دانشکده مکانیک

تحلیل تجربی خواص مکانیکی نانوکامپوزیت‌های سه‌تایی پلی‌پروپیلن/پلی اتیلن خطی چگالی پایین/نانو ذرات خاک رس

نگارش

ابوطالب فروغ فرد

استاد راهنما: **دکتر علی پورکمالی**

استاد مشاور: **دکتر اسماعیل قاسمی**

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مکانیک

تیرماه ۱۳۹۱

بسمه تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب **ابوطالب فروغ فرد** متعهد می‌شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مأخذ ذکرگردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف(در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی اثر متعلق به دانشگاه شهید رجایی می‌باشد.

امضاء

ابوطالب فروغ فرد

تقدیر و تشکر

حمد و سپاس خدای یگانه را که هر زمان او را خواندم اجابت کرد و هر زمان او مرا خواند کوتاهی کردم اما او باز مرا مورد مهر خود قرار داد تا از جویندگان علم بی نهایتش باشم.

انجام این پایان نامه بدون کمک و همکاری اساتید بزرگوارم آقایان دکتر علی پور کمالی و دکتر اسماعیل قاسمی ممکن نبود و این فرصت را مغتنم شمرده تا زحمات این اساتید را ارج نهاده و از خداوند متعال توفیق روز افزون را برای ایشان آرزو نمایم. همچنین از مسئول آزمایشگاه خواص مکانیکی دانشگاه شهید رجایی آقای قلی پور، مسول کارگاه وآزمایشگاه پلاستیک پژوهشگاه پلیمر آقای حسینی و مسول آزمایشگاه FESEM دانشگاه تهران خانم صالحی و هم کلاسی محترم خانم افشاری که در انجام آزمایشات کمال همکاری را با اینجانب به عمل آوردند تشکر می‌کنم.

ابوطالب فروغ فرد

تیر ۱۳۹۱

چکیده

پلی پروپیلن ماده ای سبک و ارزان می باشد که ضعف خواص مکانیکی باعث محدودیت استفاده از آن شده است. هدف از این تحقیق بهبود خواص مکانیکی پلی پروپیلن بود. تأثیر حضور همزمان پلی اتیلن خطی چگالی پایین و نانوذرات خاک رس و تغییرات درصد وزنی آنها بر روی خواص مکانیکی پلی‌پروپیلن بررسی گردید. به منظور پراکندگی بهتر نانوذرات خاک رس در ماتریس پلی‌پروپیلن، از PP-g-MA استفاده شد؛ همچنین از سازگارکننده SBS به منظور افزایش سازگاری پلی اتیلن خطی چگالی پایین با ماتریس پلی‌پروپیلن استفاده شد. تمامی ترکیب‌ها و حتی حالت‌های خالص مواد در یک اکسترودر دوپیچه همسوگرد مخلوط شدند و سپس به کمک دستگاه قالب‌ریزی تزریقی به صورت میله‌های کشش و ضربه استاندارد درآمدند. خواص مکانیکی از قبیل استحکام ضربه آیزود شیاردار، مدول یانگ، ازدیاد طول در شکست، تنش تسلیم و استحکام کششی تمامی حالت‌های خالص مواد و همچنین ترکیب‌های آنها به صورت تجربی بررسی گردیدند. روش طراحی مخلوط و نرم‌افزار Minitab۱۶ به منظور طراحی آزمایش‌ها و تحلیل آماری و بهینه‌سازی خواص مکانیکی ترکیب‌ها استفاده شد و ترکیب با هردوی استحکام ضربه و مدول یانگ ماگزیمم با این شیوه تعیین گردید. مدل‌های آماری و معادلات رگرسیون ارائه شده توسط روش طراحی مخلوط انطباق خوبی با داده‌های آزمایشگاهی داشت و به خوبی روند تغییرات خواص مکانیکی ترکیب‌ها را نشان داده‌اند. ساختارشناسی ترکیب‌ها به کمک میکروسکوپ FESEM انجام شد. تصاویر FESEM پراکندگی مناسب نانوذرات خاک رس را در پلی پروپیلن تأیید می‌کرد. همچنین سازگارکننده PP-g-MA تأثیر مطلوبی بر پراکندگی بهتر نانوذرات خاک رس در ماتریس پلی‌پروپیلن داشت. نانو ذرات خاک رس باعث بهبود استحکام کششی و پلی اتیلن خطی چگالی پایین باعث بهبود استحکام ضربه ای نانو کامپوزیت حاصل شد. به طوریکه نانو کامپوزیت سه تایی حاصل دارای استحکام کششی و ضربه ای بهینه است.

