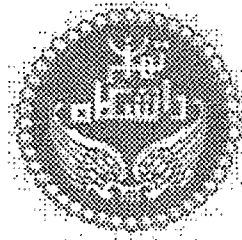


به نام خداوند بخشنده مهربان

۵۸۵۵.

شماره ۷  
تذکره دانشجو



دانشگاه تهران

دانشکده منابع طبیعی

بررسی خواص مهندسی و ویسکوالاستیک مواد مرکب حاصل از پلی‌مرهای  
گرمانرم و الیاف طبیعی با استفاده از تحلیل دینامیکی - مکانیکی (DMA)

نگارش: مهدی تجویدی

استادان راهنما: دکتر قنبر ابراهیمی      دکتر علی اکبر عنایتی

استادان مشاور: دکتر رابرت اچ فالک      دکتر مهدی بهزاد

رساله برای دریافت درجه دکتری      ۱۳۸۲ / ۷ / ۲۰

در

مهندسی منابع طبیعی  
علوم و صنایع چوب و کاغذ

تیرماه ۱۳۸۲



«صورتجلسه»

جلسه دفاع از رساله دکترای آقای مهدی تجویدی  
دانشجوی رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ به شماره دانشجویی ۷۲۰۴۷۷۰۳۵

تحت عنوان:

«بررسی خواص مهندسی و ویسکوالاستیک مواد مرکب حاصل از پلیمرهای گرمانرم و  
الیاف طبیعی با استفاده از تکنیک DMA (Dynamic Mechanical Analysis)»

در ساعت ۱۰ صبح روز دوشنبه مورخ ۱۶/۴/۸۲ در سالن اجتماعات شهید مطهری  
برگزار گردید و بانمره ۱۹,۷۵ درجه عالی مورد قبول واقع شد.

مدیر گروه: آقای دکتر کاظم دوست حسینی

استادان راهنما:

آقای دکتر قنبر ابراهیمی

آقای دکتر علی اکبر عنایتی

استادان مشاور:

۱- آقای دکتر مهدی بهزاد

۲- آقای دکتر Robert H. Falk

استادان داور: آقای دکتر مهدی فائزی پور

آقای دکتر احمد جهان لتیاری

آقای دکتر حسین محمدی شجاع

آقای دکتر حسن رحیمی

تقدیم به همسر عزیزم، پری‌ناز

در این مطالعه، خواص مهندسی و ویسکوالاستیک مواد مرکب حاصل از پلی‌مرهای گرمانرم و الیاف طبیعی با استفاده از تحلیل دینامیکی-مکانیکی (DMA) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. از پلی‌پروپیلن و پلی‌اتیلن سنگین به‌عنوان ماده زمینه و الیاف کتف، آرد چوب، سبوس برنج و الیاف روزنامه به‌عنوان تقویت‌کننده در درصد‌های وزنی ۲۵ و ۵۰٪ استفاده گردید. از مواد مرکب حاصل با استفاده از قالبگیری تزریقی نمونه‌های استاندارد ASTM ساخته شده و آزمون‌های استاتیکی شامل آزمون کشش، خمش و ضربه بر روی نمونه‌ها انجام شدند. آزمون‌های دینامیکی شامل اسکن دما و اسکن فرکانس بر روی نمونه‌های DMA انجام و پارامترهای ویسکوالاستیک حاصل برحسب دما یا فرکانس ثبت گردیدند. آزمون‌های خزش-بازگشت کوتاه مدت نیز در دماهای مختلف بر روی نمونه‌ها انجام شده و از یک معادله تابع توانی برای مدل‌سازی نتایج و بررسی اثر دما استفاده گردید. به‌منظور آزمون کارایی روش رویهم‌گذاری زمان-دما در مورد این مواد مرکب، امکان انجام جابجایی افقی و عمودی منحنی‌های همدما حاصل از اسکن فرکانس و به‌دست آوردن منحنی مرجع در زمان‌های طولانی‌تر (فرکانس‌های کمتر) بررسی گردید و نتایج با منحنی مرجع حاصل از آزمون‌های خزش کوتاه‌مدت و مدل تابع توانی مقایسه گردیدند. آزمون‌های استاتیکی نشان دادند که مدول الاستیسیته و مقاومت‌های کششی و خمشی با افزایش درصد الیاف افزایش یافتند. نتایج آزمون‌های دینامیکی حاکی از افزایش مدول‌های ذخیره و اتلاف و کاهش فاکتور اتلاف مکانیکی در حضور الیاف طبیعی بودند و تاثیر الیاف بر انتقال آلفا شدیدتر از انتقال بتا بود. استفاده از معادله تابع توانی برای مدل‌سازی رفتار خزشی کارایی بهتری نسبت به روش رویهم‌گذاری زمان-دما نشان داد.

