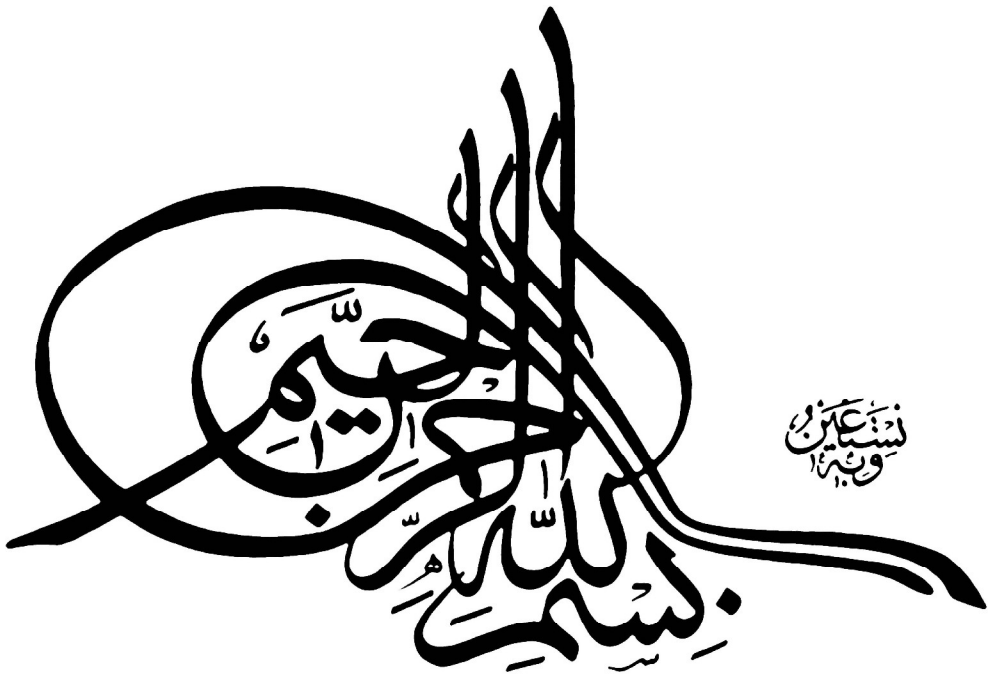
بسم الله الرحمن الرحيم
نستعين وبه

دانشکده جنگلداری و فناوری چوب

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی‌ارشد در رشته مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ (گرایش حفاظت و اصلاح چوب)

مقاومت به پوسیدگی فرآورده چند سازه چوب پلاستیک تیمار شده با نانواکسید روی

پژوهش و نگارش:
فاطمه سادات بنی کریم

استاد راهنما :
دکتر محمدرضا ماستری فرآهانی

تابستان ۱۳۹۱

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 **فاطمه سادات بنی کریم** دانشجوی رشته **مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ (گرایش حفاظت و اصلاح چوب)** مقطع **کارشناسی‌ارشد** تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

امضا

چکیده

در این تحقیق، مقاومت به پوسیدگی فرآورده چند سازه چوب پلاستیک صنوبر دلتوئیدس تیمار شده با درصدهای مختلف نانواکسیدروی (۲،۱،۰ و ۳ درصد)، در برابر قارچ های عامل پوسیدگی سفید رنگین کمان (*Trametes versicolor*) و پوسیدگی قهوه ای سرداب (*Coniophora puteana*) بررسی گردید. بدین منظور آرد چوب صنوبر در دو سطح ٦٠ و ٧٠ درصد با پلی پروپیلن، ٢ درصد عامل سازگارکننده MAPP و ٤ سطح نانواکسیدروی، در یک مخلوط کن داخلی (HAKKE) در دمای ۱۹۰ °C و سرعت ٦٠ دور در دقیقه با یکدیگر مخلوط شدند و چند سازه های چوب پلاستیک با استفاده از روش ناپیوسته پرس گرم ساخته شدند. نمونه های فرآورده چند سازه مطابق با استاندارد ASTM D1413 اصلاح شده با ابعاد ۱×۱×۱ میلی متر به مدت ۳ ماه در معرض آزمون پوسیدگی قرار گرفتند. بعد از این مدت، وزن نمونه ها اندازه گیری و کاهش وزن آنها محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تیمار با نانو اکسید روی مقاومت به پوسیدگی فرآورده چند سازه چوب پلاستیک صنوبر را در برابر قارچ های *C. puteana* و *T. versicolor* افزایش داد. با افزایش میزان نانواکسیدروی تا ٢ درصد، مقاومت به پوسیدگی فرآورده چند سازه چوب پلاستیک بهبود بخشیده شد.

