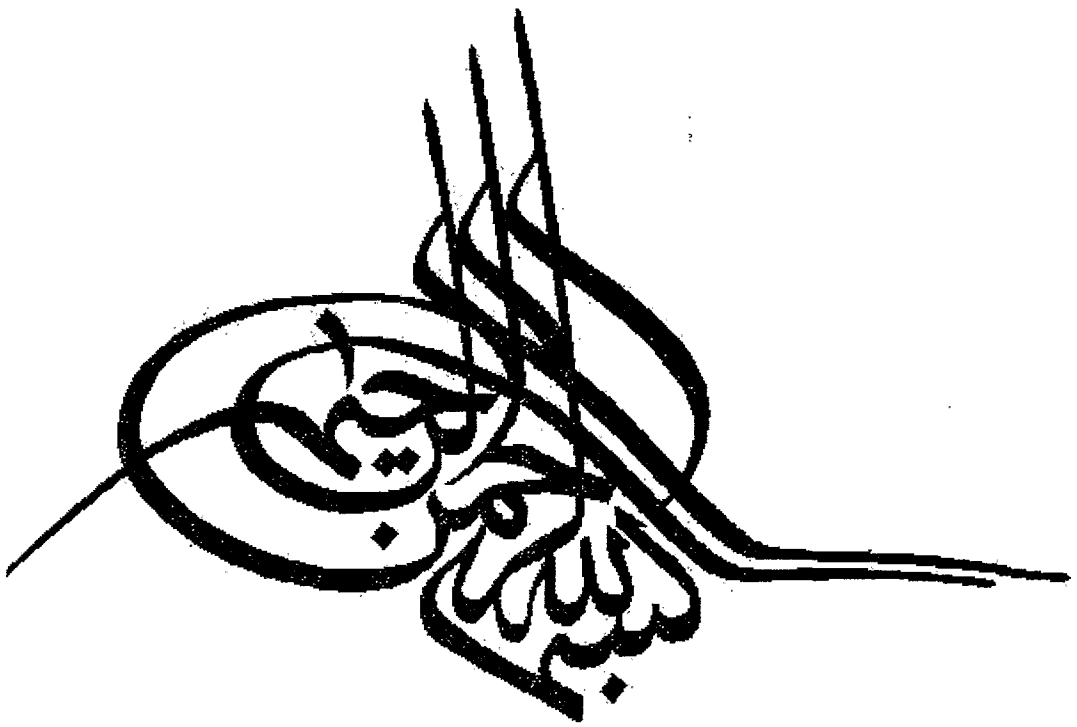
٨٧/١/١٠٠١٩٦
٨٧/٩/٢٦



١٠٧٤٥١

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی

پایان نامه کارشناسی ارشد
علوم و صنایع چوب و کاغذ

عنوان:

خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب هیبرید ساخته شده از پلی‌پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه

نگارش:
علیرضا قطبی فر

۱۳۸۷ /۹/ ۱۲

استاد راهنما:
دکتر سعید کاظمی نجفی

استاد مشاور:
دکتر ربیع بهروز

شهریور ۱۳۸۷

۱۰۷۴۵۱

تأییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

اعضای هیئت داوران نسخه نهائی پایان نامه آقای علیرضا قطبی فر

تحت عنوان: خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب هیبرید ساخته شده از پلی پروپلین، آرد چوب و الیاف شیشه

را از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی‌ارشد پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
۱- استاد راهنما	دکتر سعید کاظمی نجفی	دانشیار	
۲- استاد مشاور	دکتر ربیع بهروز اشکیکی	استادیار	
۳-نماینده‌شورای‌تحصیلات‌تکمیلی	دکتربهبود محبی	استادیار	
۴- استاد ناظر	دکترمجید ذبیح زاده	استادیار	
۵- استاد ناظر	دکتربهبود محبی	استادیار	

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

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس 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 پایان نامه، رساله و طرح‌های تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان نامه/ رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هر گونه بهره برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین نامه‌ها و دستور العمل‌های 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 می‌باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی به صورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل پایان نامه/ 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 آیین نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی منطقه‌ای و بین المللی 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 دستور العمل 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 هر گونه تخلف از مفاد این دستور العمل از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

۸۷/۸/۱۸

باسمه تعالی

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به این که 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) های خود مراتب را قبلاً به مرکز نشر 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 در رشته صنایع چوب و کاغذ است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده منابع طبیعی به راهنمایی جناب آقای دکتر سعید کاظمی نجفی و مشاوره استاد محترم آقای دکتر ربیع بهروز از آن دفاع شده است))

ماده ۳) به منظور جبران بخشی از هزینه های نشریات دانشگاه تعداد یک در صد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به مرکز نشر دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴) در صورت عدم رعایت ماده۳ ، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه نماید.

