دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد "M.Sc"

مهندسی شیمی نساجی و علوم الیاف

عنوان:

ساخت پانل مقاوم در برابر ضربه از الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا

استاد راهنما:

استاد مشاور:

نگارش:

فهرست مطالب

عنوان مطلب | شماره صفحه

چکیده.....ز

مقدمه.....س

فصل اول : کلیات

۱-۱.هدف.....۲

۱-۲.پیشینه تحقیق.....۳

۱-۳.روش کار و تحقیق.....۳

فصل دوم : مروری بر ادبیات موضوع

۲-۱.مقدمه.....۶

۲-۲.الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا (HPPE).....۸

۲-۳.کامپوزیت های پلیمری.....۱۴

۲-۳-۱.کامپوزیت های لایه ای.....۱۹

۲-۳-۱-۱.چند لایه های متقارن.....۱۹

۲-۳-۱-۲.چند لایه های غیر متقارن.....۱۹

۲-۳-۱-۳.چند لایه های متعامد.....۲۰

۲-۳-۱-۴.چند لایه های ضربدری.....۲۰

۲-۳-۱-۵.چند لایه های بالانس.....۲۰

۲-۳-۱-۶.چند لایه های هیبرید.....۲۰

۲-۴.اعمال ضربه بر کامپوزیت.....۲۱

۲-۴-۱.ضربه با سرعت کم.....۲۱

۲-۴-۲.ضربه پرتابی یا ضربه با سرعت بالا.....۲۲

۲-۵.رفتار مکانیکی مواد کامپوزیت.....۲۲

۲-۵-۱.رفتار مکانیکی یک لایه در مقیاس میکرو..... ۲۳
۲-۵-۱-۱.تعیین E_1..... ۲۴
۲-۵-۱-۲.تعیین E_2..... ۲۷
۲-۵-۱-۳.تعیین V_{12}..... ۲۸
۲-۵-۱-۴.تعیین G_{12}..... ۲۹
۲-۶.مکانیک نفوذ..... ۳۱
۲-۷.آشنایی با استانداردها و تعاریف بالستیک..... ۳۳
۲-۷-۱.بالیستیک..... ۳۳
۲-۷-۲.پرتابه..... ۳۴
۲-۷-۳.نفوذ کننده..... ۳۴
۲-۷-۴.حد بالستیک..... ۳۴
۲-۷-۵.سرعت V_{50}..... ۳۴
۲-۷-۶.زره..... ۳۵
۲-۷-۷.صفحهٔ شاهد..... ۳۵
۲-۷-۸.ماده پشتیبان..... ۳۵
۲-۷-۹.تروما..... ۳۵
۲-۷-۱۰.پرتابه شبیه‌ساز ترکش(FSP)..... ۳۶
۲-۷-۱۰.سرعت برخورد Vs..... ۳۶
۲-۷-۱۱.سرعت باقیمانده Vr..... ۳۶
۲-۷-۱۲.استاندارد های بالیستیکی..... ۳۶
۲-۷-۱۲-۱.استانداردهای امریکا..... ۳۷
۲-۷-۱۲-۲.استاندارد آلمان..... ۳۷
۲-۷-۱۲-۳.استاندارد اروپا..... ۳۸
۲-۷-۱۲-۴.استاندارد موسسه بین المللی زره..... ۳۹