واژه‌های کلیدی: خواص مکانیکی- تحلیل تجربی- روش طراحی مخلوط- پلی‌پروپیلن- پلی اتیلن خطی چگالی پایین - نانوذرات خاک رس- نانوکامپوزیت‌ها.

فهرست مطالب

تقدیر وتشکر ..... ج

چکیده..... د

فهرست مطالب..... ه

فهرست جداول..... ی

فهرست شکل‌ها..... ک

فصل اول : مقدمه

۱-۱- مقدمه.....۲

۱-۲ - تعریف مسئله و بیان فرضیات ۳

فصل دوم : مروری بر منابع و تحقیقات پیشین

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲-۱- ترکیب پلی اتیلن و پلی پروپیلن ۷

۲-۲-۲- نانو کامپوزیت های پلی اتیلن و نانو ذرات خاک رس ۸

۲-۲-۳- نانو کامپوزیت های پلی پروپیلن و نانو ذرات خاک رس ۹

۲-۲-۴- نانو کامپوزیت های پلی پروپیلن، پلی اتیلن و نانو ذرات خاک رس ۱۵

فصل سوم : نانو کامپوزیتهای پلیمر- سیلیکات لایه ای

۳- ۱- مقدمه ۱۸

۳-۲- نانو فناوری ۱۸

۳-۲- ۱- یک نانومتر چیست؟ ۱۹
۳-۲- ۲- دلیل اهمیت مقیاس نانو ۱۹
۳-۲-۳- چرا ذرات با اندازه های میکرونی برای ساخت کامپوزیت ها کمتراستفاده می شود؟ ۲۰
۳-۳- کامپوزیت ۲۱
۳-۴- نانو کامپوزیت ها ۲۱
۳-۴-۱- انواع نانو کامپوزیت ها ۲۲
۳-۴-۲- دسته بندی ابعادی نانو کامپوزیتها ۲۲
۳-۴-۳- پرکننده های نانو ۲۳
۳-۴-۳-۱- ساختار وخواص سیلیکاتهای لایه ای ۲۵
۳-۴-۳-۲- اسمکتیت ۲۶
۳-۴-۳-۳- ساختار و خصوصیات خاک رسهای اصلاح شده با مواد آلی ۲۷
۳-۴-۴- نانو کامپوزیت‌های پلیمر- خاک رس ۲۸
۳-۴-۴-۱- ساختار نانوکامپوزیت پلیمر- خاک رس ۲۹
۳-۴-۴-۲- عوامل موثر بر مقدار نفوذ زنجیر پلیمر و سرعت نفوذ ۳۰
۳-۴-۵- روش های ساخت نانوکامپوزیت‌ها ۳۰
۳-۵- مورفولوژی و رفتار بلورینگی نانوکامپوزیت‌ها ۳۵
۳-۶- مشخه‌یابی نانوکامپوزیت های پلیمری ۳۷
۳-۶-۱ شکل شناسی ۳۷
۳-۶-۱-۱ مشخصه یابی به وسیله پراش اشعه ایکس ۳۷