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 می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶) اینجانب علیرضا قطبی فر دانشجوی رشته صنایع چوب و کاغذ در مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام ونام خانوادگی: علیرضا قطبی فر

تاریخ و امضا:

۸۷/۸/۱۸

سپاس و قدردانی

خداوند گیتی را سپاسگزارم که با الطاف و عنایات بی پایان خویش، تحمل سختیها و مرارت ها را در مسیر تحقیق برایم آسان ساخت، امید به موفقیت را در من زنده نگه داشت و انجام این تحقیق را ممکن ساخت.

در طول انجام این پایان نامه از راهنمایی‌های اساتید ارزشمندی برخوردار بودم که لازم است صمیمانه از آنان سپاسگزاری کنم.

از جناب **آقای دکتر سعید کاظمی نجفی**، استاد راهنمای عزیز و بزرگوارم که از ابتدای انجام این پایان نامه تا اکنون، همواره با سعه صدر مرا از راهنمایی‌های ارزشمند علمی خویش برخوردار ساختند، صمیمانه سپاسگزارم.

از استاد گرامی جناب **آقای دکتر ربیع بهروز** سمت مشاور این پایان نامه را بر عهده داشتند، و با حسن خلق، اینجانب را از راهنمایی‌های گران‌قدر علمی و مساعدت‌های اجرایی خویش بهره مند ساختند، کمال تشکر وقدردانی را دارم.

از استاد گرامی جناب **آقای دکتر بهبود محبی** که سمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند، به سبب دقت نظر و نکته بینی علمی ایشان که موجب اصلاح و بهبود کیفیت این تحقیق گردید، بسیار سپاسگزارم.

از استاد گرامی جناب **آقای دکتر مجید ذبیح زاده** داور محترم این پایان نامه که با راهنمایی‌های علمی خود مرا یاری نمودند، قدردانی می‌کنم.

از مسئولان آزمایشگاه صنایع چوب، شیمی، به ترتیب آقای حسینی، آقای مهندس بور، که به نحوی بنده را در به بار نشاندن این تحقیق یاری نمودند تشکر می‌نمایم.

سپاس از جناب آقای کرمانشاهی مسئول محترم و زحمتکش کارگاه که اینجانب از تجربه‌ها و فروزه‌های ایشان استفاده بردم.

فهرست مطالب

	عنوان	صفحه
فصل اول	مقدمه	۱
۱-۱	مواد مرکب	۲
۱-۲	مواد مرکب چوب پلاستیک	۳
۱-۳	مواد مرکب هیبرید	۵
۱-۴	اهداف پژوهش	۷
فصل دوم	مروری بر مطالعات گذشته	۸
فصل سوم	مواد و روش‌ها	۱۳
۳-۱	مواد	۱۴
۳-۲	ساخت مواد مرکب هیبرید	۱۵
۳-۳	تهیه نمونه‌های آزمونی	۱۶
۳-۴	اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی	۱۶
۳-۴-۱	جذب آب و واکشیدگی ضخامت	۱۶
۳-۴-۲	ویژگی‌های مکانیکی	۱۷
۳-۴-۲-۱	روش ارتعاش خمشی (مدول الاستیسیته دینامیکی)	۱۷
۳-۴-۲-۲	آزمون خمش استاتیکی	۱۸
۳-۴-۲-۳	آزمون ضربه	۱۹
۳-۵	تهیه تصویر الکترونی	۱۹
۳-۶	پردازش آماری داده‌ها	۱۹
فصل چهارم	نتایج و بحث	۲۰
۴-۱	خواص فیزیکی مواد مرکب هیبرید پلی پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه	۲۱
۴-۱-۱	دانسیته	۲۱
۴-۱-۲	جذب آب	۲۵
۴-۱-۲-۱	جذب آب کوتاه مدت	۲۶
۴-۱-۲-۲	جذب آب بلند مدت	۳۲
۴-۱-۳	واکشیدگی ضخامت	۳۶
۴-۱-۳-۱	واکشیدگی ضخامت کوتاه مدت	۳۶
۴-۱-۳-۲	واکشیدگی ضخامت بلند مدت	۴۰
۴-۲	خواص مکانیکی مواد مرکب هیبرید پلی پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه	۴۴
۴-۲-۱	مدول الاستیسیته خمشی	۴۴
۴-۲-۲	مقاومت خمشی	۴۷

