١٥٥٩ع

١٠٢٧٤٨

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی- علوم و صنایع چوب و کاغذ

تاثیر دفعات بازیابی پلی‌پروپیلن روی خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب چوب-پلاستیک

نگارش:

مرتضی مصطفی زاده مرزناکی

استاد راهنما:

دکتر سعید کاظمی نجفی

استاد مشاور:

مهندس مجید چهار محالی

اسفند ماه ۸۶

۱۳۸۷ /۱۵/ ۲۵

۱۰۲۷۴۸

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

اعضای هیئت داوران نسخه نهائی پایان نامه آقای مرتضی مصطفی زاده
تحت عنوان: تاثیر دفعات بازیابی پلی پروپیلن روی خواص فیزیکی ومکانیکی مواد مرکب چوب پلاستیک
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	مهندس مجید چهارمحالی	مربی	
۳-نماینده‌شورای‌تحصیلات‌تکمیلی	دکتر ربیع بهروز	استادیار	
۴- استاد ناظر	دکتر عبدا.... نجفی	استادیار	
۵- استاد ناظر	دکتر ربیع بهروز	استادیار	

۱۰۲۷۴۸

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های 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 متهد می‌گردد.

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 پایانامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته **صنایع چوب و کاغذ** است که در سال ۱۳۸۷ در دانشکده منابع طبیعی و علو دریایی نور به راهنمایی جناب آقای دکتر **سعید کاظمی نجفی** و مشاوره مربی محترم آقای **مجید چهار محالی** از آن دفاع شده است.))

ماده ۳) به منظور جبران بخشی از هزینه های نشریات دانشگاه تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به مرکز نشر دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را بهنفع 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، تادیه 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، تامین نماید.

ماده ۶) اینجانب مرتضی مصطفی زاده مرزناکی دانشجوی رشته صنایع چوب و کاغذ در مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق و ضمانت اجرایی آنرا قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

امضاء دانشجو: مرتضی مصطفی‌زاده مرزناکی

با تقدیم و تشکر فراوان:

از خانواده عزیزم که مشوق اصلی در پیشرفت علم و دانش بنده بودند

گویند بهشت و حور عین خواهد بود
آنجا می و شیر و انگبین خواهد بود
گرما می و معشوق گزیدیم چه پاک
چون عاقبت کار چنین خواهد بود

عمرت چه دو صد بود و چه سیصد هزار
زین کهنه سرای برون برندت ناچار
گر پادشهی و گر گدای بازار
این هر دو بیک نرخ بود آخر کار

تقدیر و تشکر

و اینک که پایان راه رسیدم و شروع دوباره در پیش دارم وظیفه خود می‌دانم از تمام کسانی در طول دوره کارشناسی ارشد به نحوی در پیشبرد اهداف حقیر نقش داشتند قدردانی و تشکر نمایم.

از **استاد راهنمای محترم** جناب آقای **دکتر سعید کاظمی نجفی** معلم علم و اخلاقم به پاس زحماتشان در طول دوره تحصیل که همواره به بنده اعتماد به نفس داده و مایه دلگرمی من بوده است.

از دوست و برادر عزیز آقای مهندس **مجید چهار محالی** که **مشاوره** اینجانب را به عهده داشته‌اند و از هر تلاشی در بهتر شدن این تحقیق دریغ ننمودند.

از آقایان **دکتر ربیع بهروز** و دکتر **عبدالله نجفی** که با وجود مشغله کاری فراوان **داوری** پایانامه را به عهده گرفتند.

از جناب آقای دکتر **ربیع بهروز نماینده تحصیلات تکمیلی**

از آقای **دکتر تجویدی** به‌خاطر مساعدت‌های فراوان در طول انجام پروژه

از آقای **دکتر محبی** استاد محترم گروه که در طول این دوره از راهنمایی‌های ارزشمندشان بهره‌مند شدم.

از آقایان **مهندس بحری، مهندس صیامی، کرمانشاهی** به پاس مساعدت‌های ایشان در طول تحقیق

از دوستان عزیزم آقایان مهندس **علی شالبافان، احمد سلگی، میر محمود سید ولی‌زاده، حجت الله خدری، علی دانشی، ایمان سوری‌نژاد** و **مسعود حیدری**، دکتر **علی عرب** و دیگر دوستان عزیز که بر بنده منت نهادند.