۳-۶-۱-۲ میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM) ۳۹

۳-۶-۲- خواص نانو کامپوزیت‌ها ۴۲

۳-۶-۲-۱ خواص کششی ۴۲

۳-۶-۲-۲ ازیاد طول درنقطه شکست ۴۷

۳-۶-۲-۳- خواص ضربه پذیری ۴۸

۳-۷- نانوکامپوزیت سه تایی ۴۹

فصل چهارم : دستگاه‌ها، روش انجام آزمایش‌ها و تحلیل آماری

۴-۱- مقدمه ۵۱

۴-۲-تعریف مسئله ۵۱

۴-۳- مواد اولیه ۵۱

۴-۳-۱- پلی‌پروپیلن ۵۱

۴-۳-۲- پلی‌پروپیلن گرافت شده با انیدرید مالئیک(PP-g-MA) ۵۳

۴-۳-۳- پلی اتیلن خطی چگالی پایین ۵۴

۴-۳-۴- نانو ذرات خاک رس ۵۴

۴-۳-۵- استیرن- بوتان دی ان- استیرن (SBS) ۵۵

۴-۴- ساخت نانوکامپوزیت‌ها و دستگاه‌های ساخت نمونه‌ها ۵۵

۴-۴-۱- ترکیب درصد وزنی نمونه‌ها ۵۵

۴-۴-۲- دستگاه اکسترودر دوپیچه همسوگرد ۵۶

۴-۴-۳- دستگاه قالب‌ریزی تزریقی ۵۸

۴-۵- پراش اشعه ایکس ۵۸
۴-۶- میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی ۵۹
۴- ۷- خواص مکانیکی و دستگاه‌های اندازه‌گیری ۶۱
۴- ۷-۱-تست کشش ۶۱
۴- ۷-۲- تست ضربه ۶۲
۴- ۸- طراحی آزمایش ۶۳
۴-۸-۱- روش طراحی مخلوط ۶۵
۴- ۸-۲- مراحل طراحی آزمایش به شیوه طراحی مخلوط ۶۵
۴- ۸-۲-۱- شناسایی و بیان مسئله ۶۵
۴-۸-۲-۲- طراحی آزمایش‌ها ، جمع‌آوری داده‌ها ۶۶
۴-۸-۲-۳- تحلیل داده‌ها ۶۹

فصل پنجم : نتایج و بحث

۵-۱- مقدمه ۷۵
۵-۲- ساختارشناسی ترکیبات و نانوکامپوزیت‌های حاصل ۷۵
۵-۳- تحلیل تجربی خواص مکانیکی ترکیب‌ها ۸۰
۵-۳-۱- تاثیر نانو ذرات خاک رس بر خواص مکانیکی پلی پروپیلن ۸۰
۵-۳-۲- تاثیر پلی اتیلن خطی چگالی پایین بر خواص مکانیکی پلی پروپیلن ۸۴
۵-۳-۳- تاثیر حضور همزمان پلی اتیلن خطی چگالی پایین و نانو ذرات خاک رس بر خواص مکانیکی پلی پروپیلن ۸۶

۵-۳-۴ – تاثیر نانو ذرات خاک رس بر خواص مکانیکی پلی اتیلن خطی چگالی پایین ۹۱

۵-۴- تحلیل آماری ۹۳

۵-۴-۱-تحلیل آماری استحکام ضربه آیزود شیاردار کامپوزیت‌ها با استفاده از روش طراحی مخلوط ۹۳

