





## تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از رساله دکتری

خانم فاطمه سادات علوی رساله ۲۴ واحدی خود را با عنوان پیش بینی آسیب کامپوزیت های پرشده باذرات دارای اشکال نامنظم در تاریخ ۱۳۹۲/۴/۸ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این رساله را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه دکتری مهندسی مکانیک - ساخت و تولید پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر امیر حسین بهروش	دانشیار	
استاد راهنمای دوم	دکتر مجید میرزائی	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر محمد گلزار	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر غلامحسین رحیمی شعرباق مقدس	استاد	
استاد ناظر	دکتر حسین حسینی تودشکی	استاد	
استاد ناظر	دکتر محمود مهرداد شکرپه	استاد	
استاد ناظر	دکتر محمد گلزار	دانشیار	

## 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 متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» 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/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی مکانیک

است که در سال ۹۲ در دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی آقایان دکتر امیرحسین بهروش - دکتر مجید میرزائی از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع 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، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند 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 فاطمه السادات علوی دانشجوی رشته مهندسی مکانیک مقطع دکتری تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضا:



دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی مکانیک

پایان نامه دوره دکتری

مهندسی مکانیک - ساخت و تولید

پیش بینی آسیب کامپوزیت های پرشده با ذرات دارای اشکال نامنظم

نگارنده:

فاطمه السادات علوی

اساتید راهنما:

دکتر امیرحسین بهروش

دکتر مجید میرزائی

تابستان ۹۲

تقدیم به همسر

که مهربانترین همراه روزهای من بود

## تقدیر و تشکر

از زحمات بی دریغ، دلسوزانه، و راهنمایی های علمی مستمر اساتید بزرگووارم، آقایان دکتر بهروش و دکتر میرزائی که همواره با نصایح و فرمایشات خود، چراغ راه من نه تنها در انجام رساله بلکه در زندگی بوده اند کمال تشکر و قدردانی دارم. از همسر مهربانم که گرمی همراهیش همواره امید آفرین لحظات سخت زندگی من بود تقدیر و تشکر می کنم. همچنین از زحمات بی دریغ و لطف بی پایان پدر و مادر عزیزم تشکر می نمایم.

## چکیده

امروزه کامپوزیت های ذره ای کاربردهای گسترده ای در صنایع مختلف یافته اند. در رساله حاضر کامپوزیت چوب پلاستیک به عنوان نمونه ای از کامپوزیت ذره ای مورد بررسی قرار گرفته است. آزمایش های تجربی انجام گرفته بر روی کامپوزیت های چوب پلاستیک در دماهای مختلف، نشان داد که مکانیزم شکست غالب در کامپوزیت های چوب پلاستیک بدون حضور عامل جفت کننده در دمای محیط، جدایش بوده است. اگرچه، مکانیزم شکست این کامپوزیت ها در دماهای زیر صفر، از جدایش سطح مشترک به شکست ذره چوب تغییر می یابد. به علاوه میزان اثربخشی عامل جفت کننده (مالئیک آیدرید) در کامپوزیت چوب پلاستیک با کاهش دما، کاهش می یابد.

تعیین پارامترهای چسبندگی سطح مشترک چوب-پلاستیک و مشخص کردن موقعیت شروع جدایش و مسیر رشد آسیب در کامپوزیت چوب پلاستیک با ذرات دارای اشکال نامنظم چوب، هدف اصلی این رساله بوده است. به منظور شبیه سازی شروع و رشد آسیب در این کامپوزیت ها، مدل ناحیه چسبنده با استفاده از تحلیل المان محدود بکارگرفته شد. روش حل معکوس برای شناسایی پارامترهای تئوری ناحیه چسبنده سطح مشترک ذره و ماتریس، مورد استفاده قرار گرفت. برای رسیدن به این هدف، روش بهینه سازی نلدر-مید به کار گرفته شد، بدین ترتیب که پارامترهای سطح مشترک، با کمینه سازی تفاضل داده های نمودار نیرو-جدایش تجربی و شبیه سازی شده تعیین گردیدند. از روش ارتباط تصاویر دیجیتال، به منظور ثبت میزان جدایش سطح مشترک در آزمایش های تجربی استفاده شد. تأثیر قابل توجه زاویه قرارگیری الیاف تشکیل دهنده ذره چوب نسبت به سطح مشترک چوب-پلاستیک، در پارامترهای سطح مشترک بررسی شد و مشخص گردید که زاویه ای بحرانی برای تغییر مکانیزم از جدایش سطح مشترک به شکست ذرات چوب وجود دارد. دوازده پارامتر مدل ناحیه چسبنده برای راستاهای طولی و عرضی الیاف چوب و مودهای مختلف شکست، بدست آمد. استحکام چسبندگی نمونه های طولی مود I و مود II، به ترتیب ۱/۵ و ۳ برابر استحکام چسبندگی نمونه های عرضی مود I و مود II می باشد.