۲-۸.بررسی یک مدل تحلیلی ساده جهت شبیه سازی رفتار ضربه بالستیک روی پارچه.....۴۰
۲-۸-۱.ضربهٔ عرضی روی پارچه.....۴۳
۲-۹.مدل‌سازی جذب انرژی ضربه بالستیک کامپوزیت های پلیمری.....۴۶
۲-۹-۱.انرژی جذب شده بوسیله شکست کششی نخ‌های اولیه (E_{TF}).....۴۸
۲-۹-۲.انرژی جذب شده توسط تغییرشکل الاستیک نخ‌های ثانویه (E_{ED}).....۴۹
۲-۹-۳.انرژی جنبشی مخروط شکل گرفته در پشت کامپوزیت (E_{KE}).....۵۰
۲-۹-۴.محاسبه مقدار V_0.....۵۰
۲-۱۰.کامپوزیت های تقویت شده با الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا.....۵۱
۲-۱۰-۱.خواص مکانیکی دینامیکی کامپوزیت های تقویت شده با الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا.....۷۴
۲-۱۱.نظریه طرح آزمایشها.....۸۲
۲-۱۱-۱.روش پیشین.....۸۴
۲-۱۱-۲.روش تاگوچی.....۸۷
فصل سوم : مواد و روش های آزمایش
۳-۱.مواد.....۹۲
۳-۲.بررسی جمع شدگی حرارتی.....۹۳
۳-۳.گرماسنجی افتراقی (DSC).....۹۳
۳-۳-۱.روش تهیه نمونه.....۹۴
۳-۳-۲.ارزیابی درجه کریستالی با DSC.....۹۴
۳-۴.ارزیابی چسبندگی بین لایه ای با تست T-peel.....۹۵
۳-۵.آماده سازی پانلها وطراحی آزمایشات.....۹۵
۳-۶.ارزیابی کارایی بالستیک.....۹۶
۳-۷.ارزیابی خواص حرارتی مکانیکی دینامیکی (DMTA).....۹۷
۳-۸.بررسی مورفولوژی و شکست الیاف پس از تست شلیک گلوله با SEM.....۹۸

فصل چهارم : نتایج و بحث

۵-۱.بررسی جمع شدگی حرارت الیاف داینیما UD.....۱۰۰

۵-۲.گرماسنجی افتراقی (DSC) و ارزیابی درجه کریستالی.....۱۰۱

۵-۳.ارزیابی چسبندگی بین لایه ای.....۱۰۷

۵-۴.بهینه سازی پارامترهای اصلی فرایند و بررسی کارایی بالستیک پانلهای کامپوزیتی.....۱۰۹

۵-۴-۱.آماده سازی نمونه ها.....۱۰۹

۵-۴-۲.آزمایش مقاومت ضربه پذیری یا قابلیت جذب انرژی پانل ها با استفاده از تست بالستیک.....۱۱۵

۵-۵.ارزیابی خواص مکانیکی دینامیکی پانل کامپوزیت داینیما.....۱۳۰

۵-۶. بررسی مکانیزم جذب انرژی و شکست الیاف.....۱۳۲

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱.نتیجه گیری.....۱۳۹

۵-۲. پیشنهادات.....۱۴۲

منابع و ماخذ.....۱۴۵

چکیده انگلیسی.....۱۵۲

فهرست جداول

عنوان مطلب شماره صفحه

جدول ۲-۱.انواع الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا..... ۹

جدول ۲-۲.خصوصیات پارچه ها بر اسا نوع بافت آنها..... ۱۷

جدول ۲-۳. استاندارد بالستیک NIJ 0101.04..... ۳۷

جدول ۲-۴.استاندارد پلیس آلمان..... ۳۸

جدول ۲-۵.استاندارد DIN 52290..... ۳۸

جدول ۲-۶.استاندارد اروپا (تفنگ دستی ،کاربین ،مسلسل)..... ۳۹

جدول ۲-۷.استاندارد اروپا (تفنگ های ساچمه ای)..... ۳۹

جدول ۲-۸.استاندارد موسسه بین المللی زره..... ۴۰

جدول ۲-۹.خواص بالستیک کامپوزیت الیاف اسپکترا ۱۰۰۰ تحت ضربه بالستیک با پرتابه های شبه ترکش (۰/۲۲ کالیبر،۱/۱ گرم)..... ۶۰

جدول ۲-۱۰.کارایی بالستیک کامپوزیت های الیاف آرامید/پلی یورتان و الیاف UHMWPE/ پلی یورتان.۶۱