فهرست مطالب

	عنوان	صفحه
۴-۲-۳	مدول الاستیسیته دینامیک	۵۱
۴-۲-۴	مقاومت به ضربه بدون فاق	۵۵
۴-۳	تاثیر مقدار سازگار کننده روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه	۵۹
۴-۳-۱	تاثیر مقدار سازگار کننده روی ویژگی‌های فیزیکی مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه	۶۰
۴-۳-۱-۱	دانسیته	۶۰
۴-۳-۱-۲	جذب آب کوتاه مدت	۶۰
۴-۳-۱-۳	جذب آب بلند مدت	۶۲
۴-۳-۱-۴	واکشیدگی ضخامت کوتاه مدت	۶۳
۴-۳-۱-۵	واکشیدگی ضخامت بلند مدت	۶۴
۴-۳-۲	تاثیر مقدار سازگار کننده روی ویژگی‌های مکانیکی مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه	۶۶
۴-۳-۲-۱	مدول الاستیسیته خمشی	۶۶
۴-۳-۲-۲	مقاومت خمشی	۶۷
۴-۳-۲-۳	مقاومت به ضربه بدون فاق	۶۹
فصل پنجم	نتیجه گیری و پیشنهادها	۷۱
۵-۱	نتیجه گیری	۷۲
۵-۱-۱	اثر الیاف شیشه روی خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب هیبرید	۷۲
۵-۱-۲	اثر مقدار سازگار کننده روی خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب هیبرید	۷۴
۵-۲	پیشنهادها	۷۶
منابع		۷۷

فهرست شکل‌ها

شماره	عنوان	صفحه
۳-۱	روش ارتعاش خمشی مورد استفاده	۱۸
۳-۲	دستگاه DARTEC جهت انجام آزمون خمش	۱۸
۴-۱	اثر مستقل الیاف شیشه روی دانسیته مواد مرکب هیبرید	۲۲
۴-۲	اثر مستقل سازگار کننده روی دانسیته مواد مرکب هیبرید	۲۳
۴-۳	تصاویر میکروسکوپ الکترونی (بزرگنمایی x ۵۰۰) از سطح شکست ضربه مواد مرکب هیبرید الف) PWG15 ؛ ب)PWG15M	۲۴
۴-۴	اثر متقابل الیاف شیشه و سازگار کننده روی دانسیته مواد مرکب هیبرید	۲۴
۴-۵	اثر مستقل الیاف شیشه روی جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت مواد مرکب هیبرید	۲۷
۴-۶	تصاویر میکروسکوپ الکترونی (بزرگنمایی x ۱۰۰۰) از سطح شکست خمشی مواد مرکب هیبرید الف) مواد مرکب هیبرید بدون الیاف شیشه PW ؛ ب) مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه (PWG10)	۲۸
۴-۷	اثر مستقل سازگار کننده روی جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت مواد مرکب هیبرید	۲۹
۴-۸	مکانیسم واکنش پلی پروپیلن گرافت شده با انیدرید مالئیک و آرد چوب	۳۰
۴-۹	اثر متقابل الیاف شیشه و سازگار کننده روی جذب آب الف) ۲ ساعت؛ ب) ۲۴ ساعت	۳۱
۴-۱۰	روند جذب آب مواد مرکب هیبرید ساخته شده از تیمارهای ۸ گانه	۳۲
۴-۱۱	تطابق داده های تجربی با تئوری انتشار رطوبت در تیمارPWG10 و PWG10M	۳۴
۴-۱۲	نحوه تعیین ضریب انتشار در مواد مرکب هیبرید در تیمارPWG10 و PWG10M	۳۵
۴-۱۳	اثر مستقل الیاف شیشه روی واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت مواد مرکب هیبرید	۳۷
۴-۱۴	اثر مستقل سازگار کننده روی واکشیدگی ضخامت مواد مرکب هیبرید	۳۸
۴-۱۵	اثر متقابل الیاف شیشه و سازگار کننده روی واکشیدگی ضخامت الف) ۲ ساعت؛ ب) ۲۴ ساعت	۳۹
۴-۱۶	روند واکشیدگی ضخامت مواد مرکب هیبرید ساخته شده در تیمارهای ۸ گانه	۴۰
۴-۱۷	برازش منحنی داده های تجربی و پیش بینی شده واکشیدگی ضخامت در تیمارPWG10 و PWG10M	۴۳
۴-۱۸	اثر مستقل الیاف شیشه روی مدول الاستیسیته مواد مرکب هیبرید	۴۵
۴-۱۹	اثر مسقل سازگار کننده روی مدول الاستیسیته مواد مرکب هیبرید	۴۶
۴-۲۰	اثر مستقل الیاف شیشه روی مقاومت خمشی مواد مرکب هیبرید	۴۷
۴-۲۱	تصویر میکروسکوپ الکترونی (بزرگنمایی x ۵۰۰) از سطح شکست خمش مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه	۴۹
۴-۲۲	اثر مستقل سازگار کننده روی مقاومت خمشی	۴۹