واژه های کلیدی: چوب پلاستیک، صنوبر دلتوئیدس، نانواکسیدروی، قارچ پوسیدگی سفید (*Trametes versicolor*) و قارچ پوسیدگی قهوه ای (*Coniophora puteana*)

Abstract:

In this research, the decay resistance of wood plastic composite treated with different percentage of nano zinc oxide was investigated against the white rot fungus *Trametes versicolor* and the brown rot fungus *Coniophora puteana*. Hence, poplar wood flour at 2 levels (60 and 70%) with polypropylene (PP), 2% MAPP, and nano zinc oxide at flour levels (0,1,2 and 3 %) were compounded in an internal mixer (HAKKE) at the temperature of 190°C and at the rate per minute (RPM) of 60. The wood plastic composites were there prepared with employing injection molding method. The composite specimens prepared with dimensions of 1×1×1 milimeters were exposed to a decay test for 3 month according to modified ASTM D1413 standard. After this period, the samples weights were measured and the weight losses were calculated. The analysis of the data showed that the decay resistance of wood plastic composite eastern cottonwood against the fungi namely *T. versicolor* and *C. puteana* was improved with nano zinc oxide treatment. The decay resistance of wood plastic composite was improved with increasing nano zinc oxide loading to 2%.

Keywords: Wood plastic composite, Nano zinc oxide, *Populus deltoids*, White rot fungus (*Tramates versicolor*), Brown rot fungus (*Coniophora puteana*).

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۱-۱- اهداف ٤

۱-۱-۲- فرضیه‌ها ٤

۱-۲- کلیات ٤

۱-۲-۱- معرفی چند سازه ها ٤

۱-۲-۲- پلاستیک ها ۶

۱-۲-۲-۱- گرما سخت ها ۷

۱-۲-۲-۲- گرما نرم ها ۷

۱-۲-۳- روش های معمول ساخت چند سازه ها ۸

۱-۲-٤- کامپوزیت های چوب پلاستیک ۹

۱-۲-٤-۱- ویژگی‌های مهم کامپوزیت‌های چوب پلاستیک ۹

۱-۲-٤-۲- کاربردهای کامپوزیت‌های چوب پلاستیک ۱۰

۱-۲-٤-۳- فاکتورهای موثر بر فرآیند ساخت ۱۱

۱-۲-٤-٤- تقویت کننده‌ها ۱۲

۱-۲-٤-٤-۱- ویژگی های گونه صنوبر دلتوئیدس ۱۳

۱-۲-٤-۵- عوامل سازگارکننده ۱۵

۱-۲-٤-٦- ماده زمینه (ماتریس پلیمری) ۱۵

۱-۲-٤-٦-۱- پلی پروپیلن ۱۶

۱-۲-۵- پوسیدگی چوب ۱۸

۱-۲-۵-۱- شرایط مورد نیاز برای رشد قارچ ۱۸

۱-۲-۵-۱-۱- مواد غذایی ۱۸

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۲-۵-۱-۲- هوا ۱۹
۱-۲-۵-۱-۳- مقدار رطوبت چوب ۱۹
۱-۲-۵-۱-٤- درجه حرارت ۱۹
۱-۲-۵-۱-۵- pH مورد نیاز قارچ‌ها ۲۰
۱-۲-۵-۱-٦- نور ۲۰
۱-۲-۵-۲- قارچ های عامل پوسیدگی چوب ۲۰
۱-۲-۵-۲-۱- قارچ های عامل پوسیدگی سفید ۲۱
۱-۲-۵-۲-۱-۱- قارچ رنگین کمان ۲۲
۱-۲-۵-۲-۱-۱-۱- مورفولوژی قارچ رنگین کمان ۲۲
۱-۲-۵-۲-۱-۱-۲- اکولوژی قارچ رنگین کمان ۲۳
۱-۲-۵-۲-۲- قارچ های عامل پوسیدگی قهوه ای ۲۳
۱-۲-۵-۲-۲-۱- قارچ *Coniophora puteana* ۲۵
۱-۲-۵-۲-۳- قارچ‌های عامل پوسیدگی نرم ۲۶
۱-۲-٦- نانو فلزات و روش تهیه آنها ۲۷
۱-۲-۷- نانو کامپوزیت ها ۲۸
۱-۲-۸- خواص نانو اکسید روی ۳۰
۱-۲-۸-۱- فعالیت ضدمیکروبی نانواکسیدروی ۳۱
۱-۲-۸-۲- اثرا ت زیست محیطی نانواکسیدروی ۳۳

فصل دوم: مرور منابع

۲-۱- سابقه تحقیق ۳۶
۲-۱-۱- اثر پیش تیمار بر روی جذب آب و مقاومت به پوسیدگی چندسازه ۳۶