جدول ۲-۱۱.تأثیر فشار قالب‌گیری در جذب انرژی کامپوزیت داینیما UD 66..... ۶۶

جدول ۲-۱۲.تأثیر فشارهای مختلف در چسبندگی بین لایه ای الیاف داینیما UD66..... ۶۷

جدول ۲-۱۳.خصوصیات الیاف مختلف مورد قیاس..... ۶۸

جدول ۲-۱۴.جذب انرژی بالستیک کامپوزیت‌های الیاف با دانسیته سطحی مختلف..... ۷۰

جدول ۲-۱۵. پارامترهای ساختاری کامپوزیت‌های الیاف مختلف..... ۷۱

جدول ۲-۱۶.کارایی بالستیک کامپوزیت‌های لیفی مختلف تحت سرعت‌های مختلف پرتابه..... ۷۲

جدول ۲-۱۷.عاملها و سطح های فرایند قالبگیری تزریقی..... ۸۴

جدول ۲-۱۸.مربع لاتین ۳×۳..... ۸۶

جدول ۳-۱.مشخصات الیاف داینیما، رزین کراتون و لایه تک جهتی الیاف داینیماUDHB2..... ۹۲

جدول ۴-۱.جمع شدگی حرارتی داینیما UDHB2..... ۱۰۰

جدول ۴-۲.کریستالینیتی الیاف خام و زینتر شده در فشار MPa ۱،زمان ۳۰ دقیقه و دماهای مختلف.....۱۰۷
جدول ۴-۳.چسبندگی بین لایه ای دو لایه الیاف داینیما UD زینتر شده در فشار Mpa ۱،زمان ۳۰ دقیقه و دماهای مختلف.....۱۰۸
جدول ۴-۴.مقاذیر انتخابی برای سطوح هر یک از متغیرها.....۱۱۱
جدول ۴-۵.آرایه L_9 طرح تاگوچی.....۱۱۲
جدول ۴-۶.ترتیب آزمایشات بر اساس طرح تاگوچی.....۱۱۳
جدول ۴-۷. جذب انرژی پانل های کامپوزیت داینیما بر حسب تروما بر اساس طرح تاگوچی.....۱۱۶
جدول ۴-۸. برآورد اثرات اصلی نتایج جذب انرژی پانل های کامپوزیت داینیما بر حسب تروما.....۱۱۷
جدول ۴-۹. قابلیت جذب انرژی پانل های کامپوزیت داینیما بر اساس طرح تاگوچی.....۱۱۹
جدول ۴-۱۰.اثرات کلی نتایج جذب انرژی پانل های کامپوزیت داینیما.....۱۲۰
جدول ۴-۱۱.تحلیل واریانس نتایج جذب انرژی پانل های کامپوزیت داینیما.....۱۲۹

فهرست شکل ها

عنوان مطلب شماره صفحه

شکل ۲-۱.آرایش یافتگی مولکولی الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا و الیاف پلی اتیلن معمولی..... ۹