۵-۴-۲- تحلیل آماری مدول یانگ کامپوزیت‌ها با استفاده از روش طراحی مخلوط ۹۷

۵-۴-۳- تحلیل آماری تنش تسلیم کامپوزیت‌ها با استفاده از روش طراحی مخلوط ۱۰۰

۵-۴-۴- تحلیل آماری استحکام کششی کامپوزیت‌ها با استفاده از روش طراحی مخلوط ۱۰۳

۵-۴-۵- بهینه سازی استحکام ضربه و مدول یانگ کامپوزیت‌ها ۱۰۶

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتایج ۱۱۰

۶-۲- پیشنهادات ۱۱۲

منابع ۱۱۳

فهرست جداول

جدول ۳-۱ - خواص نانو کلمپوزیتهای نایلون ۶ ..... ۴۴

جدول ۴- ۱- مشخصات پلی پرو پیلن ۵۲

جدول ۴- ۲- اطلاعات فنی پلی پروپیلن گرافت شده با مالئیک انیدرید ۵۳

جدول ۴- ۳- مشخصات فنی پلی اتیلن خطی چگالی پایین ۵۴

جدول ۴- ۴ - خواص کلوزیتA ۱۵..... ۵۴

جدول ۴- ۵ - جدول علائم اختصاری ترکیبها و درصد آنها ۵۶

جدول ۴- ۶- متغیرهای ورودی و خروجی ۶۶

جدول ۴- ۷- محدوده مناسب مواد تشکیل دهنده کامپوزیتها ۶۶

جدول ۴- ۸- آزمایش های طراحی شده به روش طراحی مخلوط ۶۹

جدول ۵- ۱- خواص نانو ذرات خاک رس ۷۹

جدول ۵- ۲- آنالیز واریانس برای استحکام ضربه ۹۵

جدول ۵- ۳- ضرایب پیش بینی شده معادله رگرسیون برای پیش بینی استحکام ضربه ۹۵

جدول ۵- ۴- آنالیز واریانس برای مدول یانگ ۹۸

جدول ۵- ۵- ضرایب پیش بینی شده معادله رگرسیون برای پیش بینی مدول یانگ ۹۹

جدول ۵- ۶- آنالیز واریانس برای تنش تسلیم ۱۰۱

جدول ۵- ۷- ضرایب پیش بینی شده معادله رگرسیون برای پیش بینی تنش تسلیم ۱۰۲

جدول ۵- ۸- آنالیز واریانس برای استحکام کششی ۱۰۴

جدول ۵- ۹- ضرایب پیش بینی شده معادله رگرسیون برای پیش بینی استحکام کششی ۱۰۵

فهرست شکلها

شکل ۳- ۱ – طرحی از ابعاد یک ذره خاک رس ۲۳

شکل ۳- ۲- ساختار سیلیکات لایه ای ۲:۱ .....۲۵

شکل ۳- ۳- نمایی از انواع کامپوزیت های حاصل از بر هم کنش پلیمر و سیلیکات لایه ای ۳۰

شکل ۳- ۴- روش فراوری محلولی ۳۱

شکل ۳- ۵-روش پلیمریزاسیون درجا ۳۱

شکل ۳- ۶ – مکانیسم پخش شدن لایه های سیلیکات در زمینه پلی پروپیلن در حضور سازگار دهنده ۳۶

شکل ۳- ۷- پخش پرتو X توسط یک بلور ۳۸

شکل ۳- ۸- پهنای پیک در نصف ارتفاع ۳۹

شکل ۳- ۹ - نمودار شماتیکی اجزا میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۰

شکل ۳- ۱۰- تشکیل پیوندهای هیدروژنی در نانو کامپوزیت های نایلون۶ مونت موریلونیت ۴۳

شکل ۳- ۱۱- تاثیر محتوای رسی بر مدول کششی نانو کامپوزیتهای نایلون۶ – مونت موریلونیت ۴۳

شکل ۳- ۱۲- تاثیر محتوای رس یروی تنش تسلیم نانو کامپوزیتهای نایلون۶ .....۴۵

شکل ۳- ۱۳ – خصوصیات کششی نانو کامپوزیتهای PP/f-MMT ۴۶

شکل ۳- ۱۴ – تاثیر خاک رس بر روی مدول کششی و استحکام برای نانو کامپوزیتهای پلی پروپیلن ۴۷