و در پایان از همکلاسی‌های خود خانم‌ها مهندس **کیایی‌فر، یوسف نژاد**

چکیده:

در این تحقیق تاثیر دفعات بازیافت پلی‌پروپیلن، روی خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب پلی-پروپیلن-خاک اره بررسی گردید. بدین منظور ابتدا پلی‌پروپیلن‌های خام تحت شرایط کنترل شده، بوسیله دستگاه اکسترودر دوماردونه ناهمسوگرد تحت دو مرحله تخریب ترمومکانیکی (به عنوان شاخصی از دفعات بازیافت) قرار گرفتند. نتایج نشان دادند شاخص جریان مذاب پلی‌پروپیلن با افزایش دفعات بازیافت بطور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. همچنین ویژگی‌های فیزیکی (جذب آب و واکشیدگی ضخامت) و مکانیکی (مدول خمشی و سختی) و مدول الاستیسیته دینامیکی پلی‌پروپیلن-های مورد مطالعه با افزایش دفعات بازیافت به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. با استفاده از پلی‌پروپیلن خام و بازیافت شده در هر مرحله به همراه خاک اره با نسبت وزنی ۴۰ به ۶۰ درصد و در حضور و عدم حضور سازگارکننده مواد مرکب پلی‌پروپیلن-خاک اره با استفاده از دستگاه اکسترودر دوماردونه نا همسوگرد ساخته شد و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آنها مورد مطالعه قرار گرفت. ابعاد سطح مقطع نمونه ۱(ضخامت)×۷(پهنا) سانتیمتر و دانسیته اسمی آنها یک گرم بر سانتیمتر مکعب بوده است. نتایج نشان داد با افزایش دفعات بازیافت جذب آب و واکشیدگی ضخامت کوتاه و بلند مدت مواد مرکب به طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. به علاوه استفاده از سازگار کننده در ساخت مواد مرکب چوب پلاستیک ویژگی‌های فیزیکی را به طور معنی‌داری بهبود می‌دهد. خواص خمشی شامل مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی به همراه سختی با افزایش دفعات بازیافت پلی‌پروپیلن افزایش قابل توجه‌ای می‌یابد اما مقاومت به ضربه کاهش یافته است. تیمارهای حاوی سازگارکننده ویژگی‌های مکانیکی بهتری نست به تیمار های بدون سازگارکننده نشان دادند. همچنین افزودن پلی‌پروپیلن خام به بازیافتی سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و کاهش بعضی از خواص مکانیکی مواد مرکب چوب پلاستیک شده است.

کلمات کلیدی: مواد مرکب چوب پلاستیک، پلی پروپیلن بازیافتی، خاک اره، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی ، MAPP، اکستروژن

فهرست مطالب

عنوان مطالب	صفحه
فصل اول - مقدمه	۱
۱-۱مواد مرکب	۲
۱-۲ مواد مرکب چوب پلاستیک	۳
۱-۳ استفاده از ضایعات در تولید مواد مرکب چوب پلاستیک	۴
۱-۴ پلاستیک‌های ضایعاتی و استفاده از آنها در تولید مواد مرکب چوب پلاستیک	۵
۱-۵ اهدف تحقیق	۸
فصل دوم- سابقه تحقیق	۹
فصل سوم- مواد و روشها	۱۴
۳-۱ مواد	۱۵
۳-۲ روش‌ها	۱۵
۳-۲-۱ تهیه و آماده سازی خاک اره	۱۵
۳-۲-۲ تهیه پلی پروپیلن بازیافتی	۱۶
۳-۲-۳ تعیین شاخص جریان مذاب	۱۷
۳-۲-۴ تعیین خواص حرارتی	۱۷
۳-۲-۵ فرآیند اختلاط	۱۸
۳-۲-۶ ساخت نمونه‌های آزمونی	۱۸
۳-۳ بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها	۲۰
۳-۳-۱ اندازه‌گیری خواص فیزیکی	۲۰
۳-۳-۱-۱ جذب آب و واکشیدگی ضخامت	۲۰
۳-۳-۲ اندازه‌گیری خواص مکانیکی	۲۱
۳-۳-۲-۱ آزمون خمش سه نقطه‌ای	۲۱
۳-۳-۲-۲ روش ارتعاش خمشی (مدول الاستیسیته دینامیکی)	۲۲
۳-۳-۲-۳ آزمون ضربه	۲۳
۳-۳-۲-۴ آزمون سختی	۲۴
۳-۴ تهیه تصویر میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM)	۲۴
۳-۵ تجزیه و تحلیل نتایج	۲۵
فصل چهارم- نتایج و بحث	۲۶
۴-۱ بخش اول: (اثر باریافت بر خواص پلی‌پروپیلن)	۲۷
۴-۱-۱ شاخص جریان مذاب	۲۷
۴-۱-۲ خواص حرارتی	۲۸
۴-۱-۳ جذب آب	۳۰
۴-۱-۴ واکشیدگی ضخامت	۳۱
۴-۱-۵ مدول الاستیسیته خمشی	۳۱

