
شکل ۳-۲۸ : تغییرات ویسکوزیته مرکب بر حسب دما برای روش های مختلف تولید..... ۷۹
شکل ۳-۲۹ : نمودار آزمون DSC برای نمو نه‌های مختلف..... ۸۱
شکل ۳-۳۰ : گرمای ذوب برای نمو نه‌های مختلف..... ۸۱
شکل ۳-۳۱ : مقطع پروفیل بدون عامل جفت کننده و با عامل جفت کننده..... ۸۵
شکل ۳-۳۲ : منحنی DSC عامل جفت کننده پلی پروپیلن مالئیک..... ۸۶
شکل ۳-۳۳ : نمودار حداکثر بار قابل تحمل توسط نمونه های مختلف..... ۸۷
شکل ۳-۳۴ : نمودار استحکام خمشی برای نمونه های مختلف..... ۸۸
شکل ۳-۳۵ : نمودار مدول الاستیسیته خمشی برای نمونه های مختلف..... ۸۸
شکل ۳-۳۶ : نمودار حداکثر کرنش برای نمودار های مختلف..... ۸۸
شکل ۳-۳۷ : نمودار نیرو جابجایی برای نمونه های مختلف تولید شده..... ۸۹
شکل ۳-۳۸ : نمودار استحکام کششی برای نمونه های مختلف..... ۹۰
شکل ۳-۳۹ : نمودار مدول الاستیسیته کششی برای نمونه های مختلف..... ۹۰
شکل ۳-۴۰ : نمودار حداکثر کرنش برای نمونه های مختلف..... ۹۰
شکل ۳-۴۱ : نمودار تنش – کرنش برای نمونه های مختلف..... ۹۱
شکل ۳-۴۲: نتایج آزمون جذب آب برای روش‌های مختلف..... ۹۲

شکل ۳-۴۳ : اثر عامل جفت کننده بر ریز ساختار (بزرگنمایی ۲۰X) ۹۲
شکل ۳-۴۴ : اثر عامل جفت کننده بر ریز ساختار (بزرگنمایی ۵۰X) ۹۳
شکل ۳-۴۵ : اثر عامل جفت کننده بر ریز ساختار (بزرگنمایی ۶۰X) ۹۳

فهرست جدول‌ها

عنوان ..... صفحه
جدول ۱-۱ : اثر درصدهای مختلف پرکننده بر تغییر خواص فیزیکی کامپوزیت‌های چوب ۶
جدول ۱-۲ : خلاصه‌ای از کاربرد چوب پلاستیک‌ها به همراه رزین مصرف شده در آنها ۷
جدول ۱-۳ : تعدادی از افزودنی‌های کامپوزیت‌ای چوب- پلاستیک ۸
جدول ۲-۱ : مشخصات فیزیکی- مکانیکی پلاستیک مورد استفاده در آزمایشات ۳۸
جدول ۲-۲ : پارامتر های تنظیم شده برای دستگاه در روش تک مرحله ای ۴۷
جدول ۲-۳ : پارامتر های تنظیم شده برای دستگاه در روش دو مرحله ای ۴۸
جدول ۲-۴ : آزمایشات طراحی شده ۵۰
جدول ۳-۱ : پارامتر های خروجی روش تک مرحله ایS.S ۵۶
جدول ۳-۲ : پارامتر های خروجی در روش دو مرحله ای ۵۷
جدول ۳-۳ : جذب آب نمونه های تولید شده در دماهای دای مختلف ۶۶
جدول ۳-۴ : نتایج آزمون کشش برای نمونه‌های روش‌های مختلف ۶۶
جدول ۳-۵ : نتایج آزمون خمش برای روش‌های مختلف ۷۰
جدول ۳-۶ : چگالی پروفیل تولیدی در روش‌های مختلف تولید ۷۴
جدول ۳-۷ : جدول آزمایشات آزمون جذب آب برای دوره ۲۴ ساعته ۷۵
جدول ۳-۸ : دماهای T_o و T_m برای نمونه‌های روش‌های مختلف ۸۴
جدول ۳-۹ : علائم اختصاری فرآیندهای مختلف ۸۷
جدول ۳-۱۰ : نتایج آزمایش خمش برای عامل جفت کننده ۸۷

نمادها

روش دو مرحله ای بدون استفاده از دای در مرحله اول	D.S.N.D
روش دو مرحله ای با استفاده از دای رشته ای در مرحله اول	D.S.R
روش دو مرحله ای با استفاده ار دای دایروی با قطر ۱۵ میلی متری در مرحله اول	D.S.D
روش تک مرحله ای	S.S
روش تک مرحله ای با جفت کننده	S.S+C
روش دو مرحله ای با جفت کننده	D.S+C
دمای ذوب	T_m
دمای نرم شدگی	T_{onset}
مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلن	MAHPP
بیشترین کرنش در سطح خارجی پروفیل تحت تست خمش	r (%)