فهرست شکل‌ها

شماره	عنوان	صفحه
۴-۲۳	اثر متقابل الیاف شیشه و سازگار کننده روی مقاومت خمشی مواد مرکب هیبرید	۵۱
۴-۲۴	اثر الیاف شیشه روی مدول الاستیسیته دینامیکی مواد مرکب هیبرید	۵۲
۴-۲۵	اثر مستقل سازگار کننده روی مدول الاستیسیته دینامیکی مواد مرکب هیبرید	۵۳
۴-۲۶	اثر متقابل الیاف شیشه و سازگار کننده روی مدول الاستیسیته دینامیکی مواد مرکب هیبرید	۵۴
۴-۲۷	رابطه بین مدول الاستیسیته استاتیک و دینامیک	۵۵
۴-۲۸	اثر مستقل الیاف شیشه روی مقاومت ضربه مواد مرکب هیبرید	۵۶
۴-۲۹	تصویر میکروسکوپ الکترونی (بزرگنمایی x ۵۰۰) از سطح شکست خمشی مواد مرکب هیبرید PWG15	۵۷
۴-۳۰	اثر مستقل سازگار کننده روی مقاومت به ضربه مواد مرکب هیبرید	۵۸
۴-۳۱	اثر متقابل الیاف شیشه و سازگار کننده روی مقاومت به ضربه مواد مرکب هیبرید	۵۹
۴-۳۲	اثر مقدار سازگار کننده روی دانسیته مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه	۶۰
۴-۳۳	اثر مقدار سازگار کننده روی جذب آب مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه الف) جذب آب ۲ ساعت؛ ب) جذب آب ۲۴ ساعت	۶۱
۴-۳۴	اثر مقدار سازگار کننده روی روند جذب آب مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه	۶۲
۴-۳۵	واکشیدگی ضخامت مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه با مقادیر مختلف سازگار کننده الف)۲ ساعت؛ ب) ۲۴ ساعت	۶۴
۴-۳۶	اثر مقدار سازگار کننده روی روند واکشیدگی ضخامت مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه	۶۵
۴-۳۷	اثر مقدار سازگار کننده روی مدول الاستیسیته مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه	۶۷
۴-۳۸	اثر مقدار سازگارکننده روی مقاومت خمشی مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه	۶۸
۴-۳۹	تصویر الکترونی (بزرگنمایی x۱۰۰۰) از سطح شکست خمشی مواد مرکب هیبرید با ۱۵ درصد الیاف شیشه الف) دارای ۲ درصد MAPP؛ ب) دارای ۵ درصد MAPP	۶۹
۴-۴۰	اثر مقدار سازگار کننده روی مقاومت به ضربه مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه	۷۰

فهرست جدول‌ها

شماره	عنوان	صفحه
۳-۱	درصد وزنی ترکیب شیمیایی الیاف شیشه نوع E	۱۴
۳-۲	درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده مواد مرکب هیبرید پلی پروپیلن، آردچوب و الیاف شیشه	۱۵
۳-۳	شرایط فرآیندی مورد استفاده در اکسترودر برای ساخت مواد مرکب هیبرید پلی پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه	۱۶
۳-۴	ابعاد و تعداد نمونه‌های آزمونی برای هر تیمار مطابق استاندارد ASTM	۱۶
۴-۱	تجزیه واریانس مقادیر دانسیته مواد مرکب هیبرید	۲۱
۴-۲	تجزیه واریانس مقادیر جذب آب طی ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب	۲۶
۴-۳	ضریب انتشار، حداکثر جذب آب و ضرایب n و k در تیمارهای مختلف	۳۵
۴-۴	تجزیه واریانس مقادیر واکشیدگی ضخامت طی ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب	۳۶
۴-۵	ضخامت اولیه، ضخامت نهایی، واکشیدگی ضخامت، معیار نرخ واکشیدگی و مجموع مربعات	۴۳
۴-۶	تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته خمشی مواد مرکب هیبرید	۴۴
۴-۷	تجزیه واریانس مقادیر مقاومت خمشی مواد مرکب هیبرید	۴۷
۴-۸	تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته دینامیک مواد مرکب هیبرید	۵۱
۴-۹	تجزیه واریانس مقادیر مقاومت به ضربه در مواد مرکب هیبرید	۵۵
۴-۱۰	ضریب انتشار، حداکثر جذب آب و ضرایب n و k در مواد مرکب هیبرید دارای ۱۵ درصد الیاف شیشه با مقادیر مختلف سازگار کننده	۶۳
۴-۱۱	ضخامت اولیه، ضخامت نهایی، حداکثر واکشیدگی ضخامت، معیار نرخ واکشیدگی ضخامت	۶۶