شکل ۳- ۱۵- تاثیر خاک رس بر استحکام ضربه نانو کامپوزیت نایلون – خاک رس ۴۸

شکل ۴- ۱- گرانول پلی پروپیلن ۵۲

شکل ۴- ۲- گرانول PP-g- A ۵۳

شکل ۴-۳- مراحل ساخت نانو کامپوزیتها توسط دستگاه اکسترودر ۵۷
شکل ۴- ۴- طرح شماتیک دستگاه اکسترودر دوپیچه همسوگرد ۵۷
شکل ۴- ۵- دستگاه تزریق مورد استفاده برای تهیه نمونه ها ۵۸
شکل ۴- ۶- دستگاه XRD ۵۹
شکل ۴- ۷- میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی ۶۰
شکل ۴- ۸- دستگاه مورد استفاده جهت روکش دهی سطح نمونه ها ۶۱
شکل ۴- ۹- دستگاه کشش ۶۲
شکل ۴- ۱۰- دستگاه ضربه ۶۲
شکل ۴- ۱۱- تصویر L- Simplex ۶۷
شکل ۴- ۱۲- نمونه ای از طراحی مخلوط ۶۸
شکل ۴- ۱۳ نمودار هیستوگرام باقیمانده ها ۷۱
شکل ۴- ۱۴ – نمودار احتمال نرمال ۷۱
شکل ۴ - ۱۵ – نمودار کاهش مقادیر و تغییرات در پاسخ با گذشت زمان ۷۲
شکل ۴- ۱۶- نمودار افزایش باقیماانده ها نسبت به مقادیر ۷۲
شکل ۴- ۱۷-نمودار استقلال باقیمانده ها نسبت به مقادیر ۷۳
شکل ۵- ۱- تصاویر FESEM از PP و ترکیبات آن با خاک رس ۷۶
شکل ۵- ۲- تصاویر FESEM از PP و ترکیب آن با خاک رس و LLDPE ۷۷
شکل ۵- ۳- تصاویر FESEM از PP و ترکیب آن با خاک رس و LLDPE ۷۸
شکل ۵- ۴- تصاویر FESEM از ترکیب خاک رس و LLDPE ۷۹

شکل ۵- ۵- منحنیهای XRD برای خاک رس و ترکیبات آن ۸۰
شکل ۵- ۶ – استحکام تسلیم PP و ترکیبات شامل کلوزیت ۸۱
شکل ۵- ۷ – مدول کششی PP و ترکیبات شامل کلوزیت ۸۱
شکل ۵- ۸– کرنش شکست PP و ترکیبات شامل کلوزیت ۸۲
شکل ۵- ۹ – استحکام کششی PP و ترکیبات شامل کلوزیت ۸۳
شکل ۵- ۱۰ – استحکام ضربه PP و ترکیبات شامل کلوزیت ۸۳
شکل ۵- ۱۱ – استحکام تسلیم PP و PP+LLDPE ۸۴
شکل ۵- ۱۲ – مدول کششی PP و PP+LLDPE ۸۵
شکل ۵- ۱۳ – استحکام کششی PP و PP+LLDPE ۸۵
شکل ۵- ۱۴ – استحکام ضربه PP و PP+LLDPE ۸۶
شکل ۵- ۱۵– استحکام کششی PP و ترکیبات آن ۸۷
شکل ۵-۱۶– استحکام تسلیم PP و ترکیبات آن ۸۸
شکل ۵- ۱۷ – مدول کششی PP و ترکیبات آن ۸۹
شکل ۵- ۱۸ – کرنش شکست PP و ترکیبات آن ۹۰
شکل ۵- ۱۹ – استحکام ضربه PP و ترکیبات آن ۹۱
شکل ۵- ۲۰- استحکام تسلیم LLDPE در مقایسه با نانو کامپوزیتهای شامل کلوزیت ۹۱
شکل ۵- ۲۱- مدول کششی LLDPE و نانو کامپوزیتهای آن ۹۲
شکل ۵- ۲۲- استحکام ضربه LLDPE در مقایسه با نانو کامپوزیتهای شامل کلوزیت ۹۲
شکل ۵- ۲۳- نمودار باقیمانده ها برای استحکام ضربه ایزود ۹۴