شکل ۲-۲. استحکام الیاف با کارایی بالا..... ۱۰

شکل ۲-۳. مقایسه تنش-کرنش الیاف مختلف..... ۱۰

شکل ۲-۴. شماتیکی از طول شکست آزاد الیاف مختلف..... ۱۱

شکل ۲-۵. تنش مخصوص – مدول مخصوص الیاف با کارایی بالا..... ۱۲

شکل ۲-۶.سرعت صوت – قابلیت جذب انرژی در الیاف بالیستیک..... ۱۳

شکل۲-۷.تقسیم بندی کامپوزیتها..... ۱۵

شکل۲-۸.انواع پارچه های بافته شده..... ۱۷

شکل ۲-۹.لمینت الیاف زاویه ای (سمت راست)و متعامد (سمت چپ)..... ۱۸

شکل ۲-۱۰.نمونه هایی از بافت های سه بعدی..... ۱۸

شکل ۲-۱۱.سوال پایه میکرومکانیک..... ۲۴

شکل ۲-۱۲.بارگذاری المان حجمی نمونه در جهت ۱..... ۲۵

شکل ۲-۱۳. تغییرات E_1 با درصد حجمی الیاف..... ۲۶

شکل ۲-۱۴. بارگذاری المان حجمی نمونه در جهت ۲..... ۲۷

شکل ۲-۱۵. بارگذاری المان حجمی نمونه در جهت ۱..... ۲۹

شکل ۲-۱۶.المان حجمی نمونه در بارگذاری برشی..... ۳۰

شکل ۲-۱۷.پرتابه های شبیه ساز ترکش (FSP)..... ۳۶

شکل ۲-۱۸.ضربهٔ عرضی روی تار و فهرست علائم..... ۴۱

شکل ۲-۱۹.نماهای قائم و جنبی از برخورد پرتابه روی پارچه..... ۴۳

شکل ۲-۲۰.دفرمه شدن کامپوزیت بر اثر ضربه بالستیک با پرتابه فولادی Sphere (a)سطح پشت، (b) سطح جانبی..... ۴۷

شکل ۲-۲۱.شماتیکی از ساختمان الیاف تک جهتی اسپکترا و داینیما.....۵۱
شکل ۲-۲۲. شماتیکی از پخش انرژی و شکست گلوله.....۵۲
شکل ۲-۲۳. نمای پشت پارچه بافته شده کولار(چپ) و بی بافت داینیما(راست) پس از اصابت گلوله.....۵۲
شکل ۲-۲۴.مقایسه تروما آرامید و داینیما پس از ضربه بالستیک.....۵۳
شکل ۲-۲۵.مقایسه کارایی بالستیک کامپوزیت های الیاف اسپکترا و آرامید.....۵۴
شکل ۲-۲۵.نمودار DSC کامپوزیت داینیما UD66 به همراه الیاف شکسته شده روی ضربه بالستیک.....۵۶
شکل ۲-۲۷.پرتابه های Rounded(A)، FSP(B)وSharp (C).....۵۹
شکل ۲-۲۸. پرتابه 9mm parabellum متوقف شده در کامپوزیت داینیما.....۶۲
شکل ۲-۲۹. پانل تست شده در مقابل پرتابه 7.62×38 AK47.....۶۲
شکل ۲-۳۰. برش عرضی پانل ۲۱ کیلوگرم بر متر مربع، یک گلوله ساچمه ای ۷/۶۲ m را بهنگام اصابت با سرعت ۸۳۸ متر بر ثانیه متوقف ساخته است.....۶۳
شکل ۲-۳۱.سرعت حد بالستیک در مقابل دانسیته سطحی لمینت های پارچه اسپکترا و الیاف زاویه دار اسپکترا.....۶۴
شکل ۲-۳۲.اثر ترکیبات ماتریس روی لایه لایه شدگی لمینت های تقویت شده با پارچه اسپکترا تحت ضربات متوالی(سرعت برخورد ۱۵۰ m/s).....۶۵
شکل ۲-۳۳.ارتباط دانسیته سطحی با قابلیت جذب انرژی کامپوزیت داینیما UD66.....۶۷
شکل ۲-۳۴.ارتباط بین دانسیته سطحی و جذب انرژی کامپوزیت‌های الیاف مختلف.....۶۹
شکل ۲-۳۵.اثر فشار بر جذب انرژی کامپوزیت الیاف توارن.....۷۳
شکل ۲-۳۶.اثر فشار بر جذب انرژی کامپوزیت الیاف داینیماUD66.....۷۳
شکل ۲-۳۷.نرخ فرکانس کاربردهای دینامیکی.....۷۵
شکل ۲-۳۸.حالات دینامیکی تست میکانیکی.....۷۶
شکل ۲-۳۹.مفهوم کلی مربوط به تبدیلهای مختلف در منحنی فاکتور افت دمپینگ در مقابل دما.....۷۷
شکل ۲-۴۰.مدول ذخیره خمشی الیاف و پارچه اسپکترا در مقابل دما.....۷۹
شکل ۲-۴۱.Tanδ لمینت الیاف و پارچه اسپکترا در Tg الیاف در مقابل دما.....۷۹