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۱-۲- مقاومت به پوسیدگی فرآورده چندسازه چوب - پلاستیک ۳۷
۲-۱-۳- اثر مواد حفاظتی بر مقاومت به پوسیدگی فرآورده چند سازه چوب - پلاستیک ۴۱
۲-۱-٤- اثر نانو اکسید روی بر مقاومت به پوسیدگی و سایر خواص چوب ۴۳

فصل سوم: مواد و روش ها

۳-۱- مواد و روش ها ۵۱
۳-۱-۱- تهیه مواد اولیه جهت ساخت فرآورده چند سازه ۵۱
۳-۱-۲- تهیه و مش بندی آرد چوب ۵۲
۳-۱-۳- ساخت تخته ها ۵۴
۳-۱-٤- تهیه نمونه های آزمونی از فرآورده چندسازه ۵۶
۳-۱-۵- آماده سازی نمونه های فرآورده چندسازه ۵۶
۳-۱-۵-۱- سنباده زنی نمونه ها ۵۶
۳-۱-۵-۲- چرخه های جوشاندن و خشک کردن نمونه ها ۵۷
۳-۲- آزمون مقاومت به پوسیدگی ۵۷
۳-۲-۱- تهیه خاک مناسب برای آزمون مقاومت به پوسیدگی ۵۷
۳-۲-۲- تهیه قارچ ۵۸
۳-۲-۳- تهیه محیط کشت ۵۸
۳-۲-٤- انتقال محیط کشت ساخته شده به پتری دیش و تکثیر قارچ ۵۸
۳-۲-۵- تهیه ماده غذایی قارچ ۶۰
۳-۲-٦- استریل نمودن شیشه های آزمونی ۶۰
۳-۲-۷- کشت قارچ های خالص سازی شده در ظروف شیشه ای ۶۰

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۳-۲-۸- انتقال نمونه های آزمونی به شیشه های حاوی قارچ ۶۲
۳-۲-۹- مرحله نهایی آزمون مقاومت به پوسیدگی، زدودن قارچ از روی نمونه ها ۶۲
۳-۲-۱۰- انتقال نمونه ها به شیشه های بدون قارچ (محیط استریل) ۶۳
۳-۳- محاسبه درصد کاهش وزن ۶۴
۳-۴- محاسبه درصد رطوبت ۶۴
۳-۵- محاسبات آماری ۶۵

فصل چهارم: نتایج

۴-۱- جذب آب طی پنج چرخه جوشاندن در آب و خشک کردن در آون ۶۷
۴-۲- کاهش وزن نمونه های فرآورده چند سازه چوب پلاستیک ۶۸
۴-۳- درصد رطوبت نمونه های فرآورده چند سازه در پایان آزمون پوسیدگی ۷۵

فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری

۵-۱- بحث ۷۹
۵-۲- نتیجه گیری کلی ۸۱
۵-۳- پیشنهادات ۸۱
فهرست منابع ۸۴

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- مشخصات نانو اکسید روی ۵۲
جدول ۳-۲- درصد وزنی اجزای تشکیل دهنده ترکیب های مختلف فرآورده چندسازه چوب – پلاستیک ۵۳
جدول ٤-۱- جذب آب فرآورده چند سازه چوب پلاستیک با درصدهای مختلف نانو اکسید روی در اثر چرخه جوشاندن و خشک کردن ۶۷
جدول ٤-۲- درصد میزان جذب آب آرد صنوبر فرآورده چند سازه با درصدهای مختلف نانو اکسید روی در اثر چرخه جوشاندن و خشک کردن..... ۶۸
جدول ٤-۳- میانگین کاهش وزن فرآورده چند سازه در اثر پوسیدگی بوسیله قارچ های عامل پوسیدگی سفید و قهوه ای..... ۶۹
جدول ٤-٤- تجزیه واریانس میزان کاهش وزن نمونه ها در اثر پوسیدگی..... ۷۲
جدول ٤-۵- آزمون توکی مقایسه میانگین کاهش وزن نمونه ها بر اساس درصدهای مختلف نانو اکسید روی... ۷۳
جدول ٤-٦- میانگین کاهش وزن آرد صنوبر فرآورده چند سازه در اثر پوسیدگی بوسیله قارچ های عامل پوسیدگی سفید و قهوه ای ۷۴
جدول ٤-۷- درصد رطوبت نمونه های فرآورده چند سازه بدون پیش تیمار پس از پایان پوسیدگی..... ۷۶