فهرست مطالب

عنوان مطالب	صفحه
۴-۱-۶ مدول الاستیسیته دینامیکی	۳۴
۴-۱-۷ سختی (Shore D)	۳۵
۴-۲ بخش دوم: خواص فیزیکی و مکانیکی مواد مرکب پلی‌پروپیلن- خاک اره	۳۷
۴-۲-۱ جذب آب	۳۷
۴-۲-۱-۱ جذب آب کوتاه مدت	۳۷
۴-۲-۱-۲ جذب آب طولانی مدت	۴۲
۴-۲-۲ واکشیدگی ضخامت	۴۶
۴-۲-۲-۱ واکشیدگی ضخامت کوتاه مدت	۴۷
۴-۲-۲-۲ واکشیدگی ضخامت طولانی مدت	۵۰
۴-۲-۳ مدول الاستیسیته خمشی مواد مرکب چوب- پلاستیک	۵۴
۴-۲-۴ مقاومت خمشی مواد مرکب چوب - پلاستیک	۶۰
۴-۲-۵ مدول الاستیسیته دینامیکی	۶۳
۴-۲-۶ مقاومت به ضربه بدون فاق مواد مرکب چوب پلاستیک	۶۸
۴-۲-۷ سختی (Shore D) سطح مواد مرکب چوب پلاستیک	۷۲
۴-۳ بخش سوم: اثراختلاط پلی‌پروپیلن خام و بازیافتی بر خواص مواد مرکب حاصل	۷۶
۴-۳-۱ خواص فیزیکی	۷۷
۴-۳-۱-۱ جذب آب مواد مرکب ساخته شده از مخلوط پلی‌پروپیلن بازیافتی و خام	۷۷
۴-۳-۱-۲ واکشیدگی ضخامت مواد مرکب ساخته شده از مخلوط پلی‌پروپیلن بازیافتی و خام	۷۸
۴-۳-۲ خواص مکانیکی	۸۰
۴-۳-۲-۱ مدول الاستیسیته خمشی	۸۰
۴-۳-۲-۲ مقاومت خمشی	۸۱
۴-۳-۲-۳ مدول الاستیسیته دینامیکی	۸۲
۴-۳-۲-۴ مقاومت به ضربه بدون فاق	۸۳
۴-۳-۲-۵ سختی سطح	۸۴
۴-۴ مطالعات میکروسکوپ الکترونی SEM	۸۵
فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادها	۸۸
۵-۱ نتیجه گیری	۸۹
۵-۱-۱ اثر بازیافت بر خواص پلی پروپیلن	۸۹
۵-۱-۲ مواد مرکب چوب پلاستیک	۹۰
۵-۱-۳ مواد مرکب ساخته شده از مخلوط پلی‌پروپیلن خام و بازیافتی	۹۲
۵-۲ پیشنهادها	۹۵
منابع	۹۶

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول	صفحه
جدول ۳-۱ شرایط فرآیند برای بازیابی پلی پروپیلن خام بوسیله دستگاه اکسترودر	۱۷
جدول ۳-۲ اختلاط ۱۰ گانه حاصل از مخلوط پلاستیک ها و خاک اره و اختلاط ۳ گانه حاصل از پلی-پروپیلن خالص	۱۸
جدول ۳-۳ شرایط مورد استفاده برای ساخت مواد مرکب چوب پلاستیک	۱۹
جدول ۳-۴ ابعاد و تعداد نمونه‌های آزمونی برای هر تیمار مطابق استاندارد ASTM	۱۹
جدول ۴-۱ دمای ذوب، گرمای نهان ذوب و کریستالیته نمونه های خام و بازیافتی	۲۹
جدول ۴-۲ تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۳۲
جدول ۴-۳ تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته دینامیکی پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۳۴
جدول ۴-۴ تجزیه واریانس مقادیر سختی (Shore D) پلی‌پروپیلن مورد مطالعه	۳۵
جدول ۴-۵ تجزیه واریانس مقادیر جذب آب ۲ ساعت غوطه وری در آب	۳۷
جدول ۴-۶ تجزیه واریانس مقادیر جذب آب ۲۴ ساعت غوطه وری در آب	۳۸
جدول ۴-۷ ضریب انتشار، حداکثر جذب آب و ضرایب n و k در تیمارهای مختلف	۴۶
جدول ۴-۸ تجزیه واریانس مقادیر واکشیدگی ضخامت میانه ۲ ساعت غوطه وری در آب	۴۷
جدول ۴-۹ تجزیه واریانس مقادیر واکشیدگی ضخامت میانه ۲۴ ساعت غوطه وری در آب	۴۷
جدول ۴ -۱۰ حداکثر جذب آب، ضخامت اولیه، ضخامت نهایی، واکشیدگی ضخامت، معیار نرخ واکشیدگی ضخامت و مجموع مربعات	۵۴
جدول ۴-۱۱ تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته خمشی	۵۵
جدول ۴-۱۲ تجزیه واریانس مقادیر مقاومت خمشی	۶۰
جدول ۴-۱۳ تجزیه واریانس مقادیر مدول الاستیسیته دینامیکی خمشی	۶۴
جدول ۴-۱۴ تجزیه واریانس مقادیر مقاومت به ضربه بدون فاق	۶۹
جدول ۴-۱۵ تجزیه واریانس مقادیر سختی (Shore D)	۷۲
جدول ۴- ۱۶ تجزیه واریانس اثر افزودن پلی پروپیلن ضایعاتی به پلی پروپیلن خام بر مقادیر خواص مکانیکی مواد مرکب چوب – پلاستیک حاصله	۸۰