چکیده:

در این پژوهش، تاثیر مقدار الیاف شیشه (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) روی خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب هیبرید پلی پروپیلن، آرد چوب و الیاف شیشه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور نمونه‌هایی با سطح مقطع mm^2 ۱۰×۷۰ با استفاده از اکسترودر دو مارپیچ ناهمسو گرد در حضور و عدم حضور سازگارکننده MAPP ساخته شد. سپس خواص فیزیکی مانند دانسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه مدت و بلند مدت و خواص مکانیکی نظیر مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه بدون فاق اندازه گیری شدند. نتایج نشان دادند که با افزایش درصد الیاف شیشه در مواد مرکب هیبرید بدون MAPP، دانسیته، جذب آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه مدت و بلند مدت به طور معنی دار افزایش می‌یابد. استفاده از MAPP باعث کاهش معنی دار جذب آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه مدت و بلند مدت در مواد مرکب هیبرید شد. همچنین افزودن الیاف شیشه سبب افزایش مدول الاستیسیته مواد مرکب هیبریدی و کاهش مقاومت به ضربه بدون فاق شده است اما بر مقاومت خمشی مواد مرکب هیبرید تاثیری نداشت. افزودن MAPP در مواد مرکب هیبرید باعث افزایش معنی دار مدول الاستیسیته خمشی، مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته دینامیک و مقاومت به ضربه بدون فاق شده است. ضمناً تاثیر افزایش مقدار MAPP از ۲ به ۵ درصد در مواد مرکب با ۱۵ درصد الیاف شیشه بر خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب هیبرید مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان دادند که افزایش مقدار MAPP، باعث کاهش معنی دار جذب آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه مدت می‌شود اما در بلند مدت تاثیر زیادی ندارد. مقاومت خمشی به طور خطی با افزایش مقدار MAPP افزایش یافت اما حداکثر مدول الاستیسیته خمشی و مقاومت به ضربه بدون فاق به ترتیب در ۲ و ۳ درصد MAPP مشاهده شد.

واژه های کلیدی: مواد مرکب هیبریدی، الیاف شیشه، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی، MAPP

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مواد مرکب[1]

درجهان امروز شاهد نیاز روز افزون به استفاده از ترکیبی از مواد برای دستیابی به خواص مطلوب هستیم، زیرا عموماً یک ماده به سختی می‌تواند با توجه به جنبه‌های اقتصادی، کارایی و عملکرد پاسخگوی مجموعه خواص مورد نیاز باشد؛ ولی با ترکیب مواد در مقیاس ماکروسکوپی و میکروسکوپی می‌توان به موادی که همزمان خصوصیات فیزیکی و مکانیکی مناسب دارند؛ دست یافت (فیروزمنش، ۱۳۷۹).

معمولاً یک ماده مرکب را به صورت یک مخلوط فیزیکی در مقیاس ماکروسکوپیک، از دو یا چند ماده مختلف تعریف می‌کنند. این مواد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خود را حفظ کرده و مرز مشخصی را با یکدیگر تشکیل می‌دهند. این مخلوط در مجموع و با توجه به برخی معیارها خواص بهتری را نسبت به هر یک از اجزای تشکیل دهنده خود دارا می‌باشد. انواع مواد مرکب عبارتند از پلاستیک‌های تقویت شده، مواد مرکب کربن/کربن، مخلوط‌ها، چند لایه‌ها، ورقه‌ها و پانل‌های ساندویچی (صدوق ونینی، ۱۳۸۵).