واژه‌های کلیدی: مواد مرکب، گرمانرم‌ها، الیاف طبیعی، خواص ویسکوالاستیک، تحلیل دینامیکی-

مکانیکی، خزش-بازگشت، معادله تابع توانی، رویهم‌گذاری زمان-دما

## سپاسگزاری

برخود لازم می‌دانم از کلیه دوستان، سروران و عزیزانی که در کلیه مراحل انجام این رساله یاریم کردند صمیمانه تشکر کنم:

✓ آقایان دکتر قنبر ابراهیمی و دکتر علی‌اکبر عنایتی استادان راهنمای رساله  
✓ آقای دکتر Robert H. Falk استاد مشاور رساله که لطف و محبت پدرانه‌اش را همواره به یاد خواهم داشت و بی‌شک انجام این مهم بدون یاریش میسر نبود  
✓ آقای دکتر مهدی بهزاد استاد مشاور رساله  
✓ آقایان دکتر مهدی فائزی‌پور، دکتر احمد جهان‌لتیاری، دکتر حسن رحیمی و دکتر حسین محمدی شجاع داوران رساله

✓ Colin Felton مدیر فنی شرکت تیل گلوبال ریسورسز، بریو، ویسکانسین، ایالات

متحده

✓ آقای دکتر John C. Hermanson که در طول انجام رساله از نظراتش بهره‌ها

بردم

✓ آقای دکتر Craig Clemons که بدون کوچکترین چشمداشتی ساعت‌ها وقت

خود را در اختیارم گذاشت

✓ آقای دکتر Anand Sanadi

✓ Chris Hunt که هرچه از DMA می‌دانم از اوست

✓ کلیه اعضای محترم گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه

تهران

✓ کلیه پرسنل و محققین آزمایشگاه محصولات جنگلی ایالات متحده

✓ اداره بورس و امور دانشجویان خارج وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