فهرست شکل‌ها

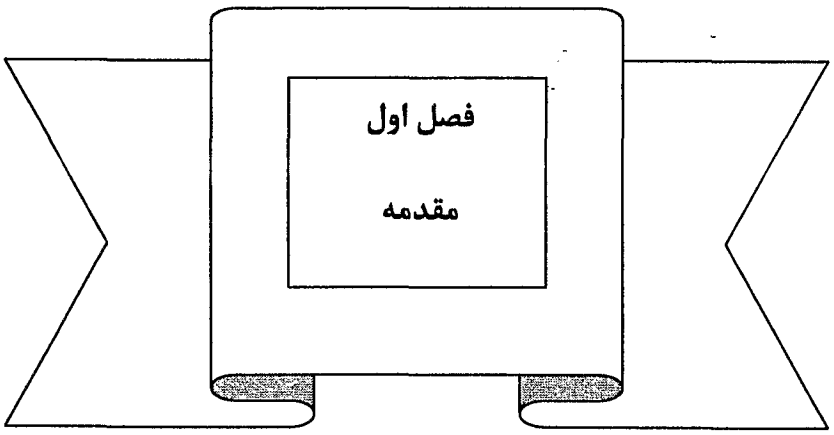
عنوان شکل	صفحه
شکل ۳-۱ شماتیک کلی از روش کار	۱۶
شکل ۳-۲ دستگاه اختلاط	۲۰
شکل ۳-۳ دستگاه اکسترودر	۲۰
شکل ۳-۴ دستگاه DARTEC	۲۲
شکل ۳-۵ روش ارتعاش خمشی مورد استفاده	۲۲
شکل ۳-۶ وسیله اندازه‌گیری مورد استفاده برای ارتعاش خمشی	۲۳
شکل ۳ -۷ دستگاه ضربه IZOD	۲۳
شکل ۳-۸ دستگاه سختی Shore D	۲۴
شکل ۴-۱ شاخص جریان مذاب ((MFI (g/۱۰ min) پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۲۸
شکل ۴-۲ دمای ذوب پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه به روش DSC	۲۹
شکل ۴-۳ مقادیر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۳۰
شکل ۴-۴ مقادیر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۳۱
شکل ۴-۵ مقادیر مدول الاستیسیته خمشی پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۳۳
شکل ۴-۶ اثر شاخص جریان مذاب روی مدول الاستیسیته خمشی پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۳۳
شکل ۴-۷ مقادیر مدول الاستیسیته دینامیکی پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۳۴
شکل ۴-۸ مقادیرسختی (Shore D) مواد مرکب ساخته شده از پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۳۶
شکل ۴-۹ رابطه بین مدول الاستیسیته و سختی مواد مرکب ساخته شده از پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۳۶
شکل ۴-۱۰ اثر نوع پلی‌پروپیلن (دفعات بازیافت) بر مقادیر جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب	۳۹
شکل ۴-۱۱ تاثیر MAPP روی جذب آب در تیمارهای مورد مطالعه	۴۰
شکل ۴-۱۲ اثر متقابل دفعات بازیافت و سازگار کننده روی جذب آب ۲ ساعت غوطه وری در آب	۴۰
شکل ۴-۱۳ اثر متقابل دفعات بازیافت و سازگارکننده روی جذب آب ۲۴ ساعت غوطه وری در آب	۴۱
شکل ۴-۱۴ تاثیر افزودن پرکننده بر جذب آب	۴۲
شکل ۴-۱۵ روند جذب آب مواد مرکب ساخته شده در تیمارهای ۱۰ گانه	۴۳
شکل ۴-۱۶ تطابق داده‌های تجربی با تئوری انتشار رطوبت در تیمار VPP و MAPP+VPP	۴۴
شکل ۴-۱۷ نحوه تعیین ضریب انتشار در مواد مرکب چوب پلاستیک	۴۵
شکل ۴-۱۸ اثر نوع پلی‌پروپیلن (دفعات بازیافت) بر مقادیر واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب	۴۸
شکل ۴-۱۹ اثر سازگار کننده روی واکشیدگی ضخامت مواد مرکب ساخته شده از پلی‌پروپیلن‌های خام و بازیافت	۴۸