شکل ۲-۴۲.مدول خیره کامپوزیت های کولار/اپوکسی و اسپکترا/کراتون.....۸۰
شکل ۲-۴۳.مدول ذخیره در مقابل تابعی از فرکانس کامپوزیت های کولار/اپوکسی و اسپکترا / کراتون.....۸۱
شکل ۲-۴۴.تغییر فاکتور Tanδ با فرکانس کامپوزیت های کولار/اپوکسی و اسپکترا/کراتون.....۸۲
شکل ۳-۱.شماتیکی از الیاف داینیما UDHB2.....۹۲
شکل ۳-۲.تصور SEM الیاف تک جهتی داینیما.....۹۳
شکل ۳-۳.شماتیکی از تست بالستیک استاندارد NIJ.....۹۷
شکل ۴-۱. جمع شدگی حرارتی داینیما UDHB2.....۱۰۱
شکل ۴-۲. نمودار DSC الیاف داینیما UDHB2 سیکل رفت.....۱۰۱
شکل ۴-۳. نمودار DSC سیکل برگشت.....۱۰۲
شکل ۴-۴. نمودار زینتر کردن/فشردن دما بالا-فشار بالا تک لایه های الیاف داینیما.....۱۰۳
شکل ۴-۵.نمودار DSC تک لایه الیاف زینتر شده در دمای C° ۱۱۵،فشار MPa ۱ و زمان ۳۰ دقیقه.....۱۰۴
شکل ۴-۶.نمودار DSC تک لایه الیاف زینتر شده در دمای C° ۱۲۵،فشار MPa ۱ و زمان ۳۰ دقیقه.....۱۰
شکل ۴-۷.نمودار DSC تک لایه الیاف زینتر شده در دمای C° ۱۳۵،فشار MPa ۱ و زمان ۳۰ دقیقه.....۱۰۵
شکل ۴-۸.نمودار DSC تک لایه الیاف زینتر شده در دمای C° ۱۴۵،فشار MPa ۱ و زمان ۳۰ دقیقه.....۱۰۵
شکل ۴-۹.کریستالینیتی الیاف خام و زینتر شده در فشار MPa ۱،زمان ۳۰ دقیقه و دماهای مختلف.....۱۰۷
شکل ۴-۱۰.چسبندگی بین لایه ای دو لایه الیاف داینیما UD زینتر شده در فشار Mpa ۱،زمان۳۰ دقیقه و دماهای مختلف.....۱۰۸
شکل ۴-۱۱.نمودار زینتر کردن/فشردن دما بالا-فشار بالا پانل های کامپوزیت داینیما.....۱۱۴
شکل ۴-۱۲.پانل کامپوزیت داینیما.....۱۱۴
شکل ۴-۱۳.نمودارهای اثرهای کلی تغییر مقادیر اجزاء بر جذب انرژی پانل های کامپوزیت داینیما.....۱۱۸
شکل ۴-۱۴.نمودارهای اثرهای کلی تغییر مقادیر اجزاء بر جذب انرژی پانل های کامپوزیت داینیما.....۱۲۰
شکل ۴-۱۵.نمونه شماره ۶ پس از تست بالستیک (تروما mm ۲۹).....۱۲۲
شکل ۴-۱۶.سطح رویی و جانبی نمونه پس از تست بالستیک و ساقط شدگی پرتابه(تروما mm ۲۸)..... ۱۲۳
شکل ۴-۱۷.آنالیز حرارتی مکانیکی دینامیکی پانل کامپوزیت داینیما.....۱۳۰

شکل ۴-۱۸.لایه لایه شدگی و برآمدگی در پشت نمونه و تخت شدن پرتابه پس از تست بالستیک (نمونه ۱ ،تروما mm ۴۹)..... ۱۳۲
شکل ۴-۱۹.جذی انرژی پرتابه بر اثر انرژی کرنشی بالای الیاف و شکل گیری برآمدگی در پشت نمونه (نمونه ۳،تروما mm ۵۰)..... ۱۳۳
شکل ۴-۲۰.شکست برشی الیاف در محل برخورد پرتابه..... ۱۳۴
شکل ۴-۲۱.شکست برشی الیاف در هنگام اصابت پرتابه..... ۱۳۴
شکل ۴-۲۲.ذوب شدن الیاف در اثر ضربه سرعت بالای پرتابه..... ۱۳۵
شکل ۴-۲۳.الیاف دفرمه شده وذوب شده در محل برخورد پرتابه..... ۱۳۶
شکل ۴-۲۴.لایه لایه شدگی الیاف به همراه ماتریس..... ۱۳۶
شکل ۴-۲۶.دفرمه شدن الیاف در محل برخورد پرتابه..... ۱۳۷