فصل ۱

مقدمه

۱ ۱ -مقدمه

در سال‌های اخیر استفاده از کامپوزیت‌ها، به خصوص کامپوزیت‌های زمینه پلیمری رشد سریعی داشته‌است. عامل اصلی توسعه کامپوزیت‌ها خواص بهینه آنها نسبت به اجزای تشکیل‌دهنده می‌باشد. این توسعه عمدتاً با جایگزینی کامپوزیت‌ها بجای مواد معمول، بخصوص فلزات صورت می‌گیرد[۱].

ماده کامپوزیتی از ترکیب دو یا چند ماده ساخته می‌شود تا خواص منحصر به فردی را ایجاد کند. البته بیان فوق یک تعریف کلی است و می‌تواند آلیاژهای فلزی، پلیمرهای پلاستیکی، مواد معدنی و چوب را دربر بگیرد[۱].

مطابق تعریف مواد کامپوزیتی، کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک هم از ترکیب فیزیکی پلیمرها (اغلب ترموپلاستیک‌ها) با ذرات چوب حاصل می‌شود که موجب به وجود آمدن خواص جدیدی می‌شود که با خواص چوب و خواص پلیمر اولیه متفاوت است. واژه WPC[1] به معنای آمیختن چوب و پلاستیک، گستره وسیعی از مواد کامپوزیتی را دربر دارد. این محدوده برای مواد پلاستیکی، از پلی اولفین‌ها تا پی‌وی‌سی[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 ام‌دی‌اف[4] اطلاق می‌شد به فضایی جدید و مهمتر از آن به ماده ای جدید با کارایی بالا، گسترش داده‌است [۲]. این موضوع بدان معناست که عبارت WPC امروزه فقط به کامپوزیت چوب و پلاستیک اطلاق نمی شود، بلکه ممکن است به جای چوب از مواد دیگری از قبیل شلتوک برنج، بامبو، کاه و ... نیز استفاده شود[۳].

اولین نسل از کامپوزیت چوب-پلاستیک، ترکیبی از پودر چوب و مواد پلیمری بود که خواص بالایی از نظر فیزیکی و مکانیکی دارا نبود. در حال حاضر با افزودن مواد مختلف، از قبیل انواع مواد روان‌کننده[5] و سازگارکننده[6]، خواص مکانیکی بسیار خوبی برای این کامپوزیت بدست آمده‌است. اکثر انواع متداول محصولات تولید شده از این کامپوزیت، با مخلوط‌کردن پودر چوب و مواد پلیمری بدست

1 - Wood plastic composite
2 - Poly Vinyl Chloride (PVC)
3 - Particle board
4 - Middle Density Fiberboard (MDF)
5 - Lubricant
6 - Coupling Agent

می‌آیند. فرآیندهای صورت گرفته بر روی این کامپوزیت برای تولید محصولات مختلف مانند فرآیندهای متداول برای مواد پلیمری است [۲]. نمونه‌ای از گرانول تولیدشده این کامپوزیت از پودر چوب و پلی‌اتیلن در شکل ۱-۱ نشان داده شده‌است.

شکل ۱ ـ۱: نمونه‌ای از کامپوزیت چوب و پلی‌اتیلن [۴]

اکثر قطعات تولیدشده موجود از این کامپوزیت، در حال حاضر دارای میزان چوب بین ۴۰٪ تا ۸۰٪ می‌باشند. بیشتر محصولات چوب پلاستیکی، مانند مواد پلاستیکی از اکسترودر به دست آمده و در این شرایط تولید، دیگر به فرآیندهای پرهزینه ای که به طور مثال برای شکل دهی چوب استفاده می‌شود، نیازی نیست. البته برای بهبود کیفیت ظاهر قطعه می‌توان از اکستروژن همزمان[1] و یا روکش کردن[2] محصولات نیز استفاده نمود[۵].

۱ ـ۲ - تاریخچه

در سال ۱۹۱۶ برای اولین بار، کامپوزیت چوب-پلاستیک در کارخانه رولزرویس برای ساخت سر دسته دنده[3] مورد استفاده قرارگرفت. این موضوع در حدود کمتر از یک دهه از به ثبت رسیدن اولین رزین کاملا مصنوعی اتفاق افتاد [۶]. از سال ۱۹۵۰، در آمریکای شمالی استفاده از کامپوزیت‌های ساختاری و غیرساختاری از چوب به جای چوب خالص افزایش یافت [۷]. در سال ۱۹۸۳ شرکت

1 - Co-extrude
2 - Veneer
3 - Gear lever knob