پلاستیک‌های تقویت شده شامل دو ناحیه متمایز، فاز ناپیوسته (ماده زمینه)، فاز پیوسته (تقویت کننده) و لایه مرزی[2] بین این دو فاز هستند که تعیین کننده خواص و مشخصه‌های ماده مرکب است. در فاز پیوسته موادی مانند سرامیک، فلزات یا پلیمر (ترموست و ترموپلاست) می‌تواند وجود داشته باشد (صدوق ونینی، ۱۳۸۵). فاز ناپیوسته معمولاً سخت‌تر و قوی‌تر از فاز پیوسته است و غالباً سه دسته کلی از مواد شامل ذرات پودری، ذرات صفحه‌ای و الیاف در این فاز استفاده می‌شوند و بسته به تأثیر در ماده زمینه به آنها به ترتیب پر کننده[3] و تقویت کننده[4] گفته می‌شود. پرکننده‌ها بر خلاف تقویت کننده‌ها، موادی بی اثر محسوب می‌شوند که به منظور کاهش هزینه ساخت و بهبود بعضی از خواص فیزیکی و مکانیکی در مواد مرکب استفاده می‌شوند.

---

[1] Composites
[2] Interface
[3] Filler
[4] Rienforcer

پر کننده‌ها و تقویت کننده‌ها به دو دسته آلی و معدنی تقسیم می‌شوند؛ از مهمترین پر کننده‌ها و تقویت کننده‌های آلی می‌توان به مواد لیگنو سلولزی به شکل آرد یا الیاف حاصل از مواد چوبی و غیر چوبی (الیاف کتان، کنف، سیزال، بامبو، باگاس، سبوس برنج و کاه گندم) و ضایعات حاصل از انواع کاغذ و از پرکننده‌ها و تقویت کننده‌های معدنی می‌توان به تالک، کربنات کلسیم و خاک رس و الیاف سنتزی (الیاف شیشه، الیاف کربن و آرامید) اشاره نمود (Bledzki و Gassan، ۱۹۹۹).

در مواد مرکب با ماده زمینه پلیمری برای اینکه پر کننده‌ها و تقویت کننده‌ها موثر باشند؛ باید پر کننده‌ها و تقویت کننده‌ها در لایه مرزی اتصال قوی با ماده زمینه پلیمری ایجاد کنند. به این منظور برای افزایش میل ترکیبی پر کننده‌ها و تقویت کننده‌ها با پلیمر از عوامل اتصال دهنده استفاده می‌شود. عوامل اتصال دهنده موادی هستند که دارای یک سر قطبی و یک سر غیر قطبی می‌باشند. بنابراین نقش یک پل ارتباطی را بین مواد تقویت کننده قطبی و پلیمر غیر قطبی بازی می‌کنند. از عوامل اتصال دهنده مهم می‌توان به ایزوسیانات‌ها، آلکوکسی سیلانها، انیدریدها (مانند انیدرید فتالئیک و انیدرید مالئیک) اشاره نمود.

۱-۲ مواد مرکب چوب پلاستیک:

در ساخت قطعات پلاستیکی تقویت شده معمولاً از پر کننده‌ها و تقویت کننده‌های معدنی مانند الیاف شیشه، کربن و آرامید استفاده می‌شود. اما در دهه‌های اخیر تقاضا برای استفاده از پر کننده‌ها و تقویت کننده‌های آلی به دلیل مزایای آن مانند ارزان بودن، تجدید پذیری، دانسیته پایین، مصرف انرژی کمتر برای تولید و دسترسی در سطح وسیع باعث برتری آن نسبت به پر کننده‌ها و تقویت کننده‌های معدنی شده است؛ به طوری‌که استفاده از مواد لیگنو سلولزی به شکل آرد و الیاف به عنوان پر کننده و یا تقویت کننده در مواد پلاستیکی، بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲، ۶۶ تا ۸۰ درصد رشد داشته است و پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۱۰ میزان تولید این مواد، با در نظر گرفتن میانگین رشد ۱۴ درصد در سال به ۲۷۰ هزار تن در اروپا و ۱/۷ میلیون تن در آمریکای شمالی برسد (Holm، ۲۰۰۶). با ورود مواد آلی به عنوان پر کننده و تقویت کننده در صنایع پلاستیک، گروه جدیدی از مواد مرکب به نام

مواد مرکب چوب پلاستیک متولد شدند که به اختصار WPC گفته می‌شوند. در ساخت این مواد مرکب گستره وسیعی از پلیمرها مثل پروپیلن، پلی اتیلن، پلی ونیل‌کلراید، پلی استر و .. به همراه پرکننده‌ها و تقویت کننده‌های لیگنوسلولزی شامل آرد چوب، الیاف چوب، کتان، کنف و.. مورد استفاده قرار می‌گیرد (Gatenholm و Flix، ۱۹۹۴؛ Bledzki و همکاران، ۱۹۹۸).

مواد مرکب چوب پلاستیک دارای ویژگی‌های مثبت از قبیل سختی و مقاومت فشاری بالا، پایداری ابعاد، مقاومت در برابر قارچ زدگی و حمله حشرات، جذب رطوبت پایین، قیمت پایین، سرعت اشتعال کم، ویژگی‌های حرارتی بسیار خوب، قابلیت ماشین کاری خوب، مقاومت به سایش و مدول الاستیسیته بالا می‌باشد.