✓ خانواده خود و خانواده همسر

✓ و همسر عزیزم سرکار خانم مهندس پری‌ناز رحیم‌زاده که جز توانایی جبران

محبت‌هایش آرزویی ندارم

## فهرست مطالب

۱۷	۱- مقدمه	۱۷
۱۸	۱-۱- پیشینه تئوری	۱۸
۱۸	۱-۱-۱- گرمانرم ها	۱۸
۱۹	۲-۱-۱- انتقال ها در پلی مرها	۱۹
۲۰	۳-۱-۱- دمای انتقال شیشه ای ( $T_g$ یا $T_a$ )	۲۰
۲۱	۴-۱-۱- شاخص جریان مذاب (MFI)	۲۱
۲۱	۵-۱-۱- خواص مکانیکی پلاستیک ها	۲۱
۲۱	۶-۱-۱- ویسکوالاستیسیته	۲۱
۲۳	۷-۱-۱- خزش - بازگشت و اوقت تنش	۲۳
۲۳	۸-۱-۱- آزمایش خزش - بازگشت	۲۳
۲۴	۹-۱-۱- مدل های توصیف کننده رفتار ویسکوالاستیک خطی	۲۴
۲۴	۱-۹-۱-۱- مدل ماکسول	۲۴
۲۵	۲-۹-۱-۱- مدل کلون یا و آت	۲۵
۲۶	۳-۹-۱-۱- مدل چهار عنصری	۲۶
۲۷	۱۰-۱-۱- اصول رویهم گذاری	۲۷
۲۸	۱-۱۰-۱-۱- اصل رویهم گذاری بولتزمن	۲۸
۲۸	۲-۱۰-۱-۱- اصل رویهم گذاری زمان - دما	۲۸
۳۲	۱۱-۱-۱- تحلیل دینامیکی - مکانیکی (DMA)	۳۲
۳۳	۱-۱۱-۱-۱- اعمال تنش دینامیکی به نمونه	۳۳
۳۵	۲-۱۱-۱-۱- محاسبه خواص دینامیکی مختلف	۳۵
۳۶	۱۲-۱-۱- مواد مرکب	۳۶
۳۷	۱-۱۲-۱-۱- خواص	۳۷
۳۸	۲-۱۲-۱-۱- طبقه بندی	۳۸
۳۹	۳-۱۲-۱-۱- مواد مرکب الیاف کوتاه	۳۹
۳۹	۱۳-۱-۱- روشهای فراورش پلاستیک ها	۳۹
۴۱	۲-۱-۲-۱- مرور منابع	۴۱
۴۱	۱-۲-۱- تحلیل دینامیکی - مکانیکی	۴۱
۴۱	۱-۱-۲-۱- اثر مقدار الیاف	۴۱
۴۳	۲-۱-۲-۱- اثر توجیه الیاف	۴۳
۴۴	۳-۱-۲-۱- اثر طول الیاف	۴۴
۴۴	۴-۱-۲-۱- اثر سازگار کننده	۴۴
۴۵	۵-۱-۲-۱- انتقال ها در پلی مر	۴۵

۴۸	..... رفتار خزشی	۲-۲-۱
۴۸	..... تأثیر خواص ماده و دما بر خزش	۱-۲-۲-۱
۴۹	..... مدل سازی خزش	۲-۲-۲-۱
۵۰	..... رویهم گذاری دما - زمان	۳-۲-۱
۵۶	..... مواد و روش ها	۲
۵۶	..... مواد	۱-۲
۵۶	..... روشها	۲-۲
۵۶	..... ساخت مواد مرکب	۱-۲-۲
۵۷	..... فرایند اختلاط	۲-۲-۲
۵۷	..... تهیه نمونه ها برای آزمون های استاتیکی	۳-۲-۲
۵۸	..... مشروط سازی	۴-۲-۲
۵۸	..... آزمون کشش	۵-۲-۲
۶۰	..... خمش سه نقطه ای	۶-۲-۲
۶۰	..... آزمون ضربه	۷-۲-۲
۶۲	..... آماده سازی نمونه های DMA	۸-۲-۲
۶۲	..... تحلیل گر DMA	۹-۲-۲
۶۳	..... اسکن دما	۱۰-۲-۲
۶۵	..... اسکن فرکانس و رویهم گذاری زمان - دما	۱۱-۲-۲
۶۵	..... آزمایش های خزش - بازگشت	۱۲-۲-۲
۶۶	..... تحلیل آماری	۱۳-۲-۲
۶۸	..... نتایج و بحث	۳
۶۸	..... آزمون های کششی	۱-۲
۶۸	..... اثر مقدار و نوع الیاف	۱-۱-۳
۷۹	..... اثر سازگار کننده	۲-۱-۳
۸۴	..... آزمون های خمشی	۲-۲
۸۴	..... اثر مقدار و نوع الیاف	۱-۲-۳
۹۳	..... اثر سازگار کننده	۲-۲-۳
۹۷	..... آزمون ضربه	۳-۲
۹۷	..... اثر مقدار و نوع الیاف	۱-۳-۳
۱۰۲	..... اثر سازگار کننده	۲-۳-۳
۱۰۵	..... اسکن دما	۴-۲
۱۰۵	..... اثر نوع و مقدار الیاف	۱-۴-۳
۱۰۶	..... اثر سازگار کننده	۲-۴-۳