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل	صفحه
شکل ۴-۲۰ اثر متقابل دفعات بازیافت و سازگار کننده روی واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت غوطه‌وری در آب	۴۹
شکل ۴-۲۱ اثر متقابل دفعات بازیافت و سازگار کننده روی واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب	۴۹
شکل ۴-۲۲ تاثیر افزودن پرکننده بر واکشیدگی ضخامت	۵۰
شکل ۴-۲۳ روند واکشیدگی ضخامت مواد مرکب ساخته شده در تیمارهای ۱۰ گانه	۵۲
شکل ۴-۲۴ مناسب سازی منحنی داده های تجربی و پیش بینی واکشیدگی ضخامت در تیمار MAPP+R۱PP	۵۳
شکل ۴-۲۵ اثر نوع پلی‌پروپیلن (دفعات بازیافت) بر مقادیر مدول الاستیسیته خمشی	۵۷
شکل ۴-۲۶ تاثیر MAPP روی مدول الاستیسیته خمشی مواد مرکب چوب- پلاستیک	۵۸
شکل ۴-۲۷ اثر متقابل دفعات بازیافت و سازگارکننده روی مدول الاستیسیته خمشی	۵۹
شکل ۴-۲۸ مقایسه مدول الاستیسیته پلی‌پروپیلن-خاک اره (بدون MAPP) با پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۶۰
شکل ۴-۲۹ اثر نوع پلی‌پروپیلن (دفعات بازیافت) بر مقادیر مقاومت خمشی	۶۱
شکل ۴-۳۰ اثر سازگارکننده روی مقاومت خمشی مواد مرکب چوب- پلاستیک	۶۲
شکل ۴-۳۱ اثر متقابل دفعات بازیافت و سازگار کننده روی مقاومت خمشی	۶۳
شکل ۴-۳۲ تاثیر دفعات بازیافت (نوع پلی‌پروپیلن) روی مدول الاستیسیته دینامیکی مواد مرکب چوب پلاستیک	۶۵
شکل ۴-۳۳ تاثیر MAPP روی مدول الاستیسیته دینامیکی مواد مرکب چوب- پلاستیک	۶۶
شکل ۴-۳۴ اثر متقابل دفعات بازیافت و سازگار کننده روی مدول الاستیسیته دینامیک	۶۶
شکل ۴-۳۵ مقایسه مدول الاستیسیته دینامیکی پلی‌پروپیلن-خاک اره (بدون MAPP) با پلی‌پروپیلن‌های مورد مطالعه	۶۷
شکل ۴-۳۶ رابطه بین مدول الاستیسیته دینامیک و استاتیک	۶۸
شکل ۴-۳۷ اثر نوع پلی‌پروپیلن (دفعات بازیافت) بر مقادیر مقاومت به ضربه بدون فاق	۷۰
شکل ۴-۳۸ تاثیر MAPP روی مقاومت به ضربه بدون فاق مواد مرکب چوب پلاستیک	۷۱
شکل ۴-۳۹ اثر متقابل دفعات بازیافت و سازگار کننده روی مقاومت به ضربه بدون فاق	۷۲
شکل ۴-۴۰ اثر نوع پلی‌پروپیلن (دفعات بازیافت) بر مقادیر سختی سطح	۷۳

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل	صفحه
شکل ۴-۴۱ تاثیر MAPP روی سختی سطح مواد مرکب چوب پلاستیک	۷۴
شکل ۴-۴۲ اثر متقابل دفعات بازیافت و سازگارکننده روی سختی سطح	۷۴
شکل ۴-۴۳ رابطه بین مدول الاستیسیته و سختی سطح	۷۵
شکل ۴-۴۴ تاثیر افزودن پرکننده بر سختی مواد مرکب چوب پلاستیک بدون استفاده از سازگارکننده	۷۶
شکل ۴-۴۵ اثر افزودن پلی‌پروپیلن‌های خام بر مقادیر جذب آب مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن‌های بازیافتی (۲ ساعت غوطه‌وری در آب)	۷۷
شکل ۴-۴۶ اثر افزودن پلی‌پروپیلن‌های خام بر مقادیر جذب آب مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن‌های بازیافتی (۲۴ ساعت عوطه‌وری در آب)	۷۸
شکل ۴-۴۷ اثر افزودن پلی‌پروپیلن‌های خام بر واکشیدگی ضخامت مواد مرکب ساخته شده از پلی‌پروپیلن-های بازیافتی (۲ ساعت غوطه‌وری در آب)	۷۹
شکل ۴-۴۸ اثر افزودن پلی‌پروپیلن‌های خام بر واکشیدگی ضخامت مواد مرکب ساخته شده از پلی‌پروپیلن-های بازیافتی (۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب)	۷۹
شکل ۴-۴۹ اثر افزودن پلی‌پروپیلن‌های ضایعاتی بر مقادیر مدول الاستیسیته مواد مرکب حاصل از پلی-پروپیلن‌های خام	۸۱
شکل ۴-۵۰ اثر افزودن پلی‌پروپیلن‌های ضایعاتی بر مقادیر مقاومت خمشی مواد مرکب حاصل از پلی-پروپیلن‌های خام	۸۲
شکل ۴-۵۱ اثر افزودن پلی‌پروپیلن‌های ضایعاتی بر مقادیر مدول الاستیسیته دینامیکی مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن‌های خام	۸۳
شکل ۴-۵۲ اثر افزودن پلی‌پروپیلن ضایعاتی بر مقادیر مقاومت به ضربه بدون فاق مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن‌های بازیافتی	۸۴
شکل ۴- ۵۳ اثر افزودن پلی‌پروپیلن ضایعاتی بر مقادیر سختی سطح مواد مرکب حاصل از پلی‌پروپیلن‌های خام	۸۵
شکل ۴-۵۴ تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) سطح شکست مواد مرکب ساخته شده از خاک اره – پلی‌پروپیلن خام و بازیافتی بدون استفاده از سازگار کننده	۸۷