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۳-۱- دستگاه خرد کن آزمایشگاهی ۵۳
شکل ۳-۲- آرد چوب مش بندی شده ۵۳
شکل ۳-۳- دستگاه مخلوط کن داخلی مدل HBi system 90 ..... ۵۵
شکل ۳-٤- چند سازه بی شکل حاصل از فرآیند اختلاط ۵۵
شکل ۳-۵- پرس گرم آزمایشگاهی ۵۵
شکل ۳-٦- پرس سرد برای جلوگیری از تغییرات ناگهانی ضخامت چند سازه ۵۹
شکل۳-۷- اتوکلاو ۵۹
شکل۳-۸- هود آزمایشگاهی ۵۹
شکل۳-۹- انتقال پتری دیش ها به انکوباتور ۵۹
شکل ۳- ۱۰- قارچ‌های رشد یافته، الف) *C. puteana* ب) *T. versicolor* ۶۱
شکل ۳-۱۱- شیشه های حاوی خاک و قارچ در اتاق کشت ۶۱
شکل ۳-۱۲- نمونه های آزمونی پوشیده شده با قارچ الف) پوسیدگی سفید ب) پوسیدگی قهوه ای ۶۳
شکل ٤-۱- نمونه های تیمار شده و نمونه های شاهد در معرض قارچ های مولد پوسیدگی و نمونه های بدون در معرض قرارگیری با قارچ های مورد مطالعه ۷۱
شکل ٤-۲- رابطه بین کاهش وزن در اثر پوسیدگی توسط قارچ *T. versicolor* و رطوبت در پایان آزمون پوسیدگی ۷۷
شکل ٤-۳- رابطه بین کاهش وزن در اثر پوسیدگی توسط قارچ *C. puteana* و رطوبت در پایان آزمون پوسیدگی ۷۷

۱-۱- مقدمه

چوب یکی از اولین و قدیمی ترین موادی است که بطور طبیعی و فراوان در دسترس بشر قرار داشته است. از این رو تاریخ استفاده از آن به زمان های طولانی بر می‌گردد. به طور کلی مصارف چوب در گذشته و تا حدود دویست سال پیش هنوز هم شکل سنتی خود را حفظ کرده بود و از قرن های متمادی بدون تغییر چشم گیری، در جوامع انسانی رایج بوده است. این مصارف شامل استفاده از چوب در تهیه دست افزار، گهواره، خانه سازی، تختخواب، نردبان، وسایل کشاورزی، کشتی و قایق سازی، وسایل نخ ریسی و بافندگی، وسایل جنگی و شکار، میز و نیمکت، در سازی و گاری سازی، تابوت سازی و سوخت بوده است. در این میان ملاحظه می‌گردد که نقش چوب در تکامل تمدن انسان ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، از این رو استفاده از چوب و محصولات چوبی نشانه پیشرفت و توسعه یک کشور می‌باشد (پارساپژوه، ۱۳۷۳).

از دیرباز انسان مواد مختلف را با هم ترکیب کرده تا فرآورده ای جدید با خواص بهتر به دست آورد. یکی از این فرآورده ها، چوب پلاستیک[1]است که به اختصار wpc نامیده می شود و مخلوطی از مواد لیگنوسلولزی و مواد پلیمری است که ظاهری شبیه به چوب داشته ولی به وسیله فرآیندهای تولید پلاستیک شکل می گیرد. با توجه به کاربردهای الیاف چوب - پلاستیک در صنایع مختلف به خصوص ساختمانی و طراحی سازه ها جهت کاربردهای بیرونی از جمله دیوار کوب ها، سطوح خارجی ایوان ها، کف پوش ها و با توجه به مستعد بودن الیاف طبیعی لیگنوسلولزی مورد استفاده در چند سازه ها به هجوم عوامل مخرب نظیر قارچ ها و تاثیر زیاد پوسیدگی قارچی بر خواص فیزیکی و مکانیکی، بررسی دوام این محصولات در برابر عوامل مخرب بیولوژیکی اهمیت ویژه ای یافته است (صفارزاده،۱۳۹۰). با توجه به این مسئله جلوگیری از تماس قارچی با چوب می تواند روش مناسبی

[1]- Wood Plastic Composite

برای به حداقل رساندن تکثیر کلونی های میکروبی و یا تشکیل کپک در چوب باشد (یوسفی، حمید و مشکور، محمد ۱۳۸۷).

به علت ممنوعیت استفاده از موادی مانند CCA[1] تحقیقات روی مواد جدید تر با سمیت کمتر متمرکز شده است. از بین مواد جدیدی که جهت حفاظت چوب استفاده شده اند، می توان به نانو مواد اشاره کرد. امروزه با ورود فناوری نانو در علم مواد، پلیمرهای تقویت شده با پرکننده های نانو مورد توجه جوامع علمی و صنعتی قرار گرفته و از نظر علمی موضوع جدیدی در پژوهش ها در حد واسط مطالعات در مقیاس های میکرو، گشوده شده و شناخت رفتار و برهم کنش مواد در محدوده نانو در زمره اولویت های پژوهشی قرار گرفته است. از دیدگاه صنعتی آنچه باعث جلب توجه بسیاری از صنایع به این موضوع شده، بهبود چشمگیر خواص کامپوزیت ها (چند سازه‌ها) است. بنابراین نانو کامپوزیت ها در واقع طبقه جدیدی از چند سازه‌ها را تشکیل می‌دهند که در ساختار آنها ذرات با ابعاد نانو مورد استفاده قرار می‌گیرد (کرد، ۱۳۸۸).