چکیده

الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا از پلیمر پلی اتیلن با وزن مولکولی زیاد (>۲۰۰۰۰۰۰)، معمولا توسط فرایند ژل ریسی تولید می شوند. این الیاف به علت وزن مخصوص کم، مدول، استحکام و قابلیت جذب انرژی بالا، سرعت پخش صوت زیاد، انعطاف پذیری خوب و دیگر خواص مناسب انقلاب وسیعی را در طراحی و ساخت پانل های کامپوزیتی سبک و مقاوم در برابر ضربات سرعت بالا (بالستیک) ایجاد نموده‌اند.

در این تحقیق، ابتدا تاثیر دما روی رفتار حرارتی،کریستالینیتی و چسبندگی بین لایه ای در لایه تک جهتی الیاف تجاری داینیما تحت فشار و زمان ثابت بررسی گردید. جهت ساخت کامپوزیت، روش نوین زینتر کردن/ فشردن در دمای بالا-فشار بالا استفاده گردید. بهینه سازی فرآیند و آزمایشات بالستیک بر اساس روش آماری تاگوچی و با کمک نرم افزار DOE انجام گرفت و تاثیر پارامترهای فرآیندی دما، فشار، زمان زینتر کردن و دانسیته سطحی بر روی خواص ضربه ای پانل کامپوزیتی بررسی شد. خواص مکانیکی دینامیکی پانل کامپوزیتی تحت شرایط شبیه سازی ضربه بالستیک ارزیابی شد و شکست الیاف تحت ضربه بالستیک به کمک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی شد.

مطابق نتایج حاصل شده، جمع شدگی لایه الیاف تا دمای ۱۳۸ °C به آهستگی و پس از آن با شیب تندتری افزایش می یابد، کریستالینیتی و دمای ذوب تک لایه الیاف فشرده شده تحت فشار و زمان ثابت، با افزایش دما تا ۱۳۵°C کمی افزایش یافته و سپس در دمای ۱۴۵ °C کاهش می یابد، چسبندگی بین لایه ای دو لایه الیاف زینتر شده تحت فشار و زمان ثابت با افزایش دما، زیاد می شود و نتایج آزمایشات بالستیک نیز نشان داد که در در فشار ۳ MPa و زینتر کردن پانل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۵ ° C بیشترین افزایش جذب انرژی را دارد.

مقدمه

پانل های کامپوزیتی استحکام بالا-مدول بالا و مقاوم در برابر ضربه موادی سودمند می باشند کـه در کاربردهای مختلفی از قبیل صنایع دریایی، هوایی، نظامی، هوافضا، صنایع اتومبیل، وسایل ورزشـی، لـوازم پزشکی و .... مورد استفاده قرار می گیرند. معمولا آنها از الیاف با کارایی بالا و یک ماتریس درخور مناسب و با یک روش مناسب ساخته می شوند. امروزه کاربرد جدیدتر پانل های کامپوزیت پلیمری استفاده جهت کاربرد های بالستیکی است. در سالهای اخیر وطالعات زیادی در مـورد توسـعه سـاختار هـای کـامپوزیتی جهت حفاظت بالستیک در زمینه نظامی انجام گرفته است، بدلیل تحرک انـسانها و ابزارهـا، لـزوم سـبکی تجهیزات محافظ ضروری بنظر می رسد. امروزه از پانل های کامپوزیت الیاف پلی اتیلن بـا کـارایی بـالا در زمینه نظامی جهت کاربردهای جلیقه ضد گلوله، کلاه ضد گلوله، شیلتر، دیوار های ضد انفجار، کیت های قابل نصب و سبک بر روی ماشین جهت حفاظت تجهیزات نظامی و ... می باشد. مزیت استفاده از پانل‌های کامپوزیت الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا نسبت به سایر محافظ های بالـستیک از قبیـل کـولار، سـرامیک، فولاد و غیره، در درجه اول سبکی و سطح حفاظت بالاتر آنها در وزن یکسان و در درجات بعدی اسـتحکام و مدول بالاتر، سازگاری بهتر و مناسبتر و راحتی کاربرد آنها می باشد.