فصل اول
مقدمه

۱ مقدمه

۱-۱ مواد مرکب

یک ماده مرکب، به ماده‌ای اطلاق می‌شود که دارای دو یا چند فاز شیمیایی مشخص بوده و این فازها در مقیاس میکروسکوپی بوسیله یک لایه حد واسط از هم جدا شده باشند. عمدتاً سه ناحیه متمایز شامل: فاز پیوسته، فاز غیرپیوسته و فصل مشترک این دو فاز وجود دارد که تعیین‌کننده خواص و رفتار ماده‌مرکب می‌باشند. فاز پیوسته، ماتریس یا شبکه و یا ماده زمینه گفته می‌شود. فاز غیرپیوسته معمولاً سخت‌تر و محکم‌تر و قوی‌تر از فاز پیوسته است لذا به آن فاز تقویت‌کننده نیز می‌گویند. یک تقویت-کننده برای این که موثر باشد باید با ماتریس اتصال قوی ایجاد کند، به همین خاطر برای بهبود اتصال از موادی استفاده می‌شود که به آنها عوامل اتصال می‌گویند. البته فاز ناپیوسته می‌تواند نقش پرکنندگی هم داشته باشد. پرکننده‌ها معمولا ذرات کوچکی هستند که به پلیمرها اضافه می‌گردند تا هزینه ساخت مواد مرکب را کاهش دهند و نیز سبب بهبود بعضی از خواص مانند خواص خمشی و سختی آنها گردد. پلیمرهای تقویت شده با الیاف و پرکننده‌های معدنی، مصنوعی و آلی جزء مهمترین مواد مرکب می باشند که سالانه به مقدار بسیار زیادی از آنها در دنیا تولید می‌شود و دارای بالاترین مصرف و تولید در میان سایر مواد مرکب هستند. بسته به اینکه فاز تقویت کننده به صورت الیاف باشد یا به صورت پودر، مواد مرکب حاصل به ترتیب مواد مرکب لیفی[۱] یا پودری[۲] نامیده می شوند.

[۱] Fiber composites

[۲] Particulate composite

۱-۲ مواد مرکب پلاستیک

مواد مرکب چوب پلاستیک[۱] که به اختصارWPC نامیده می‌شوند، گروه نسبتاً جدیدی از مواد مرکب هستند که بسرعت روبه گسترش هستند. درساخت این مواد محدوده وسیعی از پلیمرها مانند پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌ونیل کلراید، پلی استر و.... به همراه پرکننده‌های سلولزی شامل آرد چوب، الیاف کتان، کنف، بامبو، کاه و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. مواد مرکب چوب پلاستیک، ویژگی‌های هر دو ماده اصلی تشکیل دهنده‌اش یعنی چوب و پلاستیک را با هم دارند. سختی و مقاومت این مواد مابین چوب و پلاستیک است؛ ولی چگالی این مواد به طورَ کلی بالاتر از هر دوی آنها است. ویژگی‌های مهم این مواد عبارتند از: پایداری ابعاد، مقاومت در برابر جذب آب، واکشیدگی ضخامت کم، مقاومت در برابر پوسیدگی قارچی، ضریب انبساط حرارتی مشابه آلومینیم، مدول الاستیسته زیاد، سرعت اشتعال کم، ویژگی حرارتی بسیار خوب، مقاومت فشاری بسیار بالا، قابلیت بازیافت و ... (Bledzki و همکاران، ۱۹۹۹).

با توجه به ویژگی‌های بسیار خوب مواد مرکب چوب پلاستیک، این مواد کاربردهای مختلفی پیدا کرده و استفاده از آنها بسرعت رو به افزایش و گسترش می‌باشد. تجارت مواد مرکب چوب - پلاستیک از سال ۱۹۹۸ رشد ۲۵ درصدی داشته است. تقاضا برای تولید مواد مرکب چوب- پلاستیک در امریکای شمالی و اروپا از ۵۰۰۰۰ تن در سال ۱۹۹۵ به ۷۰۰۰۰ تن در سال ۲۰۰۲ رسیده است. پیش بینی شده است که WPCها تا سال ۲۰۱۰ هم حدود ۱۴ درصد در سال رشد داشته باشند (Morton، ۲۰۰۳). تجارت WPCها بیشترین رشد را در بخش‌های مختلف صنعت پلاستیک داشته است. این مواد کاربردهای زیادی دارند و می‌توانند به راحتی در بیشتر موارد جایگزین مصنوعات چوبی و پلاستیکی شوند. بزرگترین و سریعترین رشد بازار برای WPCها جهت کاربردهای خارج ساختمان و محصولات ساختمانی می‌باشد که در حدود ۷۰ درصد کل تولید WPCها را به خود اختصاص می‌دهد. هیچ یک از

[۱] Wood plastic composites

محصولات ساختمانی به یک چنین بازار تقاضایی نرسیده‌اند (Morton، ۲۰۰۳). ساختمان‌سازی، دکوراسیون داخل و خارج ساختمان و خودرو سازی... بخش‌های اصلی هستند که این محصولات می‌توانند به کار روند.