فریمن[2] و همکاران (۲۰۰۸) پیشنهاد کردند که، نانو فلزات اگر دارای ابعاد کوچکتر از منافذ چوب (۱۰/۰۰۰ نانومتر) و یا کوچکتر از منافذ بین سلولی (۶۰۰- ۴۰۰ نانومتر) باشند می‌توانند در ساختمان متخلخل چوب وارد شده و از خواص مفید آنها جهت افزایش مقاومت چوب در برابر عوامل مخرب استفاده کرد.

از جمله نانو موادی که به منظور حفاظت چوب استفاده شده است، نانو اکسید روی[3] می باشد. در مقالات محدودی از نانو اکسید روی به عنوان ماده حفاظتی در برابر قارچ ها و موریا نه ها استفاده شده است (کارتال[4] و همکاران، ۲۰۰۹؛ گرین و آرانگو[5]، ۲۰۰۷). از آنجایی که انتظار می رود نانو

---

[1]- Chromated Copper Arsenate
[2] - Freeman
[3] - Nano Zinc Oxide
[4] - Kartal
[5]- Green and Arango

اکسید روی در برابر حمله قارچ ها مقاوم باشد، لذا بررسی مقاومت به پوسیدگی فرآورده چند سازه چوب پلاستیک تیمار شده با این ماده ضروری به نظر می رسد.

۱-۱-۱ اهداف

۱- بررسی بهبود مقاومت به پوسیدگی چند سازه چوب پلاستیک تیمار شده با نانو اکسید روی
۲- تعیین مناسب ترین سطح اختلاط نانو اکسید روی با پلی پروپیلن و آرد چوب، جهت دستیابی به بالاترین مقاومت به پوسیدگی

۱-۱-۲ فرضیه‌ها

۱- نانو اکسید روی می تواند مقاومت به پوسیدگی فرآورده چند سازه چوب پلاستیک را در برابر قارچ مولد پوسیدگی سفید *Trametes versicolor* و قارچ مولد پوسیدگی قهوه ای *Coniophora puteana* بهبود ببخشد .
۲- استفاده از نانواکسید روی در درصدهای مختلف منجر به اختلاف معنی دار در مقاومت به پوسیدگی می گردد.

۱-۲- کلیات

۱-۲-۱ معرفی چند سازه ها

در کاربردهای مهندسی اغلب به تلفیق مواد نیاز است و از آنجا که نمی توان ماده ای یافت که به تنهایی همه خواص مورد نظر را دارا باشد، استفاده از کامپوزیت ها این مشکل را بر طرف می سازد. به عبارتی دیگر چند سازه ها رده ای از محصولات پیشرفته هستند که در آنها ترکیب مواد ساده به منظور ایجاد محصولاتی جدید با خواص مکانیکی و فیزیکی برتر استفاده شده است. اجزای تشکیل دهنده ویژگی خود را حفظ کرده، در یکدیگر حل نشده و با هم ترکیب نمی شوند. استفاده از این مواد در طول تاریخ نیز مرسوم بوده است. از اولین چند سازه های ساخت بشر می توان به کاه گل و آجرهای گلی که در ساخت آنها از تقویت کننده کاه استفاده می شده است اشاره کرد. قایق هایی که سرخ پوست ها با قیر و بامبو می ساختند و تنورهایی که از گل، پودر شیشه و پشم بز ساخته می شدند، و

در نواحی مختلف کشورمان یافت شده است، نیز از چند سازه های نخستین هستند. بسیاری از نیازهای صنعتی صنایع مانند صنایع فضایی، رآکتور سازی، الکترونیکی و غیره نمی توانند با استفاده از مواد معمولی شناخته شده بر آورد گردد. معمولا یک ماده چند سازه را به صورت یک مخلوط فیزیکی در مقیاس ماکروسکوپی از دو یا چند ماده مختلف تعریف می کنند که این مواد خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خود را حفظ کرده و مرز مشخصی را با یکدیگر تشکیل می دهند. این مخلوط در مجموع و با توجه به برخی معیار ها خواص بهتری از هر یک از اجزای تشکیل دهنده خود را دارا می باشد. واژه کامپوزیت از کلمه انگلیسی to compose به معانی ترکیب کردن، ساختن و مخلوط کردن مشتق شده است. یک ماده چند سازه از دو یا چند فاز با ویژگی های فیزیکی و شیمیایی متفاوت تشکیل شده است (امیدیان و وفاییان، ۱۳۷۵) :

۱- فاز تقویت کننده[1] که درون ماتریس (ماده زمینه) پخش شده است.