۱۴۱.....	۳-۴-۳- شاخص ماندگاری مدول
۱۵۱.....	۳-۵-۵- اسکن فرکانس
۱۵۱.....	۳-۵-۱- اثر مقدار و نوع الیاف
۱۶۴.....	۳-۵-۲- اثر سازگارکننده
۱۶۸.....	۳-۶-۶- آزمون های خزشی
۱۶۸.....	۳-۶-۱- رفتار خزش -بازگشت
۱۷۳.....	۳-۶-۲- مدل سازی خزش
۱۸۵.....	۳-۷- رویهم گذاری زمان -دما
۱۹۴.....	۴- نتیجه گیری
۱۹۴.....	۴-۱- آزمون های کششی
۱۹۵.....	۴-۲- آزمونهای خمشی
۱۹۵.....	۴-۳- آزمون ضربه
۱۹۶.....	۴-۴- اسکن دما
۱۹۷.....	۴-۵- اسکن فرکانس
۱۹۸.....	۴-۶- رفتار خزش - بازگشت
۱۹۸.....	۴-۷- مدل سازی خزش
۱۹۸.....	۴-۸- رویهم گذاری زمان -دما
۲۰۰.....	منابع مورد استفاده

## فهرست جداول

- جدول ۱ اجزای تشکیل دهنده ترکیبات مختلف (%wt) ..... ۵۷
- جدول ۲ شرایط تزریق ..... ۵۹
- جدول ۳ خصوصیات عمده تحلیلگر DMA ..... ۶۳
- جدول ۴ مقادیر متوسط ازدیاد طول تحت بار حداکثر برای مواد مرکب PP ..... ۶۸
- جدول ۵ مقادیر متوسط انرژی تحت بار حداکثر برای مواد مرکب PP ..... ۷۰
- جدول ۶ مقادیر متوسط مدول الاستیسیته برای مواد مرکب PP ..... ۷۲
- جدول ۷ مقادیر متوسط مقاومت کششی تحت بار حداکثر برای مواد مرکب PP ..... ۷۳
- جدول ۸ مقادیر متوسط ازدیاد طول تحت بار حداکثر برای مواد مرکب HDPE ..... ۷۴
- جدول ۹ مقادیر متوسط انرژی تحت بار حداکثر برای مواد مرکب HDPE ..... ۷۶
- جدول ۱۰ مقادیر متوسط مدول الاستیسیته برای مواد مرکب HDPE ..... ۷۷
- جدول ۱۱ مقادیر متوسط مقاومت کششی تحت بار حداکثر برای مواد مرکب HDPE ..... ۷۸
- جدول ۱۲ مقادیر متوسط انرژی تحت بار حداکثر برای مواد مرکب PP ..... ۸۵
- جدول ۱۳ مقادیر متوسط مدول الاستیسیته خمشی برای مواد مرکب PP ..... ۸۷
- جدول ۱۴ مقادیر متوسط مقاومت خمشی تحت بار حداکثر برای مواد مرکب PP ..... ۸۸
- جدول ۱۵ مقادیر متوسط انرژی تحت بار حداکثر در خمش برای مواد مرکب HDPE ..... ۸۹
- جدول ۱۶ مقادیر متوسط مدول الاستیسیته خمشی برای مواد مرکب HDPE ..... ۹۱
- جدول ۱۷ مقادیر متوسط مقاومت خمشی تحت بار حداکثر در برای مواد مرکب HDPE ..... ۹۲
- جدول ۱۸ مقادیر متوسط مقاومت به ضربه ایزود فاقدار برای مواد مرکب PP ..... ۹۷
- جدول ۱۹ مقادیر متوسط مقاومت به ضربه ایزود بدون فاق برای مواد مرکب PP ..... ۹۹
- جدول ۲۰ مقادیر متوسط مقاومت به ضربه ایزود فاقدار برای مواد مرکب HDPE ..... ۱۰۰
- جدول ۲۱ مقادیر متوسط مقاومت به ضربه ایزود بدون فاق برای مواد مرکب HDPE ..... ۱۰۱
- جدول ۲۲ پارامترهای مدل تابع توانی برای مواد مرکب PP ..... ۱۷۴
- جدول ۲۳ پارامترهای مدل تابع توانی برای مواد مرکب HDPE ..... ۱۷۵

## فهرست شکل‌ها

۲۴	شکل ۱ مدل ماکسول
۲۵	شکل ۲ مدل کلونین یا وآت
۲۷	شکل ۳ مدل چهار عنصری
۲۸	شکل ۴ طبقه بندی مواد مرکب
۵۸	شکل ۵ دستگاه تزریق
۵۹	شکل ۶ نمونه های ASTM قالبگیری شده
۶۰	شکل ۷ ماشین آزمایش کشش اینسترون با سیستم جمع آوری اطلاعات
۶۱	شکل ۸ کرنش سنج نصب شده بر روی نمونه کششی
۶۱	شکل ۹ ماشین آزمایش خمش اینسترون
۶۲	شکل ۱۰ ماشین آزمایش ضربه
۶۳	شکل ۱۱ ماشین فرز عمودی بریج پورت
۶۴	شکل ۱۲ نمونه های DMA
۶۴	شکل ۱۳ تحلیلگر DMA
۶۵	شکل ۱۴ تیر دو سر گیردار
۶۶	شکل ۱۵ اثر الیاف مختلف بر ازدیاد طول تحت بارحداکثر مواد مرکب PP
۶۹	شکل ۱۶ منحنی نمونه تنش- کرنش کششی برای PP خالص و ماده مرکب PP-WF-۲۵
۷۱	شکل ۱۷ اثر الیاف مختلف بر انرژی تحت بارحداکثر مواد مرکب PP
۷۲	شکل ۱۸ اثر الیاف مختلف بر مدول الاستیسیته مواد مرکب PP
۷۳	شکل ۱۹ اثر الیاف مختلف بر مقاومت کششی تحت بارحداکثر مواد مرکب PP
۷۵	شکل ۲۰ اثر الیاف مختلف بر ازدیاد طول تحت بارحداکثر مواد مرکب HDPE
۷۵	شکل ۲۱ منحنی نمونه تنش- کرنش کششی برای HDPE خالص و ماده مرکب PE-WF-۲۵
۷۶	شکل ۲۲ اثر الیاف مختلف بر انرژی تحت بارحداکثر مواد مرکب HDPE
۷۷	شکل ۲۳ اثر الیاف مختلف بر مدول الاستیسیته مواد مرکب HDPE
۷۹	شکل ۲۴ اثر الیاف مختلف بر مقاومت کششی تحت بارحداکثر مواد مرکب HDPE
۸۰	شکل ۲۵ اثر سازگارکننده بر ازدیاد طول تحت بارحداکثر مواد مرکب PP/ آرد چوب
۸۰	شکل ۲۶ اثر سازگارکننده بر انرژی تحت بارحداکثر مواد مرکب PP/ آرد چوب
۸۱	شکل ۲۷ اثر سازگارکننده بر مدول الاستیسیته مواد مرکب PP/ آرد چوب
۸۱	شکل ۲۸ اثر سازگارکننده بر مقاومت کششی تحت بارحداکثر مواد مرکب PP/ آرد چوب
۸۲	شکل ۲۹ اثر سازگارکننده بر ازدیاد طول تحت بارحداکثر مواد مرکب HDPE / آرد چوب
۸۳	شکل ۳۰ اثر سازگارکننده بر انرژی تحت بارحداکثر مواد مرکب HDPE / آرد چوب
۸۳	شکل ۳۱ اثر سازگارکننده بر مدول الاستیسیته مواد مرکب HDPE / آرد چوب
۸۴	شکل ۳۲ اثر سازگارکننده بر مقاومت کششی تحت بارحداکثر مواد مرکب HDPE / آرد چوب
۸۵	شکل ۳۳ اثر الیاف مختلف بر انرژی تحت بارحداکثر مواد مرکب PP در خمش
۸۶	شکل ۳۴ منحنی نمونه تنش- کرنش خمشی برای PP خالص و ماده مرکب PP-WF-۲۵
۸۷	شکل ۳۵ اثر الیاف مختلف بر مدول الاستیسیته خمشی مواد مرکب PP
۸۸	شکل ۳۶ اثر الیاف مختلف بر مقاومت خمشی تحت بارحداکثر مواد مرکب PP
۹۰	شکل ۳۷ اثر الیاف مختلف بر انرژی تحت بارحداکثر مواد مرکب HDPE در خمش
۹۰	شکل ۳۸ منحنی نمونه تنش- کرنش خمشی برای HDPE خالص و ماده مرکب PE-WF-۲۵

- شکل ۳۹ اثر الیاف مختلف بر مدول الاستیسیته خمشی مواد مرکب HDPE ..... ۹۱
- شکل ۴۰ الیاف مختلف بر مقاومت خمشی مواد مرکب HDPE ..... ۹۲
- شکل ۴۱ اثر سازگارکننده بر انرژی تحت بارحداکثر مواد مرکب / PP آرد چوب در خمش ..... ۹۳
- شکل ۴۲ اثر سازگارکننده بر مدول الاستیسیته خمشی مواد مرکب / PP آرد چوب ..... ۹۴
- شکل ۴۳ اثر سازگارکننده بر مقاومت خمشی مواد مرکب / PP آرد چوب ..... ۹۴
- شکل ۴۴ اثر سازگارکننده بر انرژی تحت بارحداکثر مواد مرکب / HDPE آرد چوب در خمش ..... ۹۵
- شکل ۴۵ اثر سازگارکننده بر مدول الاستیسیته خمشی مواد مرکب / HDPE آرد چوب ..... ۹۶
- شکل ۴۶ اثر سازگارکننده بر مقاومت خمشی در حداکثر بار مواد مرکب / HDPE آرد چوب ..... ۹۶
- شکل ۴۷ اثر الیاف مختلف بر مقاومت به ضربه ایزود فاقدار مواد مرکب PP ..... ۹۸
- شکل ۴۸ اثر الیاف مختلف بر مقاومت به ضربه ایزود بدون فاق مواد مرکب PP ..... ۹۹
- شکل ۴۹ اثر الیاف مختلف بر مقاومت به ضربه ایزود فاقدار مواد مرکب HDPE ..... ۱۰۱
- شکل ۵۰ اثر الیاف مختلف بر مقاومت به ضربه ایزود بدون فاق مواد مرکب HDPE ..... ۱۰۲
- شکل ۵۱ اثر سازگارکننده بر مقاومت به ضربه ایزود فاقدار مواد مرکب / PP آرد چوب ..... ۱۰۳
- شکل ۵۲ اثر سازگارکننده بر مقاومت به ضربه ایزود بدون فاق مواد مرکب / PP آرد چوب ..... ۱۰۴
- شکل ۵۳ اثر سازگارکننده بر مقاومت به ضربه ایزود فاقدار مواد مرکب / HDPE آرد چوب ..... ۱۰۴
- شکل ۵۴ اثر سازگارکننده بر مقاومت به ضربه ایزود بدون فاق مواد مرکب / HDPE آرد چوب ..... ۱۰۵
- شکل ۵۵ طیف مدول ذخیره مواد مرکب PP و ۲۵٪ الیاف طبیعی ..... ۱۰۶
- شکل ۵۶ طیف مدول اتلاف مواد مرکب PP و ۲۵٪ الیاف طبیعی ..... ۱۰۷
- شکل ۵۷ طیف فاکتور اتلاف مکانیکی مواد مرکب PP و ۲۵٪ الیاف طبیعی ..... ۱۰۸
- شکل ۵۸ طیف مدول ذخیره مواد مرکب PP و ۵۰٪ الیاف طبیعی ..... ۱۰۹
- شکل ۵۹ طیف مدول اتلاف مواد مرکب PP و ۵۰٪ الیاف طبیعی ..... ۱۰۹
- شکل ۶۰ طیف فاکتور اتلاف مکانیکی مواد مرکب PP و ۵۰٪ الیاف طبیعی ..... ۱۱۰
- شکل ۶۱ اثر الیاف کف بر مدول ذخیره PP ..... ۱۱۱
- شکل ۶۲ اثر الیاف کف بر مدول اتلاف PP ..... ۱۱۱
- شکل ۶۳ اثر الیاف کف بر  $\tan \delta$  PP ..... ۱۱۲
- شکل ۶۴ اثر الیاف روزنامه بر مدول ذخیره PP ..... ۱۱۳
- شکل ۶۵ اثر الیاف روزنامه بر مدول اتلاف PP ..... ۱۱۳
- شکل ۶۶ اثر الیاف روزنامه بر  $\tan \delta$  PP ..... ۱۱۴
- شکل ۶۷ اثر سبوس برنج بر مدول ذخیره PP ..... ۱۱۵
- شکل ۶۸ اثر سبوس برنج بر مدول اتلاف PP ..... ۱۱۵
- شکل ۶۹ اثر سبوس برنج بر  $\tan \delta$  PP ..... ۱۱۶
- شکل ۷۰ اثر آرد چوب بر مدول ذخیره PP ..... ۱۱۷
- شکل ۷۱ اثر آرد چوب بر مدول اتلاف PP ..... ۱۱۸
- شکل ۷۲ اثر آرد چوب بر  $\tan \delta$  PP ..... ۱۱۸
- شکل ۷۳ طیف مدول ذخیره مواد مرکب HDPE و ۲۵٪ الیاف طبیعی ..... ۱۲۳
- شکل ۷۴ طیف مدول اتلاف مواد مرکب HDPE و ۲۵٪ الیاف طبیعی ..... ۱۲۳
- شکل ۷۵ طیف فاکتور اتلاف مکانیکی مواد مرکب HDPE و ۲۵٪ الیاف طبیعی ..... ۱۲۴
- شکل ۷۶ طیف مدول ذخیره مواد مرکب HDPE و ۵۰٪ الیاف طبیعی ..... ۱۲۵
- شکل ۷۷ طیف مدول اتلاف مواد مرکب HDPE و ۵۰٪ الیاف طبیعی ..... ۱۲۵
- شکل ۷۸ طیف فاکتور اتلاف مکانیکی مواد مرکب HDPE و ۵۰٪ الیاف طبیعی ..... ۱۲۶

- شکل ۷۹ اثر الیاف کنف بر مدول ذخیره HDPE ..... ۱۲۷
- شکل ۸۰ اثر الیاف کنف بر مدول اتلاف HDPE ..... ۱۲۸
- شکل ۸۱ اثر الیاف کنف بر فاکتور اتلاف مکانیکی HDPE ..... ۱۲۸
- شکل ۸۲ اثر الیاف روزنامه بر مدول ذخیره HDPE ..... ۱۲۹
- شکل ۸۳ اثر الیاف روزنامه بر مدول اتلاف HDPE ..... ۱۳۰
- شکل ۸۴ اثر الیاف روزنامه بر فاکتور اتلاف مکانیکی HDPE ..... ۱۳۱
- شکل ۸۵ اثر سبوس برنج بر مدول ذخیره HDPE ..... ۱۳۱
- شکل ۸۶ اثر سبوس برنج بر مدول اتلاف HDPE ..... ۱۳۲
- شکل ۸۷ اثر سبوس برنج بر فاکتور اتلاف مکانیکی HDPE ..... ۱۳۲
- شکل ۸۸ اثر آرد چوب بر مدول ذخیره HDPE ..... ۱۳۳
- شکل ۸۹ اثر آرد چوب بر مدول اتلاف HDPE ..... ۱۳۴
- شکل ۹۰ اثر آرد چوب بر فاکتور اتلاف مکانیکی HDPE ..... ۱۳۴
- شکل ۹۱ اثر سازگارکننده بر مدول ذخیره مواد مرکب / PP آرد چوب ..... ۱۳۷
- شکل ۹۲ اثر سازگارکننده بر مدول اتلاف مواد مرکب / PP آرد چوب ..... ۱۳۷
- شکل ۹۳ اثر سازگارکننده بر فاکتور اتلاف مکانیکی مواد مرکب / PP آرد چوب ..... ۱۳۸
- شکل ۹۴ اثر سازگارکننده بر مدول ذخیره مواد مرکب / HDPE آرد چوب ..... ۱۳۹
- شکل ۹۵ اثر سازگارکننده بر مدول اتلاف مواد مرکب / HDPE آرد چوب ..... ۱۴۰
- شکل ۹۶ اثر سازگارکننده بر فاکتور اتلاف مکانیکی مواد مرکب / HDPE آرد چوب ..... ۱۴۰
- شکل ۹۷ اثر الیاف مختلف بر شاخص ماندگاری مدول مواد مرکب PP و ۲۵٪ الیاف طبیعی ..... ۱۴۲
- شکل ۹۸ اثر الیاف مختلف بر شاخص ماندگاری مدول مواد مرکب PP و ۵۰٪ الیاف طبیعی ..... ۱۴۲
- شکل ۹۹ اثر الیاف کنف بر شاخص ماندگاری مدول PP ..... ۱۴۳
- شکل ۱۰۰ اثر الیاف روزنامه بر شاخص ماندگاری مدول PP ..... ۱۴۴
- شکل ۱۰۱ اثر سبوس برنج بر شاخص ماندگاری مدول PP ..... ۱۴۴
- شکل ۱۰۲ اثر آرد چوب بر شاخص ماندگاری مدول PP ..... ۱۴۵
- شکل ۱۰۳ اثر سازگارکننده بر شاخص ماندگاری مدول مواد مرکب / PP آرد چوب ..... ۱۴۶
- شکل ۱۰۴ اثر الیاف مختلف بر شاخص ماندگاری مدول مواد مرکب HDPE و ۲۵٪ الیاف طبیعی ..... ۱۴۶
- شکل ۱۰۵ اثر الیاف مختلف بر شاخص ماندگاری مدول مواد مرکب HDPE و ۵۰٪ الیاف طبیعی ..... ۱۴۷
- شکل ۱۰۶ اثر الیاف کنف بر شاخص ماندگاری مدول HDPE ..... ۱۴۸
- شکل ۱۰۷ اثر الیاف روزنامه بر شاخص ماندگاری مدول HDPE ..... ۱۴۸
- شکل ۱۰۸ اثر سبوس برنج بر شاخص ماندگاری مدول HDPE ..... ۱۴۹
- شکل ۱۰۹ اثر آرد چوب بر شاخص ماندگاری مدول HDPE ..... ۱۵۰
- شکل ۱۱۰ اثر سازگارکننده بر شاخص ماندگاری مدول مواد مرکب / HDPE آرد چوب ..... ۱۵۰
- شکل ۱۱۱ مدول ذخیره مواد مرکب PP و ۲۵٪ الیاف طبیعی به عنوان تابعی از فرکانس ..... ۱۵۱
- شکل ۱۱۲ مدول ذخیره مواد مرکب PP و ۵۰٪ الیاف طبیعی به عنوان تابعی از فرکانس ..... ۱۵۲
- شکل ۱۱۳ مدول اتلاف مواد مرکب پیو و ۲۵٪ الیاف طبیعی به عنوان تابعی از فرکانس ..... ۱۵۳
- شکل ۱۱۴ مدول اتلاف مواد مرکب PP و ۵۰٪ الیاف طبیعی به عنوان تابعی از فرکانس ..... ۱۵۳
- شکل ۱۱۵  $\tan \delta$  مواد مرکب PP و ۲۵٪ الیاف طبیعی به عنوان تابعی از فرکانس ..... ۱۵۴
- شکل ۱۱۶  $\tan \delta$  مواد مرکب PP و ۵۰٪ الیاف طبیعی به عنوان تابعی از فرکانس ..... ۱۵۵
- شکل ۱۱۷ اثر الیاف کنف بر وابستگی مدول ذخیره مواد مرکب PP به فرکانس ..... ۱۵۶
- شکل ۱۱۸ اثر الیاف کنف بر وابستگی مدول اتلاف مواد مرکب PP به فرکانس ..... ۱۵۶



شکل ۱۵۹ منحنی های کرنش خزشی رویهم گذاری شده با استفاده از فاکتورهای جابجایی افقی و عمودی حاصل از اسکن

فرکانس..... ۱۸۹

شکل ۱۶۰ مقایسه برون یابی معادله تابع توانی با داده های واقعی خزش..... ۱۹۰

شکل ۱۶۱ مقایسه منحنی مرجع TTS با داده های واقعی خزش..... ۱۹۰

شکل ۱۶۲ مقایسه منحنی مرجع خزش با داده های واقعی خزش..... ۱۹۲

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران  
تهیه مدارک