



١٢٩٤.١



دانشکده: فنی مهندسی

گروه: مهندسی شیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته ی: مهندسی شیمی

گرایش: جداسازی

نام دانشجو: الهه قاسمی

تحت عنوان

مدل سازی خواص انسدادی نانوکامپوزیت های پلیمر / خاک رس

در تاریخ ۱۳۸۷/۱۲/۱۳ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای اول: دکتر فرشاد رحیم پور با مرتبه ی علمی استادیاری امضاء:

۲- استاد داور داخل گروه: دکتر لاله رجبی با مرتبه ی علمی استادیاری امضاء:

۳- استاد داور خارج از گروه: دکتر سیدنظام الدین حسینی با مرتبه ی علمی استادیاری امضاء:

۱۳۸۸ / ۴ / ۲۲

استاد مشاوران: دکتر علی محمدی
دکتر سیدمهدی

۱۲۶۴۰۸

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است

چکیده:

در این تحقیق مدل سازی خاصیت انسدادی نانوکامپوزیت‌های پلیمری با بهره گیری از معادله نفوذ و تئوری نفوذ-حلالیت و با اصلاح دو مدل به انجام رسیده است. این مدل سازی در دو قسمت انجام یافته است. در قسمت نخست با اصلاح مدل نیلسون، تاثیر لایه لایه شدن پرکننده‌های ساختار پلیمری نانوکامپوزیت که با پارامتر $\%Exf$ بیان می‌شود، صورت گرفته است. پارامتر درجه ورقه شدگی بوسیله روش BDPM بدست آمده است. این روش توسط نوارچیان و مجد زاده، جهت کمی‌سازی میزان پخش لایه‌های سیلیکاتی در ماتریس پلیمر، توسط پردازش تصاویر میکروسکوپی عبوری به کمک نرم افزار MATLAB بدست آمده است. در این روش، تعیین دقیق ساختارهای مختلف ورقه‌ای، جایگیری بین لایه‌ای و امتزاج ناپذیر موجود در تصاویر میکروسکوپی عبوری امکان پذیر می‌باشد. با بدست آوردن درجه ورقه شدگی لایه‌ها رابطه نفوذپذیری نسبی نانوکامپوزیت‌ها با این خاصیت بدست آورده شده و با وارد کردن آن در مدل نیلسون معادله خاصیت انسدادی نانوکامپوزیت‌های پلیمری بدست آمده است.

مدل ارائه شده در این تحقیق با نتایج تجربی نفوذپذیری نسبی بدست آمده از یک نانوکامپوزیت با سه حالت