۲- فاز ماتریس (ماده زمینه)[2] که فاز دیگر را در بر می گیرد و یک پلیمر گرما سخت یا گرما نرم می باشد.

الیاف یا پودر تقویت کننده را فاز تقویت کننده می گویند. گاهی ماتریس را فاز پیوسته[3] و فاز تقویت کننده را فاز غیر پیوسته[4] نیز می خوانند (اکبریان و محراب زاده، ۱۳٦۷). فاز تقویت کننده معمولا سفت تر و محکم تر از فاز ماتریس است. این دو فاز از طریق اتصال به یکدیگر متصل می شوند که خواص این لایه تاثیر مستقیم بر کارآیی چند سازه دارد. نقش اصلی فاز ماتریس، نگهداری الیاف و انتقال نیرو است (نوربخش و همکاران، ۱۳۸۳).

کامپوزیت هایی که در آنها فاز ضعیف یا ماتریس توسط الیاف گوناگون تقویت شده باشد، مهمترین دسته کامپوزیت ها را تشکیل می دهند و به کامپوزیت های لیفی[5] معروفند. چنانچه به جای الیاف از پودر استفاده شود، این مواد را کامپوزیت های ذره ای یا پودری[6] می نامند. ممکن است هر دو نوع

---

[1] - Reinforcemen phase
[2] - Matrix phase
[3] - Continuous phase
[4] - Discontinuous phase
[5] - Fiber Composites
[6] - Particulate Composites

تقویت کننده لیفی و پودری در ماتریس وجود داشته باشد که در این صورت به آن چند سازه هیبرید[1] اطلاق می شود. چند سازه هیبرید به عنوان چند سازه ای با بیش از یک فاز تقویت کننده تعریف می شود که می تواند متشکل از تقویت کننده های طبیعی، مصنوعی و یا ترکیبی از هر دو باشد (میرباقری، ۱۳۸٤).

کارآیی چند سازه های پلیمری مهندسی توسط خواص اجزاءآن ها تعیین می شود. اغلب آن ها دارای الیاف با مدول بالا هستند که در ماتریس های پلیمری قرار داده شده اند و فصل مشترک خوبی نیز بین این دو جزء وجود دارد. ماتریس پلیمری دومین جزء عمده چند سازه های پلیمری است. این بخش عملکرد های بسیار مهمی در چند سازه دارد. اول اینکه به عنوان یک چسب الیاف تقویت کننده را نگه می دارد. دوم، ماتریس تحت بار اعمالی تغییر شکل می دهد و تنش را به الیاف محکم و سفت منتقل می کند. سوم، رفتار پلاستیک ماتریس پلیمری، انرژی را جذب کرده، موجب کاهش تمرکز تنش می شود که در نتیجه، رفتار چقرمگی در شکست را بهبود می بخشد. بحث در مورد مصادیق ماتریس های پلیمری مورد استفاده در چند سازه ها به معنای بحث در مورد تمام پلاستیک های تجاری موجود می باشد. در تئوری، تمام گرما سخت ها[2] و گرما نرم ها[3] می توانند به عنوان ماتریس پلیمری استفاده شوند. در عمل، گروه های مشخصی از این پلیمر ها به لحاظ فنی و اقتصادی دارای اهمیت هستند (میر باقری، ۱۳۸٤).

۱-۲-۲ پلاستیک ها

پلاستیک ها پلیمرهایی مصنوعی هستند که تحت فشار و دما قابل ذوب بوده و شکل پذیر می باشند. محصول به دست آمده گاه غیر قابل انعطاف و حتی قابل تراشکاری و گاه فوق العاده نرم و انعطاف پذیر می باشد.

پلاستیک ها به علت خواص مختلفی که دارند اغلب جایگزین مواد طبیعی شده و بدین ترتیب در صنایع مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. امروزه حتی از پلاستیک ها در ساخت اعضاء داخلی بدن نیز استفاده می شود. برای تهیه پلاستیک ها به طور کلی نیاز به مونومرها می باشد. تنوع و تعدد

[1] - Hybrid Composites
[2] - Thermosetes
[3] - Thermoplasetes

پلاستیک ها ایجاب می کند مونومر های متعددی نیز به این منظور ساخته شود. در حال حاضر پلاستیک های مختلفی با خواص کاملا متفاوت توسط سازندگان گوناگون در دنیا ساخته می شود. از جمله ای خواص می توان به موارد زیر اشاره کرد :

- سبک می باشند.
- عایق حرارت و الکتریسیته هستند.
- شفاف بوده و رنگ پذیر می باشند.
- در برابر شرایط جوی مقاومت خوبی از خود نشان می دهند.
- در برابر حلال ها و مواد شیمیایی مقاومت خوبی دارند.
- بهداشتی بوده و برای تندرستی زیانی ندارند.
- به سادگی ساخته می شوند.
- به طور کلی پلاستیک ها به دو گروه عمده گرما نرم ها (ترموپلاست ها) و گرما سخت ها (ترموست ها) تقسیم می شوند.