شکل ۵- ۲۴ – نمودار ترکیبی تغییرات استحکام ضربه آیزود بر حسب تغییرات مقادیر مولفه ها ۹۶
شکل ۵- ۲۵- ماکسیمم استحکام ضربه ایزود و درصدهای وزنی ترکیب متناظر آن ۹۷
شکل ۵- ۲۶- نمودار باقیمانده ها برای مدول یانگ ۹۸
شکل ۵- ۲۷ – نمودار ترکیبی تغییرات مدول یانگ بر حسب تغییرات مقادیر مولفه ها ۹۹
شکل ۵- ۲۸- ماکسیمم مدول یانگ و درصدهای وزنی ترکیب متناظر آن ۱۰۰
شکل ۵- ۲۹- نمودار باقیمانده ها برای تنش تسلیم ۱۰۱
شکل ۵- ۳۰ – نمودار ترکیبی تغییرات تنش تسلیم بر حسب تغییرات مقادیر مولفه ها ۱۰۲
شکل ۵- ۳۱- ماکسیمم تنش تسلیم و درصدهای وزنی ترکیب متناظر آن ۱۰۳
شکل ۵-۳۲- نمودار باقیمانده ها برای استحکام کششی ۱۰۴
شکل ۵- ۳۳ – نمودار ترکیبی تغییرات استحکام کششی بر حسب تغییرات مقادیر مولفه ها ۱۰۵
شکل ۵- ۳۴- ماکسیمم استحکام کششی و درصدهای وزنی ترکیب متناظر آن ۱۰۶
شکل ۵- ۳۵- استحکام ضربه و مدول یانگ ماکسیمم کامپوزیت ۱۰۷
شکل ۵- ۳۶- استحکام ضربه، استحکام کششی، استحکام تسلیم و مدول یانگ کامپوزیت بهینه ۱۰۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

بر طرف کردن نیازهای موجود برای موادی که از چند خاصیت منحصر بفرد برخودار باشند امکان پـذیر نیسـت. ترکیب مواد چه طبیعی و چه مصنوعی برای رسیدن به خواص مورد نیاز، به عنوان راه حل ارائه شده است.

کامپوزیت می تواند به صورت عمومی تا حالات خاص تعریف شود. به طور کلی مواد کامپوزیـت ترکیبـی از مـواد مختلف هستند. تعریف جامع یک کامپوزیت عبارت است از ماده مرکبی که خواص آن از تک تک مـواد تشـکیل دهنده آن تاثیر می پذیرد و به منظور بهبود یک یا چند خاصیت زمینه اصلی تولیـد مـی شـود. کامپوزیتهـا مـی توانند هم به صورت طبیعی و هم به صورت مصنوعی باشند. می توان کامپوزیتها را بصورت مخلوط فیزیکی مـواد با هم که مرز بین آنها قابل تشخیص اسـت نیـز در مقیـاس ماکروسـکوپیک تعریـف نمـود. مـواد کامپوزیـت در محصولات زیادی در زندگی روزمره ما یافت می‌شوند، از جمله اتومبیل‌ها، قایق‌هـا، چـوب هـای اسـکی، گلـف و غیره. علاوه بر آن در بسیاری از صنایع حساس، ساختمانی، هوا-فضا و نظامی از مـواد کـامپوزیتی اسـتفاده مـی شود.

از جمله کامپوزیت‌های پرکاربرد، کامپوزیت‌های زمینه پلیمری می‌باشند که در صنایع کـاربرد فراوانـی دارنـد. از مزایای استفاده از کامپوزیت‌های زمینه پلیمری میتوان به اسـتحکام بـالا، سـبکی، مقاومـت در برابـر خـوردگی، انعطاف پذیری طراحی، دوام زیاد و ارزانی اشاره کرد.