به منظور پیش بینی شروع و رشد آسیب، مدلی با هندسه واقعی از کامپوزیت چوب پلاستیک دارای اشکال نامنظم ایجاد شد و پارامترهای سطح مشترک بدست آمده در آن جایگذاری گردید. مطابقت خوب نتایج شبیه سازی آسیب با نتایج تجربی، تأییدی بر صحت و دقت پارامترهای چسبندگی بدست آمده می باشد.

**واژگان کلیدی:** کامپوزیت چوب پلاستیک، جدایش سطح مشترک، شناسایی پارامترهای چسبندگی،

روش معکوس



## فهرست مطالب

فصل ۱. مقدمه	۱
فصل ۲. مروری بر مبانی تئوری	۷
۱-۲. مقدمه	۸
۲-۲. مدل ناحیه چسبنده (CZM)	۸
۳-۲. مدل المان محدود ناحیه چسبنده	۱۷
۱-۳-۲. مسئله مستقیم	۱۸
۲-۳-۲. مسأله معکوس	۲۱
۴-۲. شناسایی پارامترهای مدل ناحیه چسبنده	۲۳
۱-۴-۲. روش مستقیم	۲۵
۲-۴-۲. روش غیرمستقیم (روش حل معکوس)	۲۶
۵-۲. الگوریتم ارتباط تصاویر دیجیتال DIC	۲۹
۶-۲. الگوریتم بهینه سازی	۳۵
فصل ۳. مواد و روش ها	۳۹
۱-۳. مقدمه	۴۰
۲-۳. ساخت کامپوزیت های چوب پلاستیک	۴۰
۱-۲-۳. تجهیزات و روش ساخت	۴۲
۲-۲-۳. آماده سازی نمونه ها	۴۵
۳-۳. ساخت دستگاه آزمون میکرومکانیکی	۴۷
۴-۳. آزمایش های مکانیکی در دمای مختلف	۵۲
۵-۳. چگونگی استخراج میدان تغییر مکان موضعی	۵۳
۶-۳. بدست آوردن خواص مکانیکی پلی اتیلن	۵۶
۷-۳. مدل سازی نمونه های چوب-پلاستیک SN و DP	۵۸
۸-۳. شناسایی پارامترهای چسبندگی به روش حل معکوس	۵۹
۹-۳. بررسی آسیب در کامپوزیت های چوب پلاستیک	۶۲
۱-۹-۳. مدل سازی ساختار واقعی کامپوزیت ذره ای چوب-پلاستیک	۶۲

۶۴	..... مدل سازی کامپوزیت چوب پلاستیک
۶۷	..... فصل ۴. نتایج و بحث
۶۸	..... ۱-۴. مقدمه
۶۸	..... ۱-۴. نتایج آزمایش های مکانیکی در درجه حرارت های متفاوت
۶۸	..... ۱-۱-۴. رفتار کامپوزیت های چوب پلاستیک تحت تأثیر دما
۷۳	..... ۲-۱-۴. اثر دما بر استحکام و انرژی شکست
۷۸	..... ۳-۱-۴. پاسخ نمونه های تک ذره ای به تغییرات دمایی از دیدگاه مکانیزم شکست
۸۱	..... ۴-۱-۴. اثر دما بر مکانیزم شکست در کامپوزیت های چوب پلاستیک
۸۵	..... ۲-۴. شناسایی پارامترهای چسبندگی
۸۶	..... ۱-۲-۴. شناسایی پارامترهای مدل ناحیه چسبنده مود I
۸۹	..... ۲-۲-۴. شناسایی پارامترهای مدل ناحیه چسبنده مود II
۹۱	..... ۳-۴. تحلیل میکرومکانیکی آسیب کامپوزیت های چوب پلاستیک
۹۲	..... ۱-۳-۴. پیش بینی شروع و مسیر رشد آسیب در کامپوزیت های چوب پلاستیک
۹۸	..... فصل ۵. نتیجه گیری و پیشنهادات
۹۹	..... ۱-۵. نتیجه گیری
۱۰۰	..... ۲-۵. پیشنهادات
۱۰۲	..... مراجع

- شکل ۱-۱ پروفیل های کامپوزیت چوب-پلاستیک [2].....۳
- شکل ۱-۲ توزیع استفاده از کامپوزیت های چوب-پلاستیک در صنایع مختلف در سال ۲۰۰۲ [3].....۴
- شکل ۱-۲ شماتیکی از مدل ناحیه چسبنده [5].....۹
- شکل ۲-۲ بیان شماتیکی از مدل ناحیه چسبنده برای مود I شکست [6].....۱۰
- شکل ۳-۲ علائم و فرضیات مدل ناحیه چسبنده در نوک ترک [7].....۱۱
- شکل ۴-۲. نمایش مدل های ناحیه چسبنده: الف) ذاتی ب) غیر ذاتی.....۱۲
- شکل ۵-۲. نمایی از قوانین مختلف مدل ناحیه چسبنده [19].....۱۵
- شکل ۶-۲. نمودار تنش مؤثر نرمال شده برحسب جدایش تحت تأثیر توان های مختلف [22].....۱۷
- شکل ۷-۲. نمایی از الزام مربعی با سطوح چسبنده [26].....۲۰
- شکل ۸-۲. نمایی از منحنی تنش-جدایش با نقاط کنترلی پارامتری [26].....۲۲
- شکل ۹-۲. الگوریتم حل تکرارشونده مسائل معکوس [39].....۲۷
- شکل ۱۰-۲. نوعی از الگوی خط دار بکار رفته در روش DIC [26].....۳۱
- شکل ۱۱-۲. نوعی از قرار گیری دستگاه ها برای اندازه گیری کرنش یک سطح دو بعدی به روش DIC [49].....۳۲
- شکل ۱۲-۲. زیرمجموعه مرجع و نقطه متناظر با آن در تصویر تغییرشکل یافته [50].....۳۳
- شکل ۱۳-۲. شماتیکی از اجرای الگوریتم نلدر-مید با سه پارامتر نامشخص [54].....۳۷
- شکل ۱-۳. تصویر قالب های ساخته شده برای تولید نمونه های چوب-پلاستیک.....۴۲
- شکل ۲-۳. زاویه قرارگیری الیاف چوب در الف) ذره چوب، ب) تکه های چوب.....۴۳
- شکل ۳-۳. شماتیکی از نمونه های آزمون ماکروسکوپی چسبندگی چوب-پلاستیک. الف) SNL، ب) SNT، ج) DPL، د) DPT.....۴۴

شکل ۳-۴ تصویر شماتیکی از پراکندگی تصادفی ذرات نسبت به هم و جهت گیری الیاف در هر

ذره.....۴۵

شکل ۳-۵. نمونه های چوب-پلاستیک تهیه شده الف)  $SN$  ب)  $DP$ .....۴۶

شکل ۳-۶. علامت گذاری برای عملیات پردازش تصویر در نمونه  $SN$ .....۴۶

شکل ۳-۷. نمایی از قالب برش نمونه های کامپوزیتی چوب-پلاستیک.....۴۷

شکل ۳-۸. نمونه های تهیه شده برای آزمایش کشش الف)  $WP20$  و ب)  $WP5$ .....۴۷

شکل ۳-۹. نمایی از دستگاه آزمون میکرومکانیکی ساخته شده .....۴۹

شکل ۳-۸. نقشه ساخت دستگاه آزمون میکرومکانیکی.....۵۰

شکل ۳-۱۰. نمایی از دستگاه آزمون میکرومکانیکی.....۵۱

شکل ۳-۱۱. محوطه ورودی در نظر گرفته شده برای انجام آزمون های کشش در دماهای مختلف.....۵۳

شکل ۳-۱۳. برنامه GUI نوشته شده برای استخراج تغییر مکان در حین آزمون کشش.....۵۶

شکل ۳-۱۴. منحنی تنش- کرنش چوب و پلاستیک.....۵۸

شکل ۳-۱۵. مدل های المان محدود نمونه های چوب-پلاستیک الف) نمونه های آماده شده برای

شکست مود  $I$  ب) نمونه های آماده شده برای شکست مود  $II$ .....۵۹

شکل ۳-۱۶. نمودار نیرو-جدایش حاصل از نتایج آزمایش های تجربی و شبیه سازی.....۶۰

شکل ۳-۱۷. الگوریتم حل معکوس بکار رفته در تعیین پارامترهای چسبنده چوب-پلاستیک.....۶۱

شکل ۳-۱۸. مراحل تبدیل تصویر ورودی به چند خطی مرز ذره از ماتریس.....۶۳

شکل ۳-۱۹. مدل المان محدود کامپوزیت چوب-پلاستیک دارای تک ذره با شکل نامنظم.....۶۵

شکل ۴-۱. نمودار تنش-جابجایی برای نمونه های چوب-پلاستیکی در دمای محیط ( $25^{\circ}C$ ).....۶۹

شکل ۴-۲. نمودار تنش-جابجایی برای نمونه های چوب-پلاستیکی در دمای  $53^{\circ}C$ .....۷۰

شکل ۴-۳. نمودار تنش-جابجایی برای نمونه های چوب-پلاستیکی در دمای  $6^{\circ}C$ .....۷۱

شکل ۴-۴. نمودار تنش-جابجایی برای نمونه های چوب-پلاستیکی در دمای  $6^{\circ}C$ .....۷۲

- شکل ۴-۵ نمودار تنش-جابجایی برای نمونه های چوب پلاستیکی در دمای  $30^{\circ}C$ ..... ۷۳
- شکل ۴-۶. نمودار مواد مختلف در پنج دمای متفاوت..... ۷۴-۷۵
- شکل ۴-۷ نمودار نیرو-جابجایی نمونه های  $WP5$ ،  $WP5-E$  و  $WP10$  در دمای  $6^{\circ}C$ ..... ۷۷
- شکل ۴-۸. نمای تکامل شکست برای سه نمونه تک ذره ای در راستاهای مختلف آزمایش شده در دمای محیط..... ۷۹
- شکل ۴-۹. نیرو-جابجایی برای سه نمونه نشان داده شده در شکل ۴-۸..... ۸۰
- شکل ۴-۱۰. روند تکامل شکست در نمونه های تک ذره ای آزمایش شده در دمای  $(-30)$  درجه سانتیگراد..... ۸۱
- شکل ۴-۱۱. روند تکامل شکست در نمونه های (الف وب)  $WP10$  و (ج و د)  $WP10-E$  در دمای  $^{\circ}C$ ..... (۲۵) ۸۲
- شکل ۴-۱۲. روند تکامل شکست در نمونه های (الف-ج)  $WP10$  و (د-و)  $WP10-E$  در دمای  $^{\circ}C$ ..... (۵۳) ۸۴
- شکل ۴-۱۳. روند تکامل شکست در نمونه های (الف-ج)  $WP10$  و (د-و)  $WP10-E$  در دمای  $30^{\circ}C$ ..... ( ۸۵
- شکل ۴-۱۴ نمودار نیرو-تغییر مکان بازشدگی تجربی برای نمونه های شکست مود  $I$ ..... ۸۷
- شکل ۴-۱۵ نمودار نیرو-جابجایی برشی برای نمونه های طولی و عرضی مود  $II$ ..... ۸۹
- شکل ۴-۱۶ شماتیکی از ذره دارای شکل نامنظم و راستای مشخص الیاف..... ۹۲
- شکل ۴-۱۷ روند ایجاد و رشد آسیب نمونه کامپوزیت چوب پلاستیک تک ذره ای  $0.16 mm$ ..... ۹۳
- شکل ۴-۱۸ روند شروع و رشد آسیب در نمونه های چوب پلاستیک تک ذره ای  $0.13 mm$  (الف-ج) نمونه تجربی (د-ه) شبیه سازی المان محدود..... ۹۴

شکل ۴-۱۹ پیش بینی شروع و رشد آسیب در کامپوزیت چوب پلاستیک الف-ج) نمونه تجربی د-

ه) شبیه سازی المان محدود..... ۹۶

## فهرست جدول ها

- جدول ۱-۲ مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه مدل ناحیه چسبنده و پارامترهای آن [12]....۱۳-۱۴
- جدول ۱-۳. مشخصات پلی اتیلن *HD* گرید *5620EA* تولید شرکت پتروشیمی شازند اراک.....۴۱
- جدول ۲-۳. مشخصات نمونه های مورد آزمایش تحت دماهای مختلف.....۴۵
- جدول ۳-۳. خواص بدست آمده از آزمون کشش بر روی پلی اتیلن.....۵۷
- جدول ۱-۴ استحکام کششی نمونه های آزمایش شده در دماهای مختلف (واحد استحکام ها *MPa* می باشد).....۷۴
- جدول ۲-۴ پارامترهای ناحیه چسبنده چوب-پلاستیک بدست آمده از بهینه سازی و خطای محاسبه شده.....۸۸
- جدول ۳-۴. پارامترهای بهینه برای مود *II* ناحیه چسبنده و خطای محاسبه شده پارامترها.....۹۰
- جدول ۴-۴ مقایسه استحکام نهایی بدست آمده از شبیه سازی و آزمایش های تجربی.....۹۵

فصل ۱. مقدمه



امروزه کامپوزیت های ذره ای گروه بزرگی از مواد را تشکیل می دهند و کاربردهای فراوانی را به خود اختصاص داده اند. رفتار مکانیکی این مواد تحت تأثیر خواص مؤلفه های سازنده آنها و همچنین خواص سطح مشترک این مؤلفه ها قرار دارد. بدین ترتیب، جدایش ذره از ماتریس به طور قابل توجهی رفتار ماکروسکوپیک این کامپوزیت ها را تحت تأثیر قرار می دهد. همچنین برای کامپوزیت های پرذره، جدایش سطح مشترک مسیر گسترش ترک را مشخص می سازد. این دلایل، تعیین خواص سطح مشترک ذره-ماتریس را بسیار حائز اهمیت می سازد.

مسأله اصلی که این رساله سعی در پاسخ به آن دارد، پیش بینی موقعیت شروع آسیب و مسیر رشد آن از دیدگاه میکرومکانیکی در کامپوزیت های پرشده با ذراتی است که ذرات آن دارای اشکال نامنظم بوده و توزیع ذرات در آن به صورت کاملاً تصادفی بوده است.

در این رساله، به عنوان نمونه ای از کامپوزیت های ذره ای مطرح شده، کامپوزیت های چوب پلاستیک مورد بررسی قرار گرفته است. این کامپوزیت ها ترکیبی از ذرات یا الیاف چوب با پلاستیک های گرمانرم<sup>۱</sup> می باشند. امروزه، این کامپوزیتها بدلیل خواص متمایز و بهبود یافته در مقایسه با پلاستیک ها و محصولات چوبی، کاربرد های گسترده ای در صنایع یافته اند. از جمله این مشخصه ها می توان به مقاومت در برابر جذب رطوبت، مقاومت در مقابل حمله حشرات، سفتی بالا، طول عمر بالا، پایداری بیشتر و کاهش هزینه ها بدلیل ارزانی ذرات چوب، اشاره کرد [1].

کامپوزیت های چوب-پلاستیک از طریق فرآیند هایی نظیر فرآیند اکستروژن، قالبگیری تزریقی و قالبگیری فشاری تولید می گردند. استحکام چسبندگی ذرات چوب و پلاستیک چندان مناسب نیست. زیرا چوب یک ماده آب دوست<sup>۲</sup> و غیر همسان<sup>۳</sup> شامل اجزایی نظیر آنسلولوز<sup>۴</sup> (۴۴-۴۵٪)، همی سلولوز<sup>۵</sup> (۲۵-۲۰٪) و لیگنین<sup>۶</sup> (۲۰-۳۰٪) بوده و پلاستیک یک ماده آب گریز است. هرچند با استفاده از ترکیبات ارتباط دهنده

---

<sup>1</sup> Thermoplastic  
<sup>2</sup> Hydrophilic  
<sup>3</sup> Anisotropic  
<sup>4</sup> Cellulose  
<sup>5</sup> Hemi cellulose  
<sup>6</sup> Lignin

ای نظیر مالئیک آنیدرید<sup>۱</sup> استحکام قابل قبولی قابل دستیابی خواهد بود. در شکل ۱-۱ پروفیل های کامپوزیت چوب-پلاستیک نشان داده شده است.

کامپوزیت های چوب-پلاستیک، اولین بار اوایل دهه ۱۹۰۰ میلادی مورد استفاده قرار گرفتند. در سال ۱۹۱۶ از اولین کامپوزیت گرماسخت<sup>۲</sup>-چوب با نام تجاری باکلیت<sup>۳</sup> از ترکیب فنول-فرمالدهید<sup>۴</sup> با ذرات چوب



شکل ۱-۱. پروفیل های کامپوزیت چوب-پلاستیک [2]

برای تولید سردنده اتومبیل استفاده شد. کامپوزیت های چوب-پلاستیک که در واقع از ترکیب پلاستیک های گرمانرم با ذرات چوب بدست می آیند، اولین بار در سال ۱۹۸۳ توسط شرکتی آمریکایی از طریق فرآیند اکستروژن پلی پروپیلن و ذرات چوب برای تولید ورقه های داخلی اتومبیل بصورت تجاری تولید شد. در سال ۱۹۹۰ میلادی کامپوزیت هایی از ترکیب پلی اتیلن و چوب بدست آمد که از آنها در کف پوشها و دیوار پوشها استفاده می شد. در سال ۱۹۹۶ چندین شرکت آمریکایی به تولید گرانول از چوب و پلاستیک پرداختند و از آن پس هر روز، بر تعداد شرکت های تولید کننده چوب-پلاستیک افزوده شد [2] تا اینکه امروزه بیشترین میزان مصرف این کامپوزیت ها در صنایع اتومبیل و مصارف ساختمانی می باشد. در شکل ۱-۲ سهم استفاده از صنایع مختلف از این کامپوزیت نشان داده شده است.

---

<sup>1</sup> Maleic Anhydride

<sup>2</sup> Thermoset

<sup>3</sup> Bakelite

<sup>4</sup> phenol-formaldehyde



شکل ۱-۲. توزیع استفاده از کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک در صنایع مختلف در سال ۲۰۰۲ [3]

مزایا و معایب کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک نسبت به چوب و پلاستیک را می‌توان به دو دسته مشخصات فیزیکی و مکانیکی تقسیم‌بندی نمود. از جمله مزایای فیزیکی این محصول نسبت به چوب، می‌توان به مقاومت در برابر جذب رطوبت و پایداری ابعادی بالاتر، مقاومت در مقابل حشرات، مقاومت به پوسیدگی بالاتر، عمر بیشتر، هزینه نگهداری پایین‌تر و مقاومت بیشتر در برابر آتش اشاره کرد. اگرچه ممکن است خواصی همچون سطح ظاهری نه چندان مطلوب، انبساط حرارتی بالاتر نسبت به چوب و پایین‌تر نسبت به پلاستیک و چگالی بالاتر نسبت به پلاستیک‌ها، استفاده از آن را در مواردی محدود سازد. سفتی و مقاومت خزشی بیشتر نسبت به پلاستیک‌ها، قابلیت شکل‌پذیری بیشتر، عدم نیاز به عملیات پرداخت کاری، نصب و اتصال راحت‌تر در مقایسه با محصولات چوبی را می‌توان از جمله مزایای مکانیکی این کامپوزیت‌ها دانست. حال آنکه استحکام نهایی پایین‌تر نسبت به چوب و استحکام به ضربه پایین‌تر نسبت به پلاستیک خالص از جمله معایب این نوع از کامپوزیت‌ها محسوب می‌شود.

در زمینه آسیب در کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک تحقیقات بسیار اندکی صورت گرفته است. از جمله این تحقیقات می‌توان به تعیین استحکام و چقرمگی شکست در بارگذاری ضربه‌ای اشاره کرد [4]. شناخت مکانیزم‌های شکست این کامپوزیت‌ها تحت بارگذاری کششی و تحلیل میکرومکانیکی آسیب بوجود آمده، از جمله اهدافی است که تاکنون بررسی نگردیده است.

به منظور بررسی رفتار و نوع مکانیزم شکست کامپوزیت چوب پلاستیک تحت تأثیر دماهای مختلف، در ابتدای این تحقیق، آزمایش های تجربی گسترده ای صورت پذیرفت. بنابر نتایج بدست آمده، جدایش سطح مشترک ذره چوب از ماتریس پلیمری به عنوان مکانیزم شکست غالب در کامپوزیت های چوب پلاستیک بدون حضور عامل جفت کننده تحت آزمون کشش در دمای محیط شناخته شد.

هدف اصلی این رساله، پیش بینی موقعیت شروع آسیب و مسیر رشد آن از دیدگاه میکرومکانیکی در کامپوزیت های چوب پلاستیک بدون حضور عامل جفت کننده در دمای محیط می باشد. بر این اساس و به منظور تحلیل میکرومکانیکی آسیب، شناسایی خواص سطح مشترک ذره چوب و ماتریس پلیمری مورد توجه قرار گرفت. خواص سطح مشترک در موده های مختلف، با توجه به شکل نامنظم ذرات چوب و خاصیت ایزوتروپیک عرضی بودن آنها، می بایست به صورت تابعی از راستای الیاف تعیین می گردید. این امر در ابتدا برای دو فاز مجزای چوب و پلاستیک تزریق شده در کنار یکدیگر، انجام شد. بدین ترتیب، خواص چسبندگی بین دو ماده با استفاده از روش معکوس از طریق بهینه سازی نتایج شبیه سازی المان محدود و نتایج تجربی بدست آمد. سپس پارامترهای بدست آمده برای سطح مشترک ذره با شکل نامنظم و ماتریس پلیمری استفاده گردید و در نهایت نتایج شبیه سازی و تجربی شکست کامپوزیت چوب پلاستیک مقایسه شد.

از جمله نوآوری های رساله، می توان به تحلیل میکرومکانیکی آسیب در کامپوزیت های چوب پلاستیک تحت آزمون کشش در دمای محیط اشاره کرد. در نظر گرفتن ذره چوب با شکل نامنظم و در نتیجه آن وجود مود های مختلط شکست در سطح مشترک چوب-پلاستیک، از جمله دیگر نوآوری های این رساله به شمار می آید. همچنین چوب با خواص متفاوت در دو راستای موازی و عمود بر الیاف سازنده آن، دارای خواص متمایزی در سطح مشترک خود با ماتریس پلیمری می باشد که تعیین پارامترهای ناحیه چسبنده تحت تأثیر راستای الیاف، نیز به عنوان نوآوری رساله حاضر مطرح است.

رساله حاضر شامل پنج فصل می باشد که در فصل اول به مقدمه و طرح اهداف و ساختار رساله پرداخته شده است. در فصل دوم مبانی تئوری و پیشینه پژوهش زمینه های بکارگرفته شده، بیان شده