۱-۲-۲ ۱- گرما سخت ها

گرما سخت ها آن دسته از پلاستیک هایی هستند که در اثر حرارت نرم نمی شوند. مولکول های پلیمر در این گونه پلاستیک ها به علت ایجاد پیوند های عرضی به شکل یک شبکه سه بعدی در آمده و دیگر در اثر گرما نرم نخواهند شد. پلاستیک های گرما سخت در اثر گرمای زیاد تجزیه نمی شوند. پیوند های عرضی لغزش مولکول ها را روی یکدیگر مشکل می کند. بنابراین پلاستیک محکم و سخت می شود (اکبریان و محراب زاده، ۱۳٦۷). از پلاستیک های گرما سخت می توان به مواردی از قبیل فنل فرم آلدئید، پلی اورتان، سیلیکون ها، اپوکسی ها، رزین های آلیل، رزین های فوران و ایمیدها اشاره کرد (دبیری اصفهانی، ۱۳٦۷).

۱-۲-۲ ۲- گرما نرم ها

گرما نرم ها آن دسته از پلاستیک هایی هستند که در اثر گرما نرم و پس از سرد شدن مجددا جامد می شوند. این عمل را می توان به دفعات بدون اینکه در جنسیت پلاستیک تغییری حاصل شود انجام داد.

گرما نرم ها به مراتب متعدد تر از گرما سخت ها بوده و کاربرد آنها نیز متنوع تر است. از انواع پلاستیک های گرمانرم می توان از پلی اولفین ها، پلی استایرن ها، پلی وینیل ها، پلی استر ها و آکریلیک ها نام برد (اکبریان و محراب زاده، ۱۳٦۷).

۱-۲-۳ روش های معمول ساخت چند سازه ها

از مهمترین فرآیند های ساخت پلیمرهای تقویت شده گرمانرم اکستروژن، قالبگیری انتقالی و قالبگیری تزریقی را می توان نام برد (فارسی، ۱۳۸۷).

- اکستروژن:

در این روش از دستگاه اکسترودر استفاده می گردد. در دستگاه اکسترودر رزین ذوب شده و به درون یک قالب فرستاده می شوند در قالب ماده مذاب به صورت محصول نهایی در آورده می شود، ماده مذاب به سرعت سرد شده و شکل بدست آمده حفظ می گردد. فیلم ها، پوشش ها، لوله ها و پروفیل ها عموما به این روش ساخته می شوند. در این روش از رزین گرمانرم با شاخص جریان مذاب پایین استفاده می شود، زیرا استحکام مذاب اهمیت دارد.

- قالبگیری انتقالی:

در این روش یک مقدار مشخص از پلاستیک گرما نرم را به همراه تقویت کننده مناسب در یک مخزن جداگانه ذوب و به صورت یکنواخت مخلوط می نمایند. سپس چند سازه مذاب را به درون قالب منتقل می‌کنند.

- قالبگیری تزریقی:

در این روش رزین‌های پلاستیکی گرما نرم یا رزین‌های پلاستیکی که قبلاً به روش مناسبی به صورت یکنواخت با تقویت کننده مخلوط شده‌اند در یک سیلندر داغ ذوب می‌شوند و به طور اتوماتیک و تحت فشار از انتهای سیلندر به داخل یک قالب تزریق می‌گردد. پس از سرد شدن، قالب به طور اتوماتیک باز شده و محصول تولید شده خارج می‌شود. بنابراین در یک سیکل چندین شیئ تواماً قالبگیری می‌شوند. در فرآیند تولید چند سازه باید توجه داشت استفاده از الیاف طبیعی کوتاه تر، امکان تزریق بهتر را میسر می‌کند (فارسی، ۱۳۸۷).