از دیدگاه زیست محیطی مواد مرکب چوب پلاستیک با دارا بودن ویژگی‌هایی از قبیل بکارگیری مواد ضایعاتی مانند انواع پلاستیک‌ها و مواد لیگنوسلولزی به عنوان ماده اولیه، تولید محصول با قابلیت بازیافت و بدون ترکیبات آلی فرار مانند فرمالدئید مورد توجه می‌باشد (چهار محالی، ۱۳۸۴).

با توجه به ویژگی‌های بسیار خوب مواد مرکب چوب پلاستیک، این مواد کاربردهای مختلفی پیدا کرده و استفاده از آنها به سرعت رو به گسترش می‌باشد. به طوری‌که تقاضا برای تولید مواد مرکب چوب پلاستیک در امریکای شمالی و اروپا از ۵۰ هزار تن در سال ۱۹۹۵ به ۷۰ هزار تن در سال ۲۰۰۲ رسیده است و پیش بینی شده است که تا سال ۲۰۱۰ حدود ۱۴ درصد در سال رشد داشته باشند. تجارت چوب پلاستیک بیشترین رشد را در بین بخش‌های مختلف صنعت پلاستیک داشته است (Morton، ۲۰۰۳).

مواد مرکب چوب پلاستیک به راحتی می‌توانند در بیشتر موارد جایگزین مصنوعات چوبی و پلاستیکی شوند. بزرگترین بازار مصرف WPC ها، کاربردهای خارج ساختمان و محصولات ساختمانی می‌باشد که در حدود ۷۰ درصد کل تولید WPC ها را به خود اختصاص می‌دهد و هیچ یک از محصولات ساختمانی به یک چنین بازار تقاضایی نرسیده است (Morton، ۲۰۰۳). ساختمان سازی، دکوراسیون داخل و خارج ساختمان و خودرو سازی بخش‌های اصلی هستند که این محصولات می‌توانند به کار روند.

با وجود این، استفاده از پر کننده‌ها و تقویت کننده‌های آلی در ساخت مواد مرکب چوب پلاستیک محدودیت‌هایی نیز دارند که مهمترین آنها عبارتند از: عدم سازگازی بین الیاف طبیعی آبدوست و پلاستیک آبگریز و همچنین تمایل به جذب آب و رطوبت و افزایش واکشیدگی ضخامت مواد مرکب ساخته شده. این محدودیت‌ها بویژه در درصدهای بالاتر آرد چوب و الیاف بیشتر جلوه می‌نماید.

۱-۳ مواد مرکب هیبرید

خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب چوب پلاستیک را می‌توان با بکار بردن سازگارکننده‌ها (پلی پروپیلن گرافت شده با انیدرید مالئیک[1] و سیلان[2])، اصلاح پر کننده‌ها و تقویت کننده‌ها با روش‌های فیزیکی (تخلیه الکتریکی[3] و پلاسمای سرد[4]) و شیمیایی (تغییر کشش سطحی، اشباع کردن الیاف و اتصالات شیمیایی) بهبود بخشید (Hariharan و Abdul khalil، ۲۰۰۵).

ساخت مواد مرکب هیبرید چوب پلاستیک از دیگر روش‌های بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب چوب پلاستیک می‌باشد. در واقع در این روش با استفاده از پر کننده‌ها و تقویت کننده‌های قوی از لحاظ فیزیکی و مکانیکی، خواص مواد مرکب چوب پلاستیک بهبود می‌یابد. مواد مرکب هیبرید حاصل ترکیب دو یا چند نوع مختلف از پر کننده‌ها و تقویت کننده‌ها (آلی- معدنی، معدنی- معدنی، آلی- آلی) می‌باشند؛ که هر یک از آنها دارای ویژگی‌هایی است که کمبودهای دیگری را می‌پوشاند. به منظور بهره‌گیری از ویژگی‌های هر دو نوع پرکننده و تقویت کننده آلی و معدنی می‌توان آنها را در یک ماده زمینه یکسان ترکیب کرد تا مواد مرکب هیبرید تولید نمود (John و Naidu، ۲۰۰۴ a؛ Arbelaiz و همکاران، ۲۰۰۵).

در بین پر کننده‌ها و تقویت کننده‌های معدنی، الیاف شیشه رایجترین تقویت کننده‌ای است که در صنعت پلاستیک مصرف می‌شود و نسبت به دیگر الیاف سنتزی از لحاظ اقتصادی و ویژگی‌های مکانیکی برتری دارد (Ahmed و همکاران، ۲۰۰۶).