انگیزه جهت این تحقیق نیز ساخت یک پانل کامپوزیتی بر پایه الیاف پلی اتـیلن بـا کـارایی بـالا کـه بتواند در برابر ضربه بالستیک کلاس IIIA مقاومت لازم را داشته باشد، بوده است. بدیهی است کـه الیـاف پلی اتیلن ترموپلاست می باشند و در دمای بالا نرم و ذوب می شوند و می توانند به راحتی تغییـر شـکل دهند، چنانچه لایه های الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا بـه طـور شایـسته بـا اعمـال فـشار مناسـب جهـت جلوگیری از جمع شدگی محدود گردند با بالا بردن دما تا تقریبا نزدیکـی دمـای ذوب و جائییکـه آرایـش یافتگی و کریستالینیتی الیاف افت پیدا نکند برای یک دوره زمانی و متعاقبا سرد کردن آنهـا و کریـستالی مجدد آنها ساخت یک قطعه سخت و با کارایی بالا امکان پذیر است.

فصل اول

کلیات

۱-۱. هدف

پانل های کامپوزیت استحکام و مدول بالا و مقاوم در برابر ضربه تقویت شده با الیاف پلی اتیلن باکارایی بالا ، موادی سودمند هستند که در کاربردهای فراوانی از قبیل،صنایع در یایی، هوافضا، نظامی، صنایع اتومبیل، وسایل ورزشی، لوازم پزشکی و ... مورد استفاده قرار می گیرند.

هدف از این تحقیق ساخت پانل پلیمری سبک و مقاوم در برابر ضربات با انرژی و سرعت بالا (ضربات بالستیک) و دستیابی به دانش فنی ساخت محافظ های بالستیک کلاس های مختلف پرتابه های بالستیک جهت رفع نیاز های کشور و همچنین ارائه ترکیب مناسب جهت ساخت که بتواند بیشترین میزان جذب انرژی ضربه بالستیک را داشته باشد و یا بعبارتی کمترین میزان تروما پس از ضربه بالستیک را داشته باشد.

الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا از جمله الیاف پیشرفته ای هستند که به سبب استحکام بالا،مدول بالا، چگالی کم، قابلیت جذب انرژی و سرعت صوت بالا،انعطاف پذیری خوب و... انقلاب وسیعی را در طراحی قطعات با کارایی بالا از جمله محافظ های بالستیک ایجاد نموده اند.

در این تحقیق الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا تحت نام داینیما محصول شرکت DSM هلند به صورت متعامد با ٪ ۱۸ وزنی رزین استفاده شده است (Dyneema® UD) و با استفاده از روش زینتر کردن/ فشردن در دمای بالا-فشار بالا سعی شده است تا پانل کامپوزیت پلیمری با خواص مورد نظر تهیه شود. فرایند ساخت بسیار مقرون به صرفه،آسان، قابل بازیافت وهیچگونه شرایط نامناسب زیست محیطی ایجاد نمی کند.دستیابی به پارامترهای مهم فرایند(نرخ حرارتی، دمای زینتر کردن، فشار و زمان زینتر کردن،سرد کردن وغیره) از اهداف تحقیق و از اهمیت ویژه ای برخوردار است که می تواند خواص پانل کامپوزیتی را تقویت و یا کاهش دهد. حفظ خواص اولیه الیاف و انتقال آنها به کامپوزیت در هنگام فرایند ساخت سبب می شود تا کامپوزیت حاصله خواص بالایی داشته باشد.