۱-۲-٤ کامپوزیت های چوب پلاستیک

کامپوزیت‌های چوب پلاستیک که به اختصار WPCs نامیده می شوند، گروه جدیدی از مواد مرکب هستند که در طی سالیان اخیر مورد توجه بسیاری از محققین و نیز بخش عمده‌ای از صنعت قرار گرفته است (کرد، ۱۳۸۸). در ساخت این کامپوزیت‌ها، محدوده وسیعی از گرمانرم ها از قبیل پلی پروپیلن، پلی اتیلن، پلی وینیل کلراید، پلی استایرن، پلی‌استر و غیره به همراه پرکننده های لیگنوسلولزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (قاسمی و عزیزی، ۱۳۸۵). پرکننده ها و تقویت کننده های لیگنوسلولزی در مقایسه با دیگر تقویت کننده های رقیب خود مانند الیاف شیشه و پرکننده های معدنی دارای مزیت های فراوانی از جمله دانسیته کمتر، مقاومت و مدول ویژه بالاتر، ساینده‌گی نسبی کم و سهولت اصلاح سطح الیاف بوده و ضمنا بطور گسترده ای در دسترس می‌باشند. همچنین این الیاف ارزان تر از الیاف مصنوعی بوده و می توانند در بسیاری از کاربرد هایی که در آنها صرفه جویی در هزینه بر خواص مقاومت محصول ارجح است، جایگزین الیاف مصنوعی گردند (کرد، ۱۳۸۸).

۱-۲-٤ ۹- ویژگی‌های مهم کامپوزیت‌های چوب پلاستیک

ویژگی های چند سازه چوب پلاستیک به خصوصیات مواد تشکیل دهنده این چند سازه ها، از قبیل شکل و مورفولوژی اجزای تشکیل دهنده و چسبندگی بین الیاف طبیعی و ماده زمینه پلیمری بستگی دارد (آکوستا[1] و همکاران، ۱۹۸٦).

از ویژگی های بسیار مهم چند سازه های چوب پلاستیک این است که در ساخت آنها می‌توان از ضایعات پلاستیک و ضایعات بخش های مختلف صنایع چوب که غیر قابل استفاده بوده و انباشت و دفع آنها از معضلات کارخانه ها می‌باشد، استفاده کرد. استفاده از این مواد نسبتا ارزان قیمت در ساخت چند سازه های چوب پلاستیک، نه تنها از نظر مسایل زیست محیطی بسیار ارزشمند است بلکه می‌تواند از وابستگی صنعت نوپای چوب پلاستیک به صنعت پتروشیمی بکاهد. از طرف دیگر استفاده از ضایعات بخش های مختلف صنایع چوب و پسماند های کشاورزی برای کشوری که به

[1]- Acosta

شدت از فقر منابع تولید چوب رنج می‌برد، بسیار حائز اهمیت است. استفاده از ضایعات کارخانجات صنایع چوب در ساخت چند سازه های چوب پلاستیک نه تنها باعث کاهش هزینه های تولید بلکه باعث رفع مشکل واحد های صنایع چوب از نظر انباشت و دفع این ضایعات می‌باشد. با توجه به سطح محدود جنگل های کشور، استفاده از ضایعات صنایع چوب و پسماند های کشاورزی در تولید موادی که دارای خواص مشابه و حتی بهتر از مواد مرکب چوبی رایج مانند تخته خرده چوب، MDF، تخته فیبر و ... باشند، بسیار ضروری به نظر می‌رسد. چند سازه های چوب پلاستیک نه تنها خواص مشابه مواد مرکب چوبی رایج دارند، بلکه دارای جذب آب کمتر و ثبات ابعادی بیشتری می‌باشند و ضمن اینکه در تولید آنها از فرمالدئید استفاده نمی‌شود. از مزایای مهم چند سازه های چوب پلاستیک این است که در ساخت آنها از موادی استفاده می‌شود که قابل استفاده در تولید تخته های مرکب چوبی رایج نیستند (نجفی و همکاران، ۱۳۸٦).

ویژگی های چند سازه های چوب پلاستیک مستقیما با ساختار آنها ارتباط دارد. این مواد دارای ویژگی های مثبت زیادی هستند که برخی از آنها عبارتند از: سختی و مقاومت فشاری بالا، ثبات ابعاد، ویژگی های حرارتی بسیار خوب، قیمت پایین، سرعت اشتعال کم، قابلیت تولید شکل های پیچیده، قابلیت ماشین کاری خوب، مدول الاستیسیته و مقاومت به سایش بالا (نوربخش، ۱۳۸۳). عمر زیاد، قابلیت بازیابی، شکل دهی مطلوب، قابلیت اره خوری، میخ خوری، رنده کاری، جلا پذیری و قابلیت رنگ پذیری مناسب و اعمال روکش های تزئینی نیز به عنوان دیگر قابلیت های مفید این چند سازه ها به شمار می‌رود. ضمنا به نظر می رسد صنعت چوب پلاستیک می تواند معضل پلاستیک های بازیافتی در همه نقاط کشور را به طور نسبی حل و فصل کند (چهارمحالی و همکاران، ۱۳۸٦).

۱-۲-٤ ۲- کاربردهای کامپوزیت‌های چوب پلاستیک

دامنه استفاده از کامپوزیت های چوب پلاستیک بسیار گسترده است، این مواد می توانند در محوطه های داخلی و بیرونی مورد استفاده قرار گیرند. به طورکلی بازارهای اصلی این مواد شامل صنایع