در تولید کامپوزیت ها برای رسیدن به خاصیت مورد نظر از مواد، از راهکارهای متفاوتی استفاده شـده اسـت. در این مورد میتوان استفاده از فناوری نانو و مواد با ابعاد نانو به عنوان تقویت کننده ماده زمینه را نام برد.

سال ۱۹۵۹ سالی تاریخی برای علم و تکنولوژی است. در این سال فناوری مهندسی مولکـولی (نـانو تکنولـوژی) اولین بار توسط ریچارد فایمن مطرح شد جمله معروفی از این دانشمند نقل شده است که می گوید:" بـه لحـاظ نظری هر ساختار مولکولی پایداری که قوانین فیزیک و شیمی را نقض نکند قابل پیاده سازی است.[۱]

تا کنون تعاریف فراوانی برای نانو فناوری ارایه شده که به نظر می رسد تعریف برنامه ملی پیشگامی نـانو فنـاوری در آمریکا یکی از بهترین آنها باشد :

"توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی ، مولکولی و ماکرومولکولی با طول تقریبی تـا ۱۰۰ نـانو متـر، بـرای فراهم آوردن شناخت اصولی از پدیده ها و مواد در مقیاس نانو و با هدف ایجاد و استفاده از ساختارها ، قطعات و سامانه هایی که به خاطر اندازه کوچک و یا متوسط خود خواص کاربردی جدیدی دارند."[۲]

در سالهای اخیر نانو کامپوزیتهای پلیمر- خاک رس هم در صنعت و هم در تحقیقات مورد توجه زیادی قرار گرفته اند، زیرا وقتی که با میکرو و ماکرو- کامپوزیت های معمولی و یا پلیمرهای خالص مقایسه می شوند، بهبود چشم گیری در خواص آنها مشاهده می شود. این ارتقا شامل افزایش استحکام کششی و مقاومت حرارتی، افزایش مقاومت در برابر نفوذ گازها،تمایل به اشتعال کمتر و افزایش تخریب پذیری آنها در مقابل پلیمر های خالص متناظر می باشد.[۳]

به علت مصرف کمتر فاز معدنی، نانو کامپوزیت های سیلیکاتی از کامپوزیت‌های عادی سبکتر و به همین دلیل از لحاظ عملکردی جایگزین مناسبی برای سایر مواد با کاربردهای ویژه هستند. علاوه بر این ترکیب بی نظیر خواص کلیدی نانوکامپوزیت و هزینه های پایین تولید، کاربرد آن ها را بسیار گسترش داده است.

۱-۲- تعریف مسئله و بیان فرضیات

پلی پروپیلن یک ترکیب ترموپلاستیک نیمه کریستالی است بخاطر ترکیبات جذاب و عمل آوری خوب خواص مکانیکی و مقاومت شیمیایی خوب استفاده می شود. پروپیلن از نظر خواص مکانیکی یک پلاستیک مهندسی نیست. تحمل دمایی آن کم بوده وخواص آن وابسته به زمان است. مقاومت ابعادی بالایی ندارد و ابعاد خود را در دمای بالا از دست می دهد. البته می توان با آمیزه کاری آن بهبود خواص حرارتی و مکانیکی همراه با عدم حساسیت به رطوبت و جذب رطوبت پایین پلیمر را یکجا به دست آورد. پلی پروپیلن در سرعت کرنش پایین نرم و در سرعت کرنش بالا ترد می باشد. تنش تسلیم با افزایش سرعت کرنش افزایش می یابد و در نتیجه شکست ترد می شود.

مقاومت ضربه ای کم بویژه در دماهای پائین از جمله ضعف های پلی پروپیلن است که به محدودیت استفاده از آن در بسیاری کاربردها انجامیده است. استفاده از مواد با چقرمگی بالا در ترکیبات بر پایه پلی پروپیلن از جمله راهکارهای مقابله با این ضعف بشمار می رود. برای این منظور می توان از پلی اتیلن(PE) استفاده کرد.با افزودن پلی اتیلن به پلی پروپیلن مقاومت به ضربه آن افزایش می یابد اما مدول و سفتی آن کاهش می یابد. بنابراین توجه محققین به سمت دستیابی به راهکاری برای افزایش همزمان چقرمگی و مدول پلی پروپیلن(PP) معطوف گردیده است. استفاده از نانوذرات خاک رس به این منظور راهگشا به نظر می رسد. این نانوذرات به دلیل برخورداری از نسبت سطح به حجم بالا می توانند در صورت برهمکنش مناسب با بستر پلیمری و نیز توزیع یکنواخت در آن، خواص مکانیکی پلیمر، مانند مدول و استحکام کششی را به میزان چشمگیری افزایش دهند.[۴]

در این پژوهش حضور همزمان پلی اتیلن و نانو ذرات خـاک رس در بسـتر پلـی پـروپیلن بمنظـور دسـتیابی بـه ترکیبی با خواص بهینه در دستور کار بوده است. در این راستا ابتدا با توجه به ترکیـب و محـدوده مقـدار اجـزاء تشکیل دهنده کامپوزیت مورد مطالعه، با اسـتفاده از روش طراحـی مخلـوط[1] و نـرم افـزارMinitab۱۶ جـدول درصد ترکیب مواد نانو کامپوزیت طراحی شده است. این جدول شامل۱۳ حالت برای انجام آزمـایش مـی‌باشـد. سپس مواد نانو کامپوزیت سه گانه با درصد ترکیب های متفاوت به روش اختلاط مذاب و با اسـتفاده از دسـتگاه اکسترودر دوپیچه تهیه شده است.

خواص مکانیکی نانوکامپوزیت با استفاده از آزمون های مکانیکی مانند تست کشش و تست ضربه ایزود، بررسی شده است. .برای شناخت و مطالعه ساختار ماده از تصاویر میکروسکوپ روبشی نیروی اتمی (FESEM[2]) استفاده شده است.

در نهایت با مقایسه نتایج حاصل از آزمون ها، تأثیر تغییرات پارامترهای مختلف بر روی خواص مکانیکی مورد مطالعه قرار می گیرد. بعلاوه به سوال هایی همچون موارد زیر پاسخ داده خواهد شد:

- حضور همزمان نانو ذرات خاک رس و پلی اتیلن در بستر پلی پروپیلن چگونه رفتار ضربه ای آن را تغییر می دهد؟

- مقدار بهینه درصد وزنی خاک رس برای دستیابی به هدف پروژه چقدر باشد؟

- مقدار بهینه درصد وزنی پلی اتیلن و پلی پروپیلن برای دستیابی به هدف پروژه چقدر باشد ؟

- از چه سازگار دهنده هایی می توان و یا باید استفاده کرد تا چقرمگی ماده بهبود یابد؟

همچنین برای یافتن درصد بهینه ترکیب مواد نانو کامپوزیت، نتایج حاصل از آزمون ها با نرم- افزار Minitab۱۶ تحلیل شده است.

[1] -Mixture design

[2] Field Emission Scanning Electron Microscopy

در فصل دوم تحقیقاتی که در گذشته روی بهبود خواص مکانیکی پلی پروپیلن و پلی اتیلن به کمک نانو ذرات خاک رس انجام شده آورده می شود. در فصل سوم کلیاتی در مورد نانو کامپوزیتهای پلیمر- سیلیکات لایه ای بحث می شود. در فصل چهارم مواد، روشها و دستگاه هایی که در این پژوهش استفاده شده اند به طور مختصر معرفی می شوند. در فصل پنجم نتایج حاصل از آزمایش های تجربی تحلیل و بررسی می شود ونتایج تحلیل آماری نیز مورد بررسی قرار می گیرد. درفصل ششم به طور خلاصه نتایج حاصل از پژوهش آورده می شود.

فصل دوم

مروری بر منابع و تحقیقات پیشین