۱-۳ استفاده از ضایعات در تولید مواد مرکب چوب پلاستیک

افزایش سالیانه مواد زاید جامد یکی از مشکلات اساسی جوامع بشری است که باید به نحو مطلوبی حل شود، مواد زایدی که تولیدشان اجتناب ناپذیر است باید حتی الامکان بازیافت و آنهایی که غیر قابل بازیافت هستند دفن بهداشتی و یا در کوره‌های زباله سوز سوزانده شوند.

گستردگی کاربرد مواد پلاستیکی در زندگی کنونی انسانها (مصارف خانگی، بهداشتی، کشاورزی، صنعتی،...) و مصرف روز افزون آنها باعث گردیده است که حجم زیادی از این مواد پس از استفاده به صورت ضایعات دور ریخته شوند. حدود ۵۰ نوع پلاستیک مختلف تولید می‌شود که مقدار تولید ۴ تا ۵ نوع آن (مانند PP, PVC, PE و PS) از همه بیشتر است و در زندگی روزمره از آن استفاده می‌شود. در یک شهر سه میلیون نفری در کشورهای در حال توسعه روزانه حدود ۴۰۰ تن ضایعات پلاستیکی تولید می‌شود که سالیانه ۲۵ درصد رشد دارد (Avila و Duarte،۲۰۰۳). در ایران نیز ضایعات پلاستیک حجم زیادی از زباله‌های شهری، روستایی و صنعتی کشور را تشکیل می‌دهد. طبق گزارش سازمان باز یافت و تبدیل مواد شهرداری تهران، حدود ۲ /۱۱٪ (وزنی) از ۸/۲ هزار تن ضایعات جامد خشک شهر تهران در سال ۲۰۰۶ را ضایعات پلاستیک تشکیل می‌دهد که حجم قابل توجهی می‌باشد (بی نام، ۱۳۸۴ ؛ بی نام، ۱۳۸۵) با توجه به مصرف روزافزون مواد پلاستیکی و کاربردهای وسیع آن در زمینه‌های مختلف از یک‌سو و افزایش مداوم ضایعات پلاستیکی و اثرات نامطلوب آنها در محیط زیست و طبیعت (این ترکیبات در محیط قابل تجزیه بیولوژیک نیستند) و مسایل اقتصادی (مانند افزایش قیمت پلاستیک‌ها و کاهش وابستگی به صنعت پتروشیمی) از سوی دیگر باعث شده است که مجامع علمی،

بهداشتی و صنعتی جهان درصدد اتخاذ راه‌حل‌های مناسب در جهت رفع و کاهش میزان اینگونه ضایعات از طریق بازیافت برآیند.

از طرف دیگر یکی از معضلات عمده کارخانجات صنایع چوب، خاک اره و ضایعات مواد چوبی است. خاک اره ممکن است طی فرآیندهای مختلف تبدیل گرده‌بینه و الوار (چوب ماسیو) به محصولات چوبی مختلف و یا طی فرآیندهای تبدیل مواد مرکب چوبی (تخته خرده چوب، تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) و ....) به فرآورده‌های مختلف تولید شوند. انباشت و دفع این مواد سبب مشکلات زیادی برای صنایع و پرداخت هزینه قابل توجه می‌باشد.

خوشبختانه یکی از مزایای بزرگ مواد مرکب چوب - پلاستیک این است که می‌توان در تولید آنها از پلاستیک‌های ضایعاتی و خاک اره استفاده نمود که این امر منجر به تبدیل این ضایعات به موادی با کاربردها و ارزش افزوده بالا، کاهش حجم ضایعات و به دنبال آن کاهش آلودگی‌های محیط زیست می‌شود.

۱-۴ پلاستیک‌های ضایعاتی و استفاده از آنها در تولید مواد مرکب چوب پلاستیک

در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک معمولاً از پلاستیک های خام[۱] استفاده می‌شد (Cope، ۱۹۹۸؛ Gatenholm و Flix، ۱۹۹۴). اما Youngquist و همکاران در سال ۱۹۹۴، استفاده از ضایعات پلاستیک‌ها (از نظر زیست محیطی بازیافت این مواد بسیار مهم است) را درساخت مواد مرکب مورد توجه قرار دادند. نتایج نشان داد که خواص مکانیکی، مقاومت در برابر آب و پایداری ابعاد تخته‌های ساخته شده از مواد بازیافتی مشابه تخته‌هایی است که با مواد خام و یا با مخلوطی از مواد خام و مواد بازیافتی ساخته شده‌اند. پس از آن، استفاده از پلاستیک‌های ضایعاتی در ساخت مواد مرکب چوب

[۱] virgin

پلاستیک بوسیله محققان دیگر نیز مورد توجه قرار گرفت (Sinleton و همکاران، ۲۰۰۳؛ Selka و همکاران، ۲۰۰۴؛ Kazemi Najafi و همکاران، ۲۰۰۶؛ چهارمحالی، ۱۳۸۴).

نکته قابل تامل این است که پلاستیک‌ها در هنگام فرآوری و تبدیل به محصولات مختلف تحت انواع تنش‌هایی مکانیکی و حرارتی قرار می‌گیرند ضمن اینکه موادی نیز ممکن است به عنوان افزودنی به آنها اضافه شود. علاوه بر این محصولات پلاستیکی ساخته شده ممکن است در شرایط محیطی مختلف نگهداری و استفاده شوند که ممکن است مجموعه این شرایط سبب تغییر خواص پلاستیک‌ها و به عبارت دیگر سبب تخریب آنها شوند که بایستی در بازیافت مجدد و استفاده از آنها در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک مورد توجه قرار گیرد.

بطور کلی تخریب پلاستیک‌ها طی شرایط فرآوری و نگهداری در شرایط محیطی مختلف می‌تواند منجر به تغیرات زیر در خواص آنها شود:

تغییر شاخص جریان مذاب: معمولا شاخص جریان مذاب پلاستیک‌های ضایعاتی و یا بازیافتی بیشتر از پلاستیک های اولیه (خام) است (Kazemi Najafi و همکاران ۲۰۰۶، Torres و همکاران ۲۰۰۰، Shojaie و همکاران ۲۰۰۷) که می‌تواند یک ویژگی مثبت در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک محسوب شود.

تغییر کریستالیته: در پلاستیک‌های خام در حین فرآوری بدلیل تغییر در ساختار زنجیرهای پلیمری کریستالیته آنها تغییر می‌یابد. گزارشات مختلفی در مورد تغییر کریستالیته پلاستیک‌های ضایعاتی وجود دارد (Shojaie و همکاران ۲۰۰۷، Grialdi و همکاران ۲۰۰٤، Torres و همکاران ۲۰۰۰). بازیافت سبب افزایش کریستالیه PET و کاهش کریستالیته پلی اتیلن می‌شود (در مجموع افزایش کریستالیته پلیمر باعث افزایش خواص مکانیکی مواد مرکب چوب-پلاستیک خواهد شد (Oromiehie و Mamizadeh ۲۰۰٤).

تغییر نقطه ذوب: تغییر در ساختار پلیمر در حین فرآوری (مثلا تغییر کریستالیته) و کاربرد مواد افزودنی ممکن است سبب تغییر نقطه ذوب پلاستیک ضایعاتی شود که ممکن است این امر سبب محدودیت در استفاده از آنها شود. بطور کلی ضایعات پلاستیک که نقطه ذوب کمتر از ۲۰۰ درجه سانتیگراد (دمای تخریب مواد لیگنوسلولزی) داشته باشند در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک قابل استفاده هستند. درجه حرارت بالاتر موجب تخریب مواد لیگنوسلولوزی می‌شوند.

تغییر قطبیت: فرآوری پلاستیک‌ها و شرایط نگهداری و استفاده ممکن است سبب اکسیداسیون آنها شود. اکسیداسیون پلاستیک‌ها باعث قطبی شدن نسبی آنها می‌شود که از منظر مواد مرکب چوب-پلاستیک مثبت می‌باشد. در واقع با اکسیدن شدن پلاستیک نوعی سازگاری بین پلاستیک غیر قطبی و ماده لیگنوسلولزی قطبی شکل می‌گیرد که سبب بهبود اتصال این دو بخش می‌شود و منجر به بهبود خواص ماده مرکب حاصل می‌شود. نتیجه یک تحقیق نشان می‌دهد که با افزایش زمان و درجه حرارت اختلاط پلی‌اتیلن و الیاف طبیعی، مقاومت ماده مرکب حاصل افزایش می‌یابد که این افزایش به اکسیداسیون پلیمر و و پرکننده طبیعی و در نتیجه بهبود اتصال بین آنها نسبت داده شد (Urreaga و همکاران، ۲۰۰۰).

لازم به ذکر است تغییرات مذکور ارتباط زیادی با شدت تیمار و شرایط فرآوری دارد. از طرف دیگر ممکن است پلاستیک‌های مورد نظر چندین بار بازیافت شده باشند که با توجه به دفعات بازیافت تغییرات بیشتری در خواص پلاستیک ایجاد خواهد شد.

بنابراین با توجه به حجم قابل ملاحظه پلاستیک‌های ضایعاتی و امکان استفاده از آنها در ساخت محصولات با ارزش مواد مرکب چوب پلاستیک از یک طرف و اهمیت نقش نحوه فرآوری، نگهداری و شرایط استفاده از پلاستیک‌ها بر خواص آنها از طرف دیگر، مطالعه نحوه تاثیر گذاری پلاستیک‌های ضایعاتی بر خواص مواد مرکب چوب-پلاستیک ضروری به نظر می‌رسد.