---

[1] MAPP
[2] Sillan
[3] Corona
[4] Cold plasma

الیاف شیشه بر حسب نوع و ترکیب مواد به کار رفته به انواع گوناگون تقسیم می‌شوند که برای معرفی هر نوع از یک حرف استفاده می‌شود که بیانگر خصوصیات آن لیف می‌باشد (فیروزمنش، ۱۳۷۹؛ صدوق ونینی، ۱۳۸۵):

- نوع E اشاره به Electrical دارد و بیش از ۹۰ درصد الیاف شیشه مصرفی در مواد مرکب از این نوع می‌باشد. این نوع الیاف خواص الکتریکی خوبی از خود نشان می‌دهند و در بین مجموعه الیاف شیشه پایین‌ترین قیمت را دارا می‌باشند. این الیاف به صورت رشته‌های کوتاه به طول ۳ میلی‌متر و به قطر ۲۵- ۵ میکرون و دانسیته در حدود ۲/۵۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشند.

- نوع S بالاترین استحکام را دارا هستند و S اشاره به High Strength دارد. استحکام این نوع لیف حدود ۲۰ درصد بیشتر از نوع E است؛ اما قیمت آن حدود چهار برابر الیاف E است.

- نوع C مقاومت بالایی در برابر محیط‌های اسیدی دارد و C اشاره به Chemical دارد و در جدا کننده خانه‌های باتری کاربرد دارند.

- نوع D کمترین ثابت دی الکتریک (Low Dielectric Constant) را دارد و برای ساخت دستگاه‌های الکترونیک با کیفیت بالا مانند سپرهای محافظ رادار استفاده می‌شوند.

- نوع A اشاره به Soda-lime glass (Window & Container glass) که یک شیشه (High Alkali) است؛ دارد.

- نوع Z حاوی Ziroconia است و یک شیشه با مقاومت عالی در برابر مواد قلیایی است.

ماده اصلی تشکیل دهنده الیاف شیشه سیلیکا (SiO_2) می‌باشد. اکسیدهای دیگر مانند B_2O_3 و Al_2O_3 برای اصلاح ساختمان شبکه SiO_2 و همچنین بهینه سازی و قابلیت کاربردی مانند کاهش دمای ذوب به آنها افزوده می‌شوند. برخلاف شیشه‌های معمولی مقادیر Na_2O و K_2O (اکسید فلزات قلیایی) در الیاف شیشه جدید مانند E و S بسیار کم می‌باشد که این امر باعث مقاومت بهتر آنها در برابر خوردگی توسط آب می‌شود. ساختمان داخلی الیاف شیشه یک شبکه سه بعدی از سیلیکون، اکسیژن و دیگر اتم‌هاست. که به صورت غیر منظم در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. لذا الیاف شیشه ساختمانی بی شکل یعنی

غیر کریستالی و ایزوتروپیک (خواص یکسان در تمام جهات) را دارا می‌باشند (فیروزمنش، ۱۳۷۹؛ صدوق ونینی، ۱۳۸۵).

الیاف شیشه از لحاظ خصوصیات مکانیکی نسبت به پرکننده‌های طبیعی مانند الیاف و آرد مواد لیگنوسلولزی برتری دارد (Abdul khalil و همکاران، ۲۰۰۷) ولی به دلیل معایبی از قبیل ایجاد سایش در تجهیزات تولید، شکننده بودن، تخریب در تولید و همچنین غیر قابل بازگشت به محیط زیست در سال‌های اخیر به آنها چندان توجه نمی‌شود.

۱-۴ اهداف پژوهش

استفاده از درصد بالای آرد چوب در ساخت مواد مرکب چوب پلاستیک از اهداف مورد نظر در این تکنولوژی می‌باشد؛ اما درصد بالای آرد چوب باعث کاهش خواص مکانیکی و افزایش جذب آب مواد مرکب چوب پلاستیک می‌شود. به نظر می‌رسد با افزودن الیاف شیشه به مقدار کم و تولید مواد مرکب هیبرید می‌توان ضمن افزایش مقاومت‌های مکانیکی این مواد، جذب آب را نیز کاهش داد. بنابراین هدف از این تحقیق استفاده از الیاف شیشه به منظور افزایش خصوصیات مکانیکی و کاهش جذب آب و واکشیدگی ضخامت مواد مرکب چوب پلاستیک در درصدهای بالای پر کننده می‌باشد.

فصل دوم

مروری بر مطالعات گذشته