بدیهی است که الیاف پلی اتیلن ترموپلاستیک بوده و در دمای بالا نرم و ذوب می شوند و می توانند به راحتی تغییر شکل دهند.چنانچه لایه های تک جهتی الیاف پلی اتیلن با کارایی بالای داینیما به طور

شایسته با اعمال فشار مناسب جهت جلوگیری از جمع شدگی محدود گردند، با بالا بردن دما تا جاییکه خواص الیاف افت پیدا نکند،ذوب سطحی الیاف و کریستالی مجدد آنها در فرایند سرد کردن، تهیه پانل کامپوزیتی سخت با خواص بالا امکان پذیر می سازند.

۱-۲.پیشینه تحقیق

در کشورهای پیشرفته علی الخصوص کشورهای تولید کننده اصلی الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا(هلند،امریکا و ژاپن) در زمینه تولید الیاف پلی اتیلن با کارایی بالا و کامپوزیت های پیشرفته از این الیاف جهت کاربردهای متفاوت اقدامات زیادی صورت گرفته و در حال حاضر نیز رو به پیشرفت است. در داخل کشور نیز از نظر علمی در جهت ساخت کامپوزیت پلی اتیلن با کارایی بالا تا آنجا که اطلاع است اقدامی صورت نگرفته است و در زمینه کامپوزیت محافظ در برابر ضربه بالستیک اقدامات اندکی با استفاده از مواد سرامیک و الیاف کولار صورت گرفته است و کار ارائه شده از اقدامات اولیه در این زمینه می باشد. الیاف پلی اتیلن با کارایی بالای داینیما در سطح محافظت یکسان، نسبت به سایر موادی که در ساخت محافظ های بالستیک استفاده می شوند دارای وزن کمتر می باشند و سبب راحتی و عملکرد بهتر و کاهش انرژی مصرفی می گردند.

۱-۳. روش کار و تحقیق

در این تحقیق در آغاز با بررسی مقالات علمی در زمینه الیاف و کامپوزیت های پلی اتیلن با کارایی بالا و همچنین کامپوزیت های مقاوم در برابر ضربه بالستیک و جمع آوری اطلاعات لازم سعی شد تا بهترین مواد و بهترین روش جهت ساخت پانل مقاوم در برابر ضربه بالستیک انتخاب و با التفات به روش های مناسب جهت این کار و پارامترهای موثر بر این روشها و غلبه بر چالشهای ممکن به ساخت پانل کامپوزیتی پرداخته شد است.

در این تحقیق ابتدا رفتار حرارتی الیاف تک جهتی داینیما مورد بررسی قرار گرفت،خواص چسبندگی بین لایه ای و خواص کریستالینیتی الیاف تک جهتی داینیما در شرایط مختلف دمایی تحت فشار و زمان

ثابت مورد ارزیابی و بحث قرار گرفته و با استفاده از خواص حرارتی و دیگر پارامترهای موثر با استفاده از روش زینتر کردن/فشردن در دمای بالا-فشار بالا جهت ساخت پانل کامپوزیت داینیما سبک و مقاوم در برابر ضربه اقدام شده است. پس از بررسی کیفی و دستیابی به پارامترهای لصلی فرایند جهت بهینه سازی خواص بالستیک پانل کامپوزیتی از طراحی آزمایشات تاگوچی با کمک از برنامه نرم افزاری DOE[1] استفاده شده است. خواص دینامیکی شبیه سازی شده در نرخ کرنش بالا مشابه ضربه بالستیک پانل کامپزیت داینیما بیهنه شده نیز با آنالز حرارتی مکانیکی دینامیکی[2] مورد سنجش قرار گرفته است و در آخر با مشاهدات کیفی و میکروسکوپی SEM ،مکانیزم جذب انرژی پانل ها و شکست الیاف و... پس از تست شلیک پرتابه مورد بحث قرار گرفته است.

[1].Design of Experimental
[2].Dynamic Mechanical Thermal Analysis