

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

بررسی امکان بهبود خواص مقاومت در برابر حرارت و آنتی استاتیکی کالای پلی استری با استفاده از نانورس به روش تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی - شیمی نساجی و علوم الیاف

محمد اکرم جنگی زهی

استاد راهنما

دکتر سید مجید مرتضوی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی نساجی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی نساجی - شیمی نساجی و علوم الیاف محمد اکرم جنگی زهی

تحت عنوان

بررسی امکان بهبود خواص مقاومت در برابر حرارت و آنتی استاتیکی کالای پلی استری با استفاده از نانورس به روش تکمیلی

در تاریخ ۱۳۸۸/۲/۲۳ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر سید مجید مرتضوی

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر شادپور ملک پور

۳- استاد داور پایان نامه

دکتر مصطفی یوسفی

۴- استاد داور پایان نامه

دکتر سعید آجلی

سرپرست تحصیلات تکمیلی

تشکر و قدردانی

از پدر و مادر عزیزم پشتیبان های همیشگی، اسطوره های مهربانی و تنها سرمایه های زندگی ام که بعنوان استادهای زندگی که همیشه با محبت ها و راهنمایی های خود به من توان زیستن دادند و مایه دلگرمی و قوت قلب در تمامی مراحل زندگی ام هستند از صمیم قلب تشکر می کنم و برای آنها از درگاه ایزد منن آرزوی آرزوی سربلندی دارم از همسر مهربانم بخاطر از خودگذشتگی ها، دلگرمی ها، صبر ها و همکاری هایی که داشتند بسیار تشکر می کنم بر خود لازم می دانم از کمکهای بی دریغ استاد عزیزم، جناب دکتر سید مجید مرتضوی تشکر کرده و آرزوی توفیق روزافزون برایشان داشته باشم. در ضمن از زحمات اساتید گرانقدر دکتر شادپور ملک پور و دکتر مصطفی یوسفی که داوری این پایان نامه را برعهده داشتند و دکتر سعید آجلی سرپرست محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده نساجی، سپاسگذارم.

از مهندس عطایان و مهندس الشریف بخاطر همکاریهایشان تشکر فراوان دارم از کلیه پرسنل آزمایشگاه تکمیل دانشکده کمال تشکر را دارم
جا دارد از کمکهای دوستانم، مهندس مجید میزرای، مهندس مهدی غلامی، مهندس مسعود حسن زاده، مهندس فاطمه مرتضوی، دکتر قاسمی و تمام عزیزانی که بدون همراهی آنها انجام این تحقیق ممکن نبود تشکر نمایم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات،
ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع
این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان
است.

تقدیم بہ پدر و مادر عزیزم

و

ہمسفر مہربانم

فهرست مطالب

<u>شماره صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱.....	چکیده
۲.....	فصل اول
۲.....	۱-۱ مقدمه
۴.....	فصل دوم
۴.....	۱-۲ فناوری نانو
۴.....	۱-۱-۲-۱ تعریف
۴.....	۲-۱-۲ تاریخچه فناوری نانو
۵.....	۳-۱-۲ مزایای نانو تکنولوژی
۶.....	۴-۱-۲ نانو ذرات
۶.....	۲-۲ نانو کامپوزیت‌ها
۶.....	۱-۲-۱ تعاریف
۶.....	۲-۲-۲ آشنایی با نانو کامپوزیت‌های پلیمر-رس
۹.....	الف) نفوذ و تداخل زنجیره‌های پلیمری بین صفحات سیلیکاتی:
۹.....	ب) تغییر آرایش صفحات سیلیکاتی و پخش شدن آن در زمینه پلیمری:
۱۰.....	۳-۲-۲ خواص مهم رس در نانو کامپوزیت‌های پلیمری
۱۰.....	الف) میزان خلوص
۱۰.....	ب) ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)
۱۱.....	ج) نسبت منظر
۱۱.....	۴-۲-۲ اهداف تهیه نانو کامپوزیت‌های پلیمری
۱۱.....	۳-۲-۳ معرفی رس‌ها
۱۱.....	۱-۳-۲ تعریف رس:
۱۲.....	۲-۳-۲ ساختمان کانی‌های رس
۱۲.....	الف لایه سیلیس:
۱۳.....	ب-لایه ژیبست:
۱۷.....	۳-۳-۲ ساختمان مونت مورینیت:
۱۹.....	۴-۲ معرفی الیاف پلی استر
۱۹.....	۱-۴-۲ تاریخچه الیاف پلی استر
۲۰.....	۲-۴-۲ تولید الیاف پلی استر

..... ۲:	۳-۴-۲- مروری بر خواص پلی استر
..... ۲.۱	۴-۴-۲- ظاهر الیاف پلی استر
..... ۲.۲	۴-۴-۲- وزن مخصوص
..... ۲.۲	۴-۴-۲- استحکام و ازدیاد طول در نقطه پارگی
..... ۲.۲	۴-۴-۲- خواص مکانیکی فیلامنت پلی استر
..... ۲.۳	۴-۴-۲- خواص گرمایی
..... ۲.۳	الف) دمای نرم شدن و دمای ذوب
..... ۲.۳	ب) پایداری در برابر دماهای بالا و پایین
..... ۲.۴	۴-۴-۲- پایداری در برابر نور
..... ۲.۵	۴-۴-۲- جذب رطوبت
..... ۲.۶	۴-۴-۲- پایداری در برابر شرایط آب و هوایی
..... ۲.۷	۴-۴-۲- خواص شیمیایی
..... ۲.۷	۴-۲- دفع آتش منسوجات
..... ۲.۷	۱-۵-۲۱- مقدمه
..... ۲.۹	۲-۵-۲- هدف از تکمیل تاخیر در آتش برای کالای نساجی
..... ۲.۹	۲-۵-۳- فرآیند آتش پذیری مواد
..... ۳.۰	۲-۵-۴- روشهای ایجاد تاخیر در آتش
..... ۳.۱	۲-۵-۵- معرفی انواع مواد دافع آتش
..... ۳.۱	الف) مواد دافع آتش متورم شونده
..... ۳.۲	ب) ترکیبات فسفردار و مواد دافع آتش متورم شونده
..... ۳.۲	ج) مواد دافع آتش هالوژن دار
..... ۳.۳	ت) مواد دافع آتش حاوی سیلیکون
..... ۳.۳	ث) هیدروکسیدها و اکسیدهای فلزی
..... ۳.۳	ج) نانو ذرات رس
..... ۳.۶	۲-۵-۶- روشهای ایجاد خاصیت تاخیر در اشتعال برای الیاف پلی استر
..... ۳.۶	۲-۵-۷- روش تولید الیاف پلی استر با خاصیت تاخیر در آتش
..... ۳.۷	۲-۵-۸- تکمیل‌های تاخیر در آتش برای پلی استر
..... ۳.۷	۲-۵-۹- مشکلات ارزیابی آتش پذیری منسوجات
..... ۳.۷	۲-۵-۱۰- شاخص اکسیژن محدود
..... ۳.۷	۲-۵-۱۱- مکانیسم پیرولیز پلی اتیلن ترفتالات
..... ۳.۹	۲-۶- الکتريسيته ساكن روى الیاف
..... ۴.۱	۲-۶-۱- تولید الیاف پلی استر آنتی استاتیک

..... ۴۲	۲-۶-۳- تکمیل های آنتی استاتیک
..... ۴۲	۲-۷-۷- باکتریها
..... ۴۳	۲-۷-۱- باکتریهای استافیلوکوکوس اورئوس
..... ۴۳	۲-۸- هدف
..... ۴۴	فصل سوم
..... ۴۴	۳-۱- مشخصات پارچه و مواد مصرفی
..... ۴۴	۳-۱-۱- مشخصات پارچه مورد استفاده
..... ۴۴	۳-۱-۲- مواد مصرفی
..... ۴۵	۳-۲- تجهیزات مورد استفاده
..... ۴۶	۳-۳- روشهای انجام آزمایش
..... ۴۶	۳-۳-۱- شستشوی اولیه پارچه
..... ۴۷	۳-۳-۲- تهیه دیسپرسیون نانورس
..... ۴۷	۳-۳-۳- تهیه دیسپرسیون محتوی نانورس و مواد معدنی
..... ۴۸	۳-۳-۴- تهیه محلولهای محتوی نانورس و ویندر
..... ۴۸	۳-۳-۵- تهیه محلولهای محتوی نانورس و نرم کن سیلیکونی
..... ۴۹	۳-۳-۶- تهیه محلول محتوی نانورس و DMDHEU
..... ۴۹	۳-۳-۷- تهیه محلول محتوی نانورس Cetaflam PDND
..... ۴۹	۳-۴- ارزیابی آتش پذیری و رفتار سوختن پارچه
..... ۵۰	۳-۵- ارزیابی ثبات در برابر شستشو
..... ۵۱	۳-۶- ارزیابی ثبات در برابر سایش
..... ۵۱	۳-۷- ارزیابی میزان هدایت الکتریکی و جذب رطوبت
..... ۵۲	۳-۸- اندازه گیری سختی خمشی و طول خمش (جهت ارزیابی زیر دست پارچه)
..... ۵۲	۳-۹- اندازه گیری استحکام و سایر پارامترهای مکانیکی
..... ۵۳	۳-۱۰- طیف FTIR
..... ۵۳	۳-۱۲- آنالیزهای حرارتی
..... ۵۳	۳-۱۳- تست ضد باکتری
..... ۵۵	فصل چهارم
..... ۵۵	۴-۱- بررسی طیف FT-IR پودر cloisite Na ⁺
..... ۵۸	۴-۲- معیارها در بررسی رفتار سوختن
..... ۵۹	۴-۳- تهیه نمونه های اولیه و بررسی رفتار سوختن آنها (استفاده از نانورس با غلظتهای کمتر از ۲ درصد وزنی)
..... ۵۹	۴-۳-۱- بررسی نتایج سوختن حاصل از محلولهای آماده شده با همزن مغناطیسی
..... ۵۹	۴-۳-۲- بررسی نتایج سوختن حاصل از محلول آماده شده با همزن مغناطیسی در دمای بالا

.....۶:.....	۳-۳-۴ بررسی نتایج سوختن حاصل از محلول های آماده شده با اولتراسونیک
.....۶:.....	۴-۳-۴ بررسی نتایج سوختن حاصل از محلولهای آماده شده با همزن مکانیکی
.....۶:۱.....	۵-۳-۴ بررسی نتایج حاصل از سوختن محلول آماده شده با همزن مکانیکی در دمای بالا
.....۶:۱.....	۴-۴ بررسی نتایج آنتی استاتیکی نمونه های آماده شده با استفاده از محلول هایی با غلظت کم
.....۶:۱.....	۵-۴ تغییر نگرش و افزایش غلظت نانورس به بیش از ۲٪
.....۶:۲.....	۶-۴ بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن در نمونه های محتوی نانورس (غلظتهای بیشتر از ۲٪)
.....۶:۵.....	۷-۴ بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن نمونه ای محتوی نانورس و بیندر
.....۷:۱.....	۸-۴ بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن در نمونه های محتوی نانورس و نرم کن سیلیکونی
.....۷:۶.....	۹-۴ بررسی اشتعال پذیری و رفتار سوختن در نمونه های محتوی نانورس DMDHEU
.....۷:۹.....	۱۰-۴ بررسی تغییر رفتار سوختن پارچه پلی استری با کاربرد مواد معدنی (به تنهایی بدون نانورس) و مقایسه با حالتی که از نانورس (به تنهایی بدون مواد کمکی و معدنی) استفاده شده باشد.
.....۸:۲.....	۱۱-۴ بررسی اشتعال پذیری و تغییر رفتار سوختن در نمونه های محتوی نانورس و مواد معدنی
.....۸:۵.....	۱۲-۴ بررسی اشتعال پذیری و تغییر رفتار سوختن در نمونه های محتوی نانورس و دی آمونیوم هیدروژن فسفات
.....۸:۷.....	۱۳-۴ مقایسه و بررسی رفتار سوختن به کمک رزین تاخیر دهنده آتش تجاری Cetaflam PDND
.....۸:۸.....	۱۴-۴ بررسی ثبات نمونه های در برابر شستشو
.....۹:۲.....	۱۵-۴ بررسی ثبات نمونه ها در برابر سایش
.....۹:۴.....	۱۶-۴ اندازه گیری توانایی جذب رطوبت نمونه ها (بررسی خاصیت آنتی استاتیکی و هدایت الکتریکی به روش غیر مستقیم)
.....۹:۶.....	۱۷-۴ ارزیابی استحکام
.....۹:۷.....	۱۸-۴ بررسی زیر دست و سختی خمشی
.....۹:۹.....	۱۹-۴ بررسی ضریب زردی
.....۱:۰:۵.....	۲۰-۴ ارزیابی تصاویر SEM
.....۱:۰:۲.....	۲۱-۴ ارزیابی طیف FT-IR
.....۱:۰:۴.....	۲۲-۴ آنالیزهای TGA و DTG
.....۱:۰:۶.....	۲۳-۴ ارزیابی خواص ضد باکتری
.....۱:۰:۷.....	فصل پنجم
.....۱:۰:۷.....	۱-۵ جمع بندی و نتیجه گیری
.....۱:۱:۴.....	۲-۵ پیشنهادات

چکیده

الیاف پلی استری یکی از مهمترین، الیاف مصنوعی موجود هستند، این الیاف خواص فیزیکی و شیمیایی بسیار مطلوبی دارند و دامنه مصرف این الیاف در حال گسترش است، اما این الیاف در برابر شعله مقاومت مطلوبی ندارند و در تماس با شعله جمع شده، ذوب شده و چکه می کنند اگر تماس با شعله همچنان ادامه یابد پارچه آتش می گیرد در حین سوختن پارچه پلی استری قطرات مذاب ایجاد می گردد که در مورد مصارف پوشاکی این مسئله بسیار حساس و مهم جلوه می کند زیرا قطرات مذاب باعث می شوند تا عمق سوختگی بسیار بیشتر شده و جراحت وارده به فرد را افزایش می دهند

علاوه بر این الیاف پلی استر دارای قابلیت جذب رطوبت بسیار پایینی هستند و در اتمسفر معمولی خیلی سریع الکتریسته ساکن روی آنها ایجاد می گردد، چنانچه قابلیت جذب رطوبت الیاف افزایش یابد مسأله الکتریسته ساکن حل خواهد شد.

نانو کامپوزیت های پلیمر- رس دسته جدیدی از مواد پلیمری هستند که خواص حرارتی و مکانیکی بهتری نسبت به پلیمر خالص دارند، نانو کامپوزیت های مذکور دارای ساختارهای گوناگونی هستند که هر کدام خواص مخصوصی دارند.

در این تحقیق برای اولین بار و به کمک روش های تکمیلی از نانورس روی پارچه استفاده شده است و با کمک این نانو ذرات امکان تغییر رفتار سوختن پارچه پلی استری فراهم آمده طوری که در حین سوختن پارچه پلی استری قطرات مذاب ایجاد نمی گردد و باقی مانده ذغالی بیشتری تولید می گردد..

کلمات کلیدی: مقاومت در برابر حرارت، پلی استر، تکمیل، آنتی استاتیک، نانورس

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

در حوادث آتش سوزی یکی مهمترین عواملی که باعث خسارات جانی به افراد می شود منسوجات هستند. پارچه‌هایی که در آنها از تکمیل تاخیر در آتش استفاده شده باشد خطر کمتری را برای افراد ایجاد می کنند. هنگامی که پارچه پلی استری در معرض شعله قرار می گیرد ابتدا جمع می شود و اگر چنانچه تماس شعله با پارچه همچنان ادامه داشته باشد باعث می شود تا الیاف ذوب شده، به شکل قطره درآمده و چکه کنند. در ادامه شعله باعث می شود تا سطح وسیعی از پارچه آتش بگیرد [۱]. روش‌های مختلفی برای ایجاد تاخیر در آتش برای انواع پارچه‌های مصنوعی معرفی شده است که هر کدام با مکانیسم خاصی باعث ایجاد تاخیر در آتش می گردند [۲].

نانو کامپوزیت‌های پلیمری دسته جدیدی از مواد پلیمری هستند که حداقل یک بعد از آنها دارای ابعاد نانومتری است. نانو کامپوزیت‌های پلیمری دارای ساختارهای گوناگونی می باشند که هر کدام خواص منحصر به فرد خود را دارند. این دسته از مواد نسبت به پلیمرهای فاقد فاز تقویت کننده دارای برتری‌هایی می باشند که باعث شده است تا علاقه‌مندی جهت استفاده از این دسته از مواد بالاتر برود. یکی از مزیت‌های نانو کامپوزیت‌های رس نسبت به پلیمرهای خالص (فاقد فاز تقویت کننده) آن است که باعث می شوند تا پلیمر دافع آتش گردد و رفتار آتش‌پذیری آن تغییر یابد [۳].

الیاف پلی استر با توجه به خواص مطلوبی که دارند کاربرد بسیار وسیعی در صنعت نساجی دارند، اما یکی از معایب این الیاف جذب رطوبت بسیار پایین این الیاف است که باعث ایجاد الکتریسیته ساکن می گردد، اگر چنانچه

با مکانیسمی میزان جذب رطوبت پارچه پلی استری افزایش یابد بار الکتریکی بوجود آمده روی الیاف قابلیت تحرک پیدا می کند و مشکل الکتریسته ساکن حل می شود [۴].

رس های موجود در طبیعت دارای ساختارهای مختلفی می باشند که در بین انواع رس ها مونت موریونیت دارای ساختار صفحه ای می باشد، این کانی دارای خواص بسیاری است که یکی از آنها جذب رطوبت بسیار بالای این کانی است [۵].

ذوب شدن و چکه کردن قطرات مذاب برای پارچه ای که از آن پوشاک تهیه شده باشد می تواند فوق العاده خطرناک باشد؛ زیرا باعث می گردد تا عمق سوختگی و جراحت بیشتر شود [۶].

در این تحقیق به کمک نانوذرات رس با روش های تکمیلی، رفتار سوختن پارچه پلی استری تغییر داده شده است به طوریکه قطرات مذاب در حین سوختن حذف شده اند و قابلیت جذب رطوبت پارچه عمل شده با این مواد نیز مورد ارزیابی واقع شده است.

فصل دوم

مطالعات و تحقیقات مقدماتی

۲-۱- فناوری نانو

۲-۱-۱- تعریف

اساس فناوری نانو، توانایی کار در سطح مولکولی و اتم به اتم برای ایجاد ساختارهای بزرگ است. که ساختارهای ایجاد شده سازماندهی مولکولی جدیدی خواهند داشت. فناوری نانو به مواد و سیستم‌هایی مربوط می‌شود که ساختار و اجزای آنها به لحاظ مقیاسی که دارند، خواص، پدیده‌ها و فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی بهتری را نشان می‌دهند. هدف اصلی، بهره‌برداری از این خواص با گرفتن کنترل ساختارها و دستگاه‌ها در سطوح اتمی و مولکولی و یادگیری روش کارآمد ساخت و استفاده از این دستگاه‌ها می‌باشد و هدف دیگر، حفظ پایداری واسطه‌ها و مجتمع نمودن این نانو ساختارها در مقیاس میکرو و ماکروسکوپی است. با کنترل مواد و پیوندهای بین آنها در این مقیاس، رفتارهای جدیدی تولید می‌شود که خواص و کارایی دستگاه‌ها و اجسام ساخته شده با آنها را بسیار متفاوت‌تر از قابلیت‌های فعلی آنها، خواهد ساخت [۷].

۲-۱-۲- تاریخچه فناوری نانو

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و بخصوص دانشمندان آن دوران بر این باور بودند که مواد را می‌توان آنقدر به اجزاء کوچک تقسیم کرد تا به ذراتی رسید که خردناشدنی هستند و این ذرات بنیان مواد را تشکیل می‌دهند. شاید بتوان دموکریتوس، فیلسوف یونانی را پدر فناوری و علوم نانو دانست. چرا که در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح او اولین کسی بود که واژه اتم را که به معنای تقسیم‌نشده در زبان یونانی است برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد [۸].

با تحقیقات و آزمایشات بسیار دانشمندان تا کنون ۱۰۸ نوع اتم و تعداد زیادی ایزوتوپ کشف کرده اند. آنها همچنین پی برده اند که اتم ها از ذرات کوچکتری مانند کوارک ها و لپتون ها تشکیل شده اند. نقطه شروع و توسعه اولین فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفت که اولین نانو تکنولوژیست ها شیشه گران قرون وسطایی بودند که از قالب های قدیمی برای شکل دادن شیشه ها استفاده می کردند. البته این شیشه گران نمی دانستند که چرا با اضافه کردن طلا به شیشه رنگ آن تغییر می کند. در آن زمان برای ساخت شیشه های کلیساهای قرون وسطایی از ذرات نانومتری طلا استفاده می شده و با این کار شیشه های رنگی بسیار جذابی به دست می آمده است. این قبیل شیشه ها هم اکنون در بین شیشه های بسیار قدیمی یافت می شود و رنگ به وجود آمده در این شیشه ها بر پایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی باشند. در واقع یافتن مثالهایی برای استفاده از نانوذرات چندان سخت نیست. رنگدانه های تزئینی جام مشهور لیکرگوس در روم باستان (قرن چهارم بعد از میلاد) نمونه ای از آنهاست. این جام هنوز در موزه بریتانیا قرار دارد و بسته به جهت نور تابیده به آن رنگهای متفاوتی نشان می دهد. آنالیز این شیشه حکایت از وجود مقادیر بسیار اندکی از بلورهای فلزی ریز ۷۰۰ نانومتر دارد که حاوی نقره و طلا با نسبت مولی تقریباً ۴ به ۱ است. حضور این نانوبلورها باعث رنگ ویژه جام لیکرگوس گشته است [۸].

اولین جرقه فناوری نانو (البته در آن زمان هنوز به این نام شناخته نشده بود) در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال ریچارد فاینمن^۱ طی یک سخنرانی در مهمانی شامی که توسط انجمن فیزیک آمریکا برگزار شده بود با عنوان «فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد» ایده ی فناوری نانو را مطرح ساخت. سخنرانی او شامل این مطلب بود که می توان تمام دائرة المعارف بریتانیا را بر روی یک سنجاق نگارش کرد، یعنی ابعاد آن بیست و پنج هزار برابر کوچکتر از ابعاد واقعی می شود [۷].

واژه فناوری نانو برای اولین بار توسط نوریو تاینگوچی^۲ استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبان ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت وسایلی که دقت ابعادی آنها در حد نانومتر می باشد به کار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی اریک در کسلر^۳ در کتابی تحت عنوان «موتور آفرینش آغاز دوران فناوری نانو» بازآوری و تدوین مجدد شد. وی این واژه را به شکل عمیقتری در رساله دکترای خود مورد بحث و بررسی قرار داده و بعدها آن را در کتابی تحت عنوان «نانوسیستم ها ماشین های مولکولی چگونگی ساخت و محاسبات آنها» توسعه داد [۸].

۳-۱-۲- مزایای نانو تکنولوژی

برخی از مزایای پیشرفت در این عرصه عبارتند از: توسعه مستمر در الکترونیک و الکترواپتیک برای فناوری اطلاعات، ساخت و تولید موادی با کارایی بالا و هزینه نگهداری پایین تر، کاربردهای دفاعی، فضایی و زیست محیطی و پیشرفت های شتابان بیوفناوری در پزشکی، مراقبت های بهداشتی و کشاورزی.

¹ Richard Fineman

² Norio Taygonchi

³ K Eric derksler

در واقع پیوند بین علوم مواد، شیمی و علوم مهندسی که پایه‌های فناوری نانو هستند، عرصه‌ای را به وجود آورد که ماشین‌آلات خود تکثیرکننده و محصولات می‌سازند که خودشان را از اتم‌های اولیه ارزان تولید می‌کنند، ساخته شوند. در این فناوری، با دست‌کاری هر اتم به‌طور جداگانه و جای دادن آنها در مکانی که برای رسیدن به ساختار دلخواه و ایده‌آل تعبیه شده است، محصولات ساخته می‌شوند [۸].

۲-۱-۴- نانو ذرات

با گذر از میکروذرات به نانوذرات، با تغییر برخی از خواص فیزیکی روبرو می‌شویم، که دو مورد مهم آنها عبارتند از: افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم و ورود اندازه ذره به قلمرو اثرات کوانتومی، نانوذرات ذراتی هستند که حداقل یکی از ابعاد آنها کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد [۸].

۲-۲- نانو کامپوزیت‌ها

در دهه آخر قرن بیستم، زمینه جدیدی تحت عنوان نانو کامپوزیت وارد عرصه علم و فناوری کامپوزیت‌ها شد که به دلیل تغییر در ترکیب و ساختار مواد در مقیاس نانومتری و ارائه خواص ویژه و بی‌نظیر، نسبت به مواد کامپوزیتی در مقیاس‌های متداول، در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های قابل توجهی در این زمینه صورت گرفته است. در حال حاضر نیز جدیدترین تحقیقات در جهان در زمینه کامپوزیت‌ها، به‌طور عمده روی ساخت پودرهای نانو کامپوزیت و قطعات نانو کامپوزیت و بهبود خواص آنها متمرکز شده است [۹-۱۱].

۱-۲-۱- تعاریف

ابتدا به توضیح و تعریف بعضی از اصطلاحات به کار رفته می‌پردازیم:

الف. نانو کامپوزیت: مواد مرکبی (کامپوزیت) هستند که حداقل یکی از اجزای تشکیل‌دهنده آنها دارای ابعادی در محدوده نانومتری، بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر باشد.

ب. پودر نانو کامپوزیت: این پودرها شامل ذرات چند فازی با ابعادی در محدوده نانومتری هستند.

ج. فاز دوم: به جزء تقویت‌کننده در نانو کامپوزیت‌ها اطلاق می‌شود. که به صورت الیاف، صفحات مسطح ریز، ذرات و غیره در ابعاد نانومتری، به کار برده می‌شوند. در پودرهای نانو کامپوزیتی فاز دوم به فاز تقویت‌کننده اطلاق می‌گردد.

د. فاز زمینه: به جزء پیوسته در نانو کامپوزیت‌ها گفته می‌شود که می‌تواند در ابعاد نانومتری و یا بالاتر

باشد [۹].

۲-۲-۲- آشنایی با نانو کامپوزیت‌های پلیمر-رس

با توجه به نیاز صنعت گران به مواد پلیمری با خواص حرارتی و مکانیکی بالا، این شاخه از مواد نانو کامپوزیتی با استقبال زیادی روبرو شده است. این نانو کامپوزیت‌ها از دو فاز زمینه و تقویت‌کننده تشکیل شده‌اند که فاز زمینه را پلیمر و فاز تقویت‌کننده را صفحات نانومتری سیلیکات تشکیل می‌دهد. با توجه به ابعاد تقویت‌کننده، نانو کامپوزیت حاصل، دارای خواص منحصر به فردی است. به‌عنوان مثال در نانو کامپوزیت‌های

پلیمری با توجه به کوچک بودن پرکننده در آنها، خواص بسیار بهتری نسبت به کامپوزیت‌های معمولی مشاهده می‌شود [۱۲].

با توجه به خواص مکانیکی و حرارتی و مکانیکی است، سعی می‌شود که کانی رسی انتخاب شود که بهترین خواص حرارتی و مکانیکی را ایجاد کند. با توجه به این مطلب و با توجه به تنوع ساختاری رس‌های موجود در طبیعت، تحقیقات نشان می‌دهد که رس‌های **مونت موریونیت**^۱ (MMT) و **میکا**^۲ بهترین ساختار و خواص را برای استفاده در نانو کامپوزیت‌های پلیمری دارند. مونت موریونیت در مقایسه با سایر رس‌ها، پیوند قوی تری با زنجیره‌های پلیمری ایجاد می‌کند و همین امر باعث می‌شود که نانو کامپوزیت حاصل دارای ساختاری همگن و خواص برتر باشد در **جدول (۱-۲)** برخی از کانی‌های قابل استفاده برای ساخت نانو کامپوزیتها معرفی شده اند [۱۲].

نانو کامپوزیت‌های متشکل از پلیمر و رس، هیبریدهایی هستند که با توجه به اندازه نانومتری پرکننده، تغییراتی در ترکیب و ساختار آنها نسبت به کامپوزیت‌های معمولی مشاهده می‌شود. این امر به خاطر **نسبت منظر**^۳ بالای پرکننده‌ها است [۱۲].

ترکیبات پلیمر-رس به روش‌های مختلفی تهیه می‌شوند. نانو کامپوزیت مناسب تنها با روشی به دست می‌آید که بتوان بر تمایل تجمع لایه‌های سیلیکات غلبه کرده و آنها را به نحو مطلوب در زمینه پلیمری توزیع نمود. بنابراین، یافتن روشی که بتوان با استفاده از آن توزیع مناسبی از لایه‌های رس داشت، بسیار مهم است. به عبارت دیگر تهیه نانو کامپوزیت مطلوب، به دانش لازم و روش‌های مناسب نیازمند است. تقویت کننده خوب باید سازگاری مناسبی با زمینه پلیمری داشته باشد. خیلی از **پرکننده‌ها**^۴ معدنی، بسیار آب‌دوست هستند و بنابراین برای برخی پلیمرها، مناسب نیستند [۱۳-۱۵].

در بحث نانو کامپوزیت‌های پلیمری، که کانیهای رس به عنوان پرکننده در آنها استفاده می‌شود، توجه به موارد زیر حائز اهمیت است [۱۲]:

- ۱- نوع و اندازه پودری نانو کامپوزیت
- ۲- نسبت منظر ذرات
- ۳- اصلاح سطحی ذرات
- ۴- ظرفیت تبادل کاتیونی ذرات

^۱ Montmorillonite

^۲ Mica

^۳ Aspect ratio

^۴ Filler

یکی از خواص مزاحم کانی رس برای استفاده در زمینه‌های پلیمری، با توجه به غیرآلی بودن رس، ناسازگاری آن با پلیمرها است و همین امر ممکن است باعث ایجاد مزاحمت‌هایی در تهیه نانو کامپوزیت‌ها شود. برای حل این مشکل از رس اصلاح شده استفاده می‌کنند [۱۶].

جدول (۱-۲) برخی از کانی‌های قابل استفاده برای ساخت نانو کامپوزیتها [۱۲]

نوع رس	فرمول شیمیایی	منشأ	جانمایی	بار لایه‌ای
نوع ۲/۱				
مونت مورینیت	$M_x(Al_{2-x}Mg_x)Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	طبیعی	اکتاهدراک	منفی
هکتوریت ^۱	$M_x(Mg_{3-x}Li_x)Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	طبیعی	اکتاهدراک	منفی
سپونیت ^۲	$M_xMg_3(Si_{4-x}Al_x)O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	طبیعی	تتراهدراک	منفی
فلورو هکتوریت ^۳	$M_x(Mg_{3-x}Li_x)Si_4O_{10}F_2 \cdot nH_2O$	مصنوعی	اکتاهدراک	منفی
لاپونیت ^۴	$M_x(Mg_{3-x}Li_x)Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$	مصنوعی	اکتاهدراک	منفی
فلورومیکا ^۵ (سوماسیت)	$NaMg_{2.5}Si_4O_{10}F_2$	مصنوعی	اکتاهدراک	منفی
نوع ۱/۱				
کائولینیت ^۶	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$	طبیعی	-	منفی
هالویزیت ^۷	$Al_2Si_2O_5(OH)_4 \cdot 2H_2O$	طبیعی	-	منفی
<i>M</i> یون‌های قابل تبادل به وسیله یون‌های یک ظرفیتی را نشان می‌دهد.				

صفحات تشکیل دهنده رس در حال طبیعی موازی یکدیگر هستند، ولی حین استفاده در پلیمرها در هنگام عملیات شکل دهی و حرارت دهی این صفحات، شکل اصلی خود را از دست داده و از یکدیگر فاصله می‌گیرند. در شکل (۱-۲) سه ساختاری که ترکیب پلیمرها و رس به خود می‌گیرد، دیده می‌شود که در مرحله تولید نانو کامپوزیت‌ها ساختار لایه‌ای رس‌ها به هم خورده است.

^۱ Hectorite

^۲ Saponite

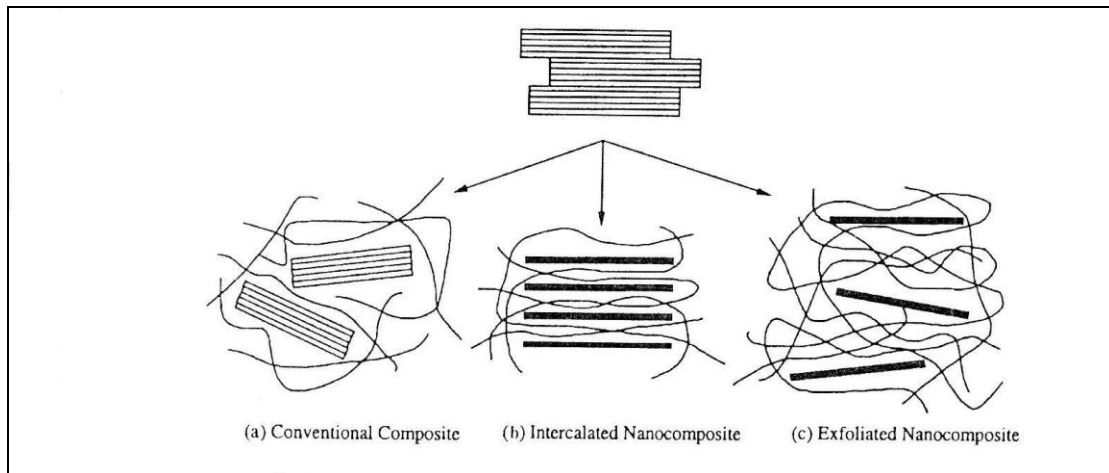
^۳ Fluorohectorite

^۴ Laponite

^۵ Fluomica

^۶ Kaolinite

^۷ Halloysite



شکل (۱-۲) ساختارهای مختلف نانوکامپوزیتهای پلیمر-رس [۹]

فرایند توزیع ذرات نانومتری در داخل زمینه پلیمری در دو حالت ممکن است رخ دهد که در هر دو حالت، فواصل بین صفحات سیلیکاتی افزایش می یابد و نیروی ضعیفی بین صفحات سیلیکاتی و زنجیره پلیمری ایجاد می شود:

الف) نفوذ و تداخل زنجیره های پلیمری بین صفحات سیلیکاتی:

این حالت، زمانی اتفاق می افتد که فاصله بین صفحات سیلیکاتی، به اندازه کافی زیاد شده تا زنجیره پلیمری بتواند با ضخامت مشخصی وارد فضای بین صفحات شود. ذکر این نکته ضروری است که نفوذ پلیمر به داخل فضای بین صفحات الزامی است، در غیر این صورت نانوکامپوزیت حاصل دارای خواص خوبی نخواهد بود. به نانو کامپوزیت تولید شده با این ساختار نوع مجتمع^۱ گفته میشود [۹].

ب) تغییر آرایش صفحات سیلیکاتی و پخش شدن آن در زمینه پلیمری:

گاهی اوقات به دلیل بالا بودن جرم مولکولی پلیمر، زنجیره های طولانی پلیمر نمی توانند در فواصل بین صفحات وارد شوند که با استفاده از حلال مناسب و انجام عمل اختلاط، کانی رس را در پلیمر پخش می کنند. بدیهی است که با توجه به تغییر آرایش صفحات سیلیکاتی در این روش، خواص حاصل شده برای نانو کامپوزیت، پایین تر از خواص روش اول است. به نانو کامپوزیت تولید شده نوع ورقه ای^۲ گفته میشود

برای آب دوست کردن صفحات سیلیکاتی از ترکیباتی مانند اسیدهای آمینه و یا آمونیوم استفاده می کنند تا با خارج کردن کاتیون های مزاحم موجود در شبکه بلوری کانی رس، هم بر روی فاصله صفحه ها اثر گذارد و هم خاصیت تبادل کاتیونی را تغییر دهد.

نانو کامپوزیت های پلیمر-رس، برای بسیاری از سیستم های پلیمری، مورد آزمایش قرار گرفته اند.

^۱ Intercalated

^۲ Delaminated or exfoliated

نانو کامپوزیت های حاصل، اغلب از خواص بهتری نسبت به پلیمرهای پر شده مرسوم یا کامپوزیت های با مقیاس بزرگ تر مثل میکرو کامپوزیت ها برخوردارند [۱۷].

۲-۳- خواص مهم رس در نانو کامپوزیت های پلیمری

ذرات لایه ای دارای استحکام، سفتی و نسبت ابعادی بالایی هستند که این خصوصیات در بسیاری از جامدات لایه ای دیده می شود، ولی در رس های از نوع اسمکتیت^۱ مانند مونت موریونیت، ساپونیت و هکتوریت به دو دلیل استعداد بیشتری برای مصرف در ساخت نانو کامپوزیت ها دارند. اول این که این مواد در طبیعت به وفور یافت می شوند و از نقطه نظر کانی شناسی دارای خلوص بالایی هستند و قیمت پایینی نیز دارند. علت دوم، ساختار شیمیایی آنها است که با انجام اصلاحات سطحی، با پلیمرهای آلی سازگار می شوند. البته، هم رس طبیعی و هم سیلیکات های لایه ای مصنوعی به طور موفقیت آمیزی در ساخت نانو کامپوزیت ها مورد استفاده قرار گرفته اند [۱۲].

مهم ترین مشخصه های کانی رس با هدف افزایش سازگاری با زمینه پلیمری و بهبود خواص نانو کامپوزیت، عبارتند از [۳]:

- ۱- میزان خلوص
- ۲- ظرفیت تبادل کاتیونی^۲ (CEC)
- ۳- نسبت منظر

الف) میزان خلوص

خلوص خاک رس، یکی از خواص بحرانی و مهم، برای به دست آوردن نانو کامپوزیتی با حداکثر بهبود در خواص است. به عنوان مثال، یکی از کاربردهای نانو کامپوزیت های رس - پلیمر در صنایع بسته بندی مواد غذایی است و چنانچه خاک رس استفاده شده در ساختار نانو کامپوزیت، ناخالصی بالایی داشته باشد، باعث کدر شدن ظروف بسته بندی می شود. مونت موریونیت یکی از انواع رس است که در ساختار نانو کامپوزیت ها به عنوان پودر نانومتری مورد استفاده قرار می گیرد. مونت موریونیت در طبیعت، ۵ تا ۳۵ درصد وزنی ناخالصی دارد. چنانچه این ناخالصی تا ۲/۵ درصد کاهش نیابد، به طور قطع در کیفیت نانو کامپوزیت حاصل، اثر نامطلوبی خواهد گذاشت. لازم به ذکر است که مرحله خالص سازی مونت موریونیت، یکی از مراحل پرهزینه و زمان بر است [۳].

ب) ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)

در کانی رس های متفاوت، با جایگزینی فلزاتی از قبیل Fe^{2+} و Mg^{2+} به جای فلزی که در بین لایه های شش ضلعی سیلیکات واقع شده است (به طور مثال Al^{3+})، با توجه به دو ظرفیتی بودن فلزات جایگزین شونده بر روی

^۱ Smectite

^۲ Cation exchange capacity(CEC)