دانشکده مهندسی چوب و کاغذ

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته فرآورده‌های چندسازه چوبی

بررسی تاثیر استفاده از ذرات نانو رُس و پودر آلومینیوم در بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه نرمه MDF– پلی‌پروپیلن

پژوهش و نگارش:
آرش چاوشی

استاد راهنما:
دکتر محراب مدهوشی

اساتید مشاور:
دکتر علی‌رضا شاکری
دکتر ابوالقاسم خزاعیان

۱۳۹۰

تعهدنامه پژوهشی

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی- پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان نامه (رساله) خود، مراتب را قبلاً بطور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع داده و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامی است.

۳) انتشار نتایج پایان‌نامه (رساله) باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب **آرش چاوشی** دانشجوی رشته **رشته فرآورده‌های چندسازه چوبی** مقطع **کارشناسی‌ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

تقدیم به موهبت‌های الهی زندگی‌ام، خانوادهٔ دوست داشتنی‌ام که همواره اعتماد به نفس‌های زندگی‌ام بوده‌اند.

«مادر، پدر، بهزاد، سیاوش، مهشید و الهه عزیز»

و

تقدیم به تمام هم نسل‌هایم که به سختی درس می‌خوانند و در جامعه دغدغه دارند، و باور دارم که آینده از آن آنهاست.

سپاسگذاری

خداوند را سپاسگذارم که در هر زمان و هر مکان یاری‌ام می‌رساند و می‌دانم که هرچه دارم از لطف و کرم اوست.

تشکر و سپاس از یاری و بزرگواری استاد راهنمایم جناب آقای دکتر مدهوشی که لحظه به لحظه همراهیم کردند و علم و دانش خود را بدون هیچ چشمداشتی بر من ارزانی داشتند. از اساتید مشاور بزرگوارم جناب آقای دکتر خزاعیان و دکتر شاکری که در طول انجام این پژوهش با رویی گشاده پذیرای بنده بودند و از همفکری و مشاورت ایشان بهره برده‌ام صمیمانه قدردانی می‌نمایم.

با تشکر از داوران محترم جناب آقای دکتر سرائیان و جناب آقای دکتر ماستری که با حضورشان بر کار من ارج نهادند و قبلا از راهنمایی‌های ارزنده‌شان بهره‌مند شده‌ام، یاری و بزرگواریشان را ارج می‌نهم.

از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر کاووسی به خاطر مساعدت‌های بی‌دریغشان تشکر مینمایم.

با سپاس فراوان از تلاش و مسئولین و کارکنان محترم آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ، جناب آقای زاهدی، رضایی‌نژاد، سرکار خانم نیک اختر و حسین‌خانی، آقای ملک و مقدس‌زاده و مسئولین محترم آموزش دانشکده آقایان میرزایی، رجبی و کردی و خانم موسوی و مسئولین محترم دبیرخانه.

از دوستان و تمام آنان که یاریم کردند خصوصاً جناب آقای محمدزاده، قلی‌پور، محرابی، مهدی‌نیا، خان‌جان‌زاده، پیرایش، هاشمی و همچنین از دوستان عزیزم آقایان بهادری، همدمی، شیدایی، ذوقی و بورچی نهایت سپاسگذاری را دارم و یادم می‌ماند که به پاس لحظات ارزشمندی که متعلق به خودشان بود و از من دریغ نورزیدند مدیونشان بمانم. همواره روزهایی سرشار از سربلندی، موفقیت و سلامتی را برایشان آرزومندم.

از ستاد فناوری نانو به خاطر حمایت‌های تشویقی‌شان تشکر و قدردانی می‌نمایم.

و در آخر از پدر و مادر عزیزم که در طول زندگی زحمات و رنج فراوانی را برای موفقیتم کشیده‌اند از صمیم قلب قدردانی کرده و دستان رنج دیده‌شان را می‌بوسم.

چکیده

در این پژوهش، به بررسی تاثیر افزودن ذرات نانو رُس و پودر آلومینیوم بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی چندسازه نرمه MDF–پلی‌پروپیلن پرداخته شده است. بدین منظور از نرمه سنباده‌زنی MDF به عنوان ماده لیگنوسلولزی و پلی پروپیلن به عنوان ماده ترموپلاستیک استفاده شد. همچنین ذرات نانو رُس Cloisite® 15A در سه سطح وزنی ۲٪، ۴٪ و ۶٪ و پودر آلومینیوم در سه سطح وزنی ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ مورد استفاده قرار گرفتند. سپس از هر چندسازه ۳۶ تخته (۱۲ تیمار در ۳ تکرار) با دانسیته اسمی $1 gr/cm^3$ در ابعاد ۳۰cm×۲۰cm×۱cm با استفاده از روش پرس گرم تهیه گردید. در ادامه نمونه‌های آزمونی برای تعادل رطوبتی به مدت ۳ هفته در محیط قرار گرفتند. سپس به منظور بررسی خصوصیات مکانیکی از استاندارد (CEN/TS15534–1:2007) استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش درصد وزنی نرمه سنباده زنی MDF خواص مکانیکی نمونه‌های آزمونی کاهش پیدا کردند. بیشترین مقدار مقاومت مکانیکی در سطح ۲ درصد وزنی ذرات نانو رُس بدست آمد. نتایج جذب آب و واکشیدگی ضخامت نمونه‌های آزمونی نشان داد که با افزایش درصد وزنی نرمه‌های MDF این مقادیر افزایش پیدا کردند در حالی که افزایش درصد وزنی ذرات نانو رُس موجب کاهش مقادیر جذب آب و واکشیدگی ضخامت شد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش درصد وزنی پودر آلومینیوم خواص مکانیکی نمونه‌های آزمونی کاهش پیدا کردند. در پایان به منظور بررسی ساختار و نحوهٔ عملکرد ذرات نانو رُس و پودر آلومینیوم تحلیلی بر اساس تصاویر FE-SEM صورت گرفت.

واژه‌های کلیدی: **نانو رُس، پودر آلومینیوم، نرمه MDF، خصوصیات فیزیکی و مکانیکی**

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۱-۱- اهداف ۳

۱-۱-۲- فرضیه‌ها ۳

۱-۲- کلیات ۴

۱-۲-۱- کامپوزیت ۴

۱-۲-۱-۱- تعریف کامپوزیت ۶

۱-۲-۱-۲- طبقه‌بندی کامپوزیت ۸

۱-۲-۱-۲-۱-چندسازه‌های چوب – پلاستیک ۹

۱-۲-۲- الیاف مورد استفاده در صنعت چندسازه ۱۱

۱-۲-۳- نرمهMDF ۱۲

۱-۲-۴- پلاستیک‌های گرمانرم ۱۳

۱-۲-۴-۱- پلی‌پروپیلن ۱۴

۱-۲-۴-۲- عامل جفت‌کننده ۱۴

۱-۲-۴-۲-۱- پلی‌پروپیلن پیوند خورده با مالئیک انیدرید ۱۵

۱-۲-۴-۲-۲- اثر جفت‌کننده روی خواص مکانیکی WPC ۱۶

۱-۲-۵- وسعت بازار WPC و موارد مصرف ۱۶

۱-۲-۶- پودر آلومینیوم ۱۶

۱-۲-۷- نانو تکنولوژی ۱۸

۱-۲-۷-۱- پتانسیل‌های استفاده از نانوتکنولوژی در صنایع چوب پایه ۱۹

۱-۲-۷-۲- نانو کامپوزیت‌های پلمیری ۲۰

۱-۲-۷-۲-۱- نانو کامپوزیت‌های پلیمر - خاک رس ۲۰

۱-۲-۸- روش‌های مختلف شکل‌دهی کامپوزیت‌ها ۲۱

۱-۲-۸-۱- فرایندهای مختلف تولید چندسازه‌های چوب – پلاستیک ۲۲

۱-۲-۹- میکروسکوپ الکترونی روبشی ۲۴

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل دوم: بررسی منابع

۲-۱- سابقه‌ی تحقیق ۲۸

۲-۱-۱- استفاده از ضایعات صنایع چوب در چندسازه‌های WPC ۲۸

۲-۱-۲- چندسازه‌های فلز – پلیمری ۳۰

۲-۱-۳- استفاده از ذرات نانو رس در چندسازه‌های WPC ۳۲

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱- مواد ۴۰

۳-۱-۱- نرمه سمباده‌زنی MDF ۴۰

۳-۱-۲- پلی‌پروپیلن (PP) ۴۲

۳-۱-۳- عامل جفت‌کننده ۴۲

۳-۱-۴- پودر آلومینیوم ۴۳

۳-۱-۵- ذرات نانو رس ۴۴

۳-۲- روش‌ها ۴۶

۳-۲-۱- آماده‌سازی مواد اولیه ۴۶

۳-۲-۱-۱- آماده‌سازی نرمه امدی‌اف (MDF Dust) ۴۶

۳-۲-۱-۲- آماده‌سازی پلی‌پروپیلن ۴۶

۳-۲-۱-۳- آماده‌سازی مالئیک آنیدرید پیوند داده شده با پلی‌پروپیلن (MAPP) ۴۶

۳-۲-۱-۴- آماده‌سازی پودر آلومینیوم ۴۶

۳-۲-۱-۵- آماده‌سازی ذرات نانو رس ۴۷

۳-۲-۲- اختلاط مواد اولیه و تعیین تیمارها ۴۷

۳-۲-۳- فرآیند ساخت ۴۸

۳-۲-۳-۱- ساخت چندسازه پودر آلومینیوم – نرمه MDF – پلی‌پروپیلن ۴۸

۳-۲-۳-۲- ساخت چندسازه نانو رس – نرمه MDF – پلی‌پروپیلن ۵۱

۳-۲-۴- تهیه نمونه‌های آزمونی ۵۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۲-۴-۱- نمونه‌های آزمونی پیچ و میخ ۵۳
۳-۲-۴-۲- نمونه‌های آزمونی خمش و کشش ۵۵
۳-۲-۴-۳- نمونه‌های آزمونی جذب آب و واکشیدگی ضخامت ۵۶
۳-۲-۴-۴- نمونه‌های آزمونی دانسیته ۵۷
۳-۲-۵- آنالیز آماری داده‌های بدست آمده از آزمون ۵۷
۳-۲-۶- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۵۷

فصل چهارم: نتایج

۴-۱- نتایج چندسازه نرمه MDF – پودر آلومینیوم – پلی‌پروپیلن ۶۲
۴-۱-۱- خواص مکانیکی ۶۲
۴-۱-۱-۱- مقاومت خمشی (MOR) ۶۲
۴-۱-۱-۲- مدول الاستیسیته خمشی (MOE) ۶۵
۴-۱-۱-۳- مقاومت کششی ۶۸
۴-۱-۱-۴- مدول الاستیسیته کششی (Tensile Modulus) ۷۰
۴-۱-۱-۵- مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح ۷۲
۴-۱-۱-۶- مقاومت به اتصال میخ عمود بر سطح ۷۵
۴-۱-۲- خواص فیزیکی ۷۸
۴-۱-۲-۱- میزان جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری ۷۸
۴-۱-۲-۲- میزان واکشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری ۸۱
۴-۲- نتایج چندسازه نرمه MDF – نانو رس – پلی‌پروپیلن ۸۴
۴-۲-۱- خواص مکانیکی ۸۴
۴-۲-۱-۱- مقاومت خمشی (MOR) ۸۴
۴-۲-۱-۲- مدول الاستیسیته خمشی (MOE) ۸۷
۴-۲-۱-۳- مقاومت کششی ۹۰
۴-۲-۱-۴- مدول الاستیسیته کششی (Tensile Modulus) ۹۵

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۴-۲-۱-۵- مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح ۹۸
۴-۲-۱-۶- مقاومت به اتصال میخ عمود بر سطح ۱۰۱
۴-۲-۲- خواص فیزیکی ۱۰۱
۴-۲-۲-۱- دانسیته نمونه‌های آزمونی ۱۰۲
۴-۲-۲-۲- میزان جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری ۱۰۴
۴-۳- تصاویر میکروسکوپ الکترونی ۱۰۶
۴-۳-۱- تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های آزمونی حاوی پودر آلومینیوم ۱۰۶
۴-۳-۲- تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های آزمونی حاوی ذرات نانو رس ۱۰۹

فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری

۵-۱- چندسازه پورد آلومینیوم – نرمه MDF – پلی‌پروپیلن ۱۱۴
۵-۱-۱- خواص مکانیکی ۱۱۴
۵-۱-۲- خواص فیزیکی ۱۱۵
۵-۲- چندسازه نانو رس – نرمه MDF - پلی‌پروپیلن ۱۱۷
۵-۲-۱- خواص مکانیکی ۱۱۷
۵-۲-۲- خواص فیزیکی ۱۲۱
نتیجه‌گیری ۱۲۴
منابع ۱۲۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱- طبقه‌بندی کامپوزیت‌ها از نظر نوع زمینه ۷
جدول ۱-۲- خواص فیزیکی و مکانیکی آلومینیوم خالص ۱۸
جدول ۳-۱- مشخصات پلی‌پروپیلن (PP) مصرفی ۴۲
جدول ۳-۲- خصوصیات ذرات نانو رس ۴۴
جدول ۳-۳- ساختار شیمیایی و اندازه ذرات خشک نمونه (برحسب میکرون)..... ۴۴
جدول ۳-۴- تیمارهای چندسازه پودر آلومینیوم – نرمه MDF – پلی‌پروپیلن ۴۷
جدول ۳-۵- تیمارهای چندسازه نانو رس – نرمه MDF – پلی‌پروپیلن..... ۴۸
جدول ۴-۱- مقادیر مربوط به تغییرات دانسیته و ترکیب در تیمارهای مختلف ۶۲
جدول ۴-۲- تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل متغیرها بر مقاومت خمشی (MOR)..... ۶۴
جدول ۴-۳- گروه‌بندی سطوح مختلف نرمه MDF در میزان MOR با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۶۴
جدول ۴-۴- گروه‌بندی سطوح مختلف پودر آلومینیوم در میزان MOR با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۶۴
جدول ۴-۵- تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل متغیرها بر مدول الاستیسیته خمشی (MOE)..... ۶۶
جدول ۴-۶- گروه‌بندی سطوح مختلف نرمه MDF در میزان MOE با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۶۷
جدول ۴-۷- گروه‌بندی سطوح مختلف پورد آلومینیوم در میزان MOE با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۶۷
جدول ۴-۸- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرهای پودر آلومینیوم و نرمه MDF بر میزان مقاومت کششی ۶۹
جدول ۴-۹- گروه‌بندی سطوح مختلف نرمه MDF بر میزان مقاومت کششی نمونه‌های آزمونی در مورد نظر ۷۰
جدول ۴-۱۰- گروه‌بندی سطوح مختلف پودر آلومینیوم بر میزان مقاومت کششی نمونه‌های آزمونی مورد نظر..... ۷۰
جدول ۴-۱۱- تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل متغیرها بر مدول الاستیسیته کششی..... ۷۱
جدول ۴-۱۲- گروه‌بندی سطوح مختلف نرمه MDF در میزان مدول الاستیسیته کششی با آزمون مقایسه میانگین دانکن..... ۷۲
جدول ۴-۱۳- گروه‌بندی سطوح مختلف پودر آلومینیوم در میزان MOR با آزمون مقایسه میانگین دانکن..... ۷۲
جدول ۴-۱۴- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح ۷۳
جدول ۴-۱۵- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان مقاومت به اتصال پیچ با آزمون مقایسه میانگین دانکن..... ۷۴
جدول ۴-۱۶- گروه‌بندی سطوح پودر آلومینیوم در میزان مقاومت به اتصال پیچ با آزمون مقایسه میانگین دانکن..... ۷۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۱۷- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان مقاومت به اتصال میخ عمود بر سطح ۷۶
جدول ۴-۱۸- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان مقاومت به اتصال میخ با آزمون مقایسه میانگین دانکن..... ۷۷
جدول ۴-۱۹- گروه‌بندی سطوح پودر آلومینیوم در میزان مقاومت به اتصال میخ با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۷۷
جدول ۴-۲۰- تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری ۷۸
جدول ۴-۲۱- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان جذب آب و ۲ و ۲۴ ساعت با آزمون مقایسه میانگین دانکن.. ۷۸
جدول ۴-۲۲- گروه‌بندی سطوح پودر آلومینیوم در میزان جذب ۲ و ۲۴ ساعت با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۷۹
جدول ۴-۲۳- تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت با آزمون دانکن..... ۸۱
جدول ۴-۲۴- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت با آزمون دانکن..... ۸۲
جدول ۴-۲۵- مشخصات و مقادیر مربوط به تغییرات دانسیته تیمارهای مختلف ۸۴
جدول ۴-۲۶- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان مقاومت خمشی (MOR) ۸۵
جدول ۴-۲۷- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان مقاومت خمشی (MOR) ۸۶
جدول ۴-۲۸- گروه‌بندی سطوح نانو رس در میزان مدول الاستیسیته خمشی (MOR) با آزمون میانگین دانکن.....۸۶
جدول ۴-۲۹- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان مدول الاستیسیته خمشی (MOE) ۸۷
جدول ۴-۳۰- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان مدول الاستیسیته خمشی (MOE) با آزمون دانکن ۸۸
جدول ۴-۳۱- گروه‌بندی سطوح نانو رس در میزان مدول الاستیسیته خمشی (MOE) با آزمون مقایسه میانگین دانکن.....۸۸
جدول ۴-۳۲- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان مقاومت کششی ۹۰
جدول ۴-۳۳- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان مقاومت کششی با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۹۲
جدول ۴-۳۴- گروه‌بندی سطوح نانو رس در میزان مقاومت کششی با آزمون مقایسه میانگین دانکن.....۹۲
جدول ۴-۳۵- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان مدول الاستیسیته کششی ۹۳
جدول ۴-۳۶- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان مدول الاستیسیته کششی با آزمون مقایسه میانگین دانکن.....۹۴
جدول ۴-۳۷- گروه‌بندی سطوح نانو رس در میزان مدول الاستیسیته کششی با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۹۴
جدول ۴-۳۸- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان مقاومت به اتصال پیچ عمود بر سطح ۹۶
جدول ۴-۳۹- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان قدرت نگهداری پیچ با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۹۷
جدول ۴-۴۰- گروه‌بندی سطوح نانو رس در میزان قدرت نگهداری پیچ با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۹۸

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۴-۴۱- تجزیه واریانس مستقل و متقابل متغیرها بر میزان مقاومت به اتصال میخ عمود بر سطح.....۹۸
جدول ۴-۴۲- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان قدرت نگهداری میخ با آزمون مقایسه میانگین دانکن..... ۱۰۰
جدول ۴-۴۳- گروه‌بندی سطوح نانو رس در میزان قدرت نگهداری میخ با آزمون مقایسه میانگین دانکن..... ۱۰۰
جدول ۴-۴۴- تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان دانسیته..... ۱۰۱
جدول ۴-۴۵- تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری ۱۰۲
جدول ۴-۴۶- گروه‌بندی سطوح نرمه MDF در میزان جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت با آزمون مقایسه میانگین دانکن ۱۰۴
جدول ۴-۴۷- گروه‌بندی سطوح نانو رس در میزان جذب آب ۲ و ۲۴ ساعت با آزمون مقایسه میانگین دانکن..... ۱۰۵
جدول ۴-۴۸- تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل متغیرها بر میزان واکشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری.....۱۰۵
جدول ۵-۱- تغییرات میزان جذب آب در سطوح مختلف پودر آلومینیوم..... ۱۱۶
جدول ۵-۲- میزان استاندارد مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی MDF..... ۱۱۷
جدول ۵-۳- تغییرات میزان جذب آب در سطوح مختلف نرمه MDF..... ۱۲۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- اشکال مختلف تقویت‌کننده‌ها ۴
شکل ۱-۲- فازهای تشکیل‌دهنده یک کامپوزیت ۵
شکل ۱-۳- طبقه‌بندی انواع مختلف کامپوزیت‌ها ۸
شکل ۱-۴- روش‌های مختلف شکل‌دهی کامپوزیت‌ها ۲۲
شکل ۱-۵- نمای شماتیک از دستگاه اکسترودر ۲۳
شکل ۱-۶- روش‌های شناسایی نانو مواد ۲۵
شکل ۳-۱- نرمه سمباده‌زنی MDF ۴۱
شکل ۳- ۲- پودر آلومینیوم با ابعاد اسمی کمتر از ۲۵۰ میکرون با خلوص ۹۹٪ ۴۳
شکل ۳-۳- تصاویر FE – SEM از پودر آلومینیوم ۴۳
شکل ۳-۴- تصاویر FE – SEM از ذرات نانو رس ۴۵
شکل ۳-۵- تصاویر FE – SEM از سطوح لایه‌ای ذرات نانو رس ۴۵
شکل ۳-۶- قالب فلزی ۴۹
شکل ۳-۷- پرس گرم ۵۰
شکل ۳-۸- قالب چوبی و نمونه پیش پرس شده ۵۰
شکل ۳-۹- قرارگیری نمونه‌ها در گیره‌دستی ۵۱
شکل ۳-۱۰- نمونه‌های خارج شده از پرس و گیره ۵۱
شکل ۳-۱۱- استفاده از اکسترودر در ساخت چندسازه ۵۲
شکل ۳-۱۲- نمونه‌های آماده شده در اکسترودر ۵۲
شکل ۳-۱۳- نمونه‌های آسیاب شده‌ی گرانول ۵۳
شکل ۳-۱۴- نمونه‌های پیچ و میخ ۵۴
شکل ۳-۱۵- طرح شماتیک از نمونه آزمونی و نفوذ پیچ و میخ در نمونه آزمونی ۵۴
شکل ۳-۱۶- آزمون خمش توسط دستگاه INSTRON – 4486- ۵۵
شکل ۳-۱۷- آزمون کشش توسط دستگاه INSTRON – 4486- ۵۶
شکل ۳-۱۸- الف: قرارگیری نمونه‌های آزمونی در نیتروژن مایع ب: مقطع شکست نمونه ۵۸
شکل ۳-۱۹- دستگاه پوشش دهنده ۵۸

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۲۰- دستگاه FE – SEM مدل S-4160- ۵۹
شکل ۴-۱- مقادیر مربوط به تغییرات MOR در سطوح مختلف نرمه MDF و پودر آلومینیوم ۶۳
شکل ۴-۲- مقادیر مربوط به تغییرات MOR در سطوح مختلف پودر آلومینیوم ۶۵
شکل ۴-۳- مقادیر مربوط به تغییرات متوسط مدول الاستیسیته خمشی (MOE) تیمارهای مختلف ۶۶
شکل ۴-۴- مقادیر مربوط به تغییرات MOE در سطوح مختلف پودر آلومینیوم ۶۸
شکل ۴-۵- مقاومت کششی تیمارهای مختلف چندسازه نرمه MDF – پودر آلومینیوم – پلی‌پروپیلن ۶۹
شکل ۴-۶- تغییرات مدول الاستیسیته کششی در تیمارهای مختلف چندسازه نرمه MDF- پودر آلومینیوم – پلی‌پروپیلن ۷۱
شکل ۴-۷- تغییرات قدرت نگهداری پیچ در تیمارهای مختلف چندسازه نرمه MDF – پودر آلومینیوم – پلی‌پروپیلن ۷۴
شکل ۴-۸- اثر مستقل سطوح پودر آلومینیوم بر میزان متوسط مقاومت به اتصال پیچ نمونه‌های آزمونی ۷۵
شکل ۴-۹- قدرت نگهداری میخ در تیمارهای مختلف نمونه‌های آزمونی ۷۶
شکل ۴-۱۰- اثر مستقل سطوح پودر آلومینیوم بر میزان متوسط مقاومت به اتصال میخ نمونه‌های آزمونی ۷۷
شکل ۴-۱۱- تغییرات میزان جذب آب پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در سطوح مختلف پودر آلومینیوم و نرمه MDF ۸۰
شکل ۴-۱۲- تغییرات میزان جذب آب پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در سطوح مختلف پودر آلومینیوم و نرمه MDF ۸۱
شکل ۴-۱۳- تغییرات واکشیدگی ضخامت (۲ ساعت غوطه‌وری) در سطوح مختلف پودر آلومینیوم و نرمه MDF ۸۲
شکل ۴-۱۴- تغییرات واکشیدگی ضخامت (۲۴ ساعت غوطه‌وری) در سطوح مختلف پودر آلومینیوم و نرمه MDF ۸۳
شکل ۴-۱۵- میزان متوسط مقاومت خمشی (MOR) تیمارهای مختلف چندسازه نرمه MDF – نانو رس – پلی‌پروپیلن ۸۵
شکل ۴-۱۶- اثر مستقل سطوح ذرات نانو رس بر میزان متوسط مقاومت خمشی (MOR) ۸۷
شکل ۴-۱۷- مدول الاستیسته خمشی تیمارهای مختف چندسازه نرمه MDF نانو رس- پلی‌پروپیلن ۸۹
شکل ۴-۱۸- اثر مستقل سطوح نانو رس بر میزان MOE ۹۰
شکل ۴-۱۹- مقاومت کششی تیمارهای مختلف چندسازه نرمه MDF نانو رس - پلی‌پروپیلن ۹۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۴-۲۰- اثر مستقل ذرات نانو رس بر میزان MOE ۹۲
شکل ۴-۲۱- مدول الاستیسیته کششی تیمارهای مختلف چندسازه نرمه MDF نانو رس - پلی‌پروپیلن ۹۳
شکل ۴-۲۲- اثر سطوح ذرات نانو رس بر میزان متوسط مدول الاستیسیته کششی ۹۵
شکل ۴-۲۳- تغییرات قدرت نگهداری پیچ در سطوح مختلف ذرات نانو رس و نرمه MDF..... ۹۶
شکل ۴-۲۴- تأثیر مستقل تقویت‌کننده نانو رس در میزان متوسط قدرت نگهداری پیچ ۹۸
شکل ۴-۲۵- قدرت نگهداری میخ در تیمارهای مختلف چندسازه نرمه MDF – نانو رس - پلی‌پروپیلن ۹۹
شکل ۴-۲۶- تأثیر مستقیم ذرات نانو رس بر میزان متوسط قدرت نگهداری میخ..... ۱۰۱
شکل ۴-۲۷- تغییرات جذب آب (۲ ساعت غوطه‌وری) در سطوح مختلف ذرات نانو رس و نرمه MDF..... ۱۰۳
شکل ۴-۲۸- تغییرات جذب آب (۲۴ ساعت غوطه‌وری) در سطوح مختلف ذرات نانو رس و نرمه MDF..... ۱۰۳
شکل ۴-۲۹- تغییرات واکشیدگی ضخامت (۲ ساعت غوطه‌وری) در سطوح مختلف ذرات نانو رس و نرمه MDF..... ۱۰۵
شکل ۴-۳۰- تغییرات واکشیدگی ضخامت (۲۴ ساعت غوطه‌وری) در سطوح مختلف ذرات نانو رس و نرمه MDF.... ۱۰۶
شکل ۴-۳۱- تصویر FE- SEM از نمونه تیماره شماره T_4 چندسازه پودر آلومینیوم –نرمه MDF - پلی‌پروپیلن..... ۱۰۷
شکل ۴-۳۲- تصویر FE- SEM از نمونه تیماره شماره T_1 چندسازه پودر آلومینیوم –نرمه MDF - پلی‌پروپیلن..... ۱۰۷
شکل ۴-۳۳- تصویر FE- SEM از گودال ریز آلومینیومی از نمونه آزمونی تیمار شماره T_4..... ۱۰۸
شکل ۴-۳۴- تصویر FE- SEM از گودال‌های ریز آلومینیومی از نمونه آزمونی تیمار شماره T_7..... ۱۰۹
شکل ۴-۳۵- تصویر FE- SEM از نمونه آزمونی سطح ۴۰ درصد وزنی نرمه MDF..... ۱۱۰
شکل ۴-۳۶- تصویر FE- SEM از نمونه آزمونی سطح ۶۰ درصد وزنی نرمه MDF..... ۱۱۰
شکل ۴-۳۷- تصویر FE- SEM از نمونه آزمونی تیماره شماره T_2 ..... ۱۱۱
شکل ۴-۳۸- تصویر FE- SEM از نمونه آزمونی تیمار شماره T_6 ..... ۱۱۱
شکل ۵-۱- تصویر FE- SEM از نمونه آزمونی تیمار شمار T_4 چندسازه پودر آلومینیوم –نرمه MDF –پلی‌پروپیلن..... ۱۱۵
شکل ۵-۲- تصویر FE- SEM از ذرات خالص نانو رس و لایه‌ای بودن ذرات..... ۱۲۱

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

کمبود منابع چوبی جنگلی از جدی‌ترین چالش‌های حال حاضر دنیا و از جمله کشورمان ایران در بخش صنعت چوب و فرآورده‌های چوبی می‌باشد. از طرفی استفاده از ضایعات خط تولید کارخانجات به عنوان منابع جایگزین از مهمترین راهکارهایی می‌باشد که در طی سال‌های اخیر مطرح بوده است. رشد فزاینده جمعیت جهان در سال‌های اخیر و کمبود منابع چوبی جنگلی در کشورهای مختلف دنیا، استفاده از مواد جایگزین مناسب را اجتناب ناپذیر ساخته است. برای استفاده از این مواد در صنایع جدید و به روز دنیا در کنار تولید محصولات جدید از این مواد، این نیاز وجود دارد که اطلاعات لازم در خصوص کیفیت محصولات تولیدی از ضایعات خط تولید کارخانجات از جمله نرمه سمباده زنی MDF[1] به دست آمده و با محصولات چوبی مشابه مقایسه و در جهت بهبود خواص آنها گام برداشته شود.

کامپوزیت‌های چوب و پلیمر یا مواد مرکب چوب-پلاستیک (WPC[2]) از جمله مواد مهندسی و ساختمانی جدید هستند که در سال‌های اخیر به طور جدی مورد توجه قرارگرفته‌اند، تولید و مصرف این محصولات در سطح جهان با شتاب زیادی در حال گسترش است؛ موادی که دارای ظاهری شبیه به چوب هستند و در کاربردها اغلب به جای چوب استفاده می‌شوند و با فرآیندهای شکل‌دهی پلاستیک از جمله اکستروژن، تزریق، تزریق با فشار، انواع تکنیک‌های قالب‌گیری فشاری و حرارتی، پالتروژن و... تولید می‌شوند.

از سوی دیگر بررسی‌های صورت گرفته در حیطه علم سنجی حاکی از رشد سریع و روز افزون فناوری نانو است و پیشرفت‌های اخیر در این زمینه وقوع تغییرات اساسی را در محدوده وسیعی از صنایع نوید می‌دهد که می‌تواند به کاربردهای جدید بینجامد. در حال حاضر، جریان‌های اصلی تحقیقات در فنّاوری نانو بر زمینه‌هایی همچون الکترونیک، پزشکی، علوم زیستی و ساخت ماشین‌های روبات تمرکز دارد. تجربه‌های به دست آمده در این حوزه‌ها می‌تواند برای متحول کردن سیستم‌های کشاورزی و صنایع به کار رود. از جمله این صنایع می‌توان به صنایع چوب و کاغذ اشاره کرد. همچنین حجم بالای ضایعات چوبی و کارخانجات صنایع مرتبط از جمله MDF[3]و نئوپان[4]، ضایعات پلاستیکی

1- MDF Dust
2- Wood Plastic Composite
3-Medium Density Fiber
4-Particle Board

و منابع پتروشیمیایی در کشور موید این نکته‌اند که از نظر تامین مواد اولیه اصلی مورد نیاز صنایع چوب-پلاستیک، با مشکلات جدی روبه رو نخواهیم بود، بدین معنی که میزان بالایی از مواد لیگنوسلولزی قابل استفاده در صنعت چوب-پلاستیک از ضایعات صنایع چوب قابل تامین می‌باشد. از سوی با توجه به این که استفاده از تقویت کننده‌ها بر روی خواص محصول نهایی می‌تواند تاثیر زیادی داشته باشد و از دیگر سو منشاء اولیه پودر سلولزی مورد استفاده نیز در این میان نقش اساسی ایفا می‌کند و محصول را برای استفاده در کاربردهای خاص می‌توان از طریق استفاده از پرکننده‌هایی چون ذرات نانو رُس[1] و پودر آلومینیوم[2] بهینه ساخت. بنابراین مطالعه و پژوهش بر روی این عوامل اهمیت ویژه‌ای می‌یابد.

۱-۱-۱- اهداف

۱- ساخت چندسازه حاصل از نرمه سمباده زنی MDF و[3] PP.

۲- بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های نرمه MDF-پلی‌پروپیلن با استفاده از نانو رُس و پودر آلومینیوم.

۳- بررسی تاثیر درصدهای مختلف نانو رُس و پودر آلومینییوم در خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه نرمه MDF-پلی‌پروپیلن.

۱-۱-۲- فرضیه‌ها

۱- امکان استفاده از نرمه سمباده‌زنی MDF در ساخت چند سازه در ترکیب با PP وجود دارد.

۲- استفاده از نانو رُس[4] و پودر آلومینیوم[5] بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه نرمه MDF-پلی‌پروپیلن تاثیر خواهد گذاشت.

۳- درصدهای مختلف نانو رُس و پودر آلومینیوم اثر متفاوتی بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه نرمه MDF -پلی‌پروپیلن خواهند داشت.

1-Nanoclay
2-Aluminum Powder
3-Polypropylene
4- Nanoclay
5- Aluminum powder

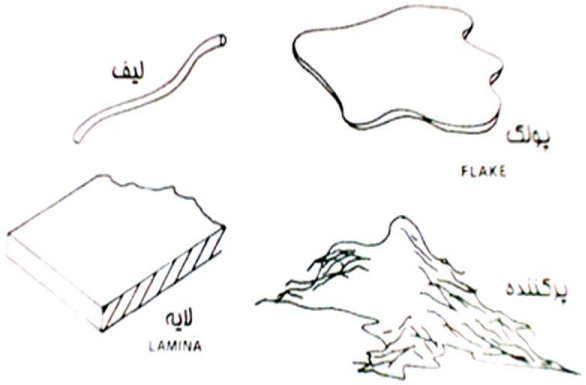
۱-۲- کلیات

۱-۲-۱- کامپوزیت

۱-۲-۱-۱-تعریف کامپوزیت

کلمه کامپوزیت[1] که آن را در فارسی به مواد مرکب یا مواد چندسازه‌ای ترجمه کرده‌اند، به معنی مرکب از دو یا چند جزء مشخص است و از کلمه ترکیب کردن[2] گرفته شده است. لذا یک ماده با دو یا چند جزء مشخص را می‌توان یک کامپوزیت در نظر گرفت، در صورتی که فازها و یا اجزای تشکیل دهندهٔ آن، خواص کاملاً متفاوتی با یگدیگر داشته باشند. در مقیاس ماکروسکوپیک، یک مخلوط فیزیکی از دو یا چند ماده مختلف را — که این مواد مشخصات فیزیکی و شیمیایی خود را حفظ کرده و مرز مشخصی را با یگدیگر تشکیل دهند— کامپوزیت گویند.

یک کامپوزیت شامل یک یا چند فاز غیر پیوسته در یک فاز پیوسته است. فاز غیر پیوسته معمولاً سخت‌تر و قوی‌تر از فاز پیوسته است، لذا آن فاز تقویت‌کننده گویند. تقویت کننده‌ها اشکال گوناگونی دارند و می‌توانند ذره‌ای، پولکی[3]، لیفی و صفحه‌ای[4] باشند (شکل ۱-۱). فاز پیوسته، زمینه[5] نامیده می‌شود (بهشتی و رضادوست، ۱۳۸۴).



شکل۱-۱- اشکال مختلف تقویت کننده‌ها (بهشتی و رضادوست، ۱۳۸۴)

1- composite
2- to compose
3-Flake
4-Lamina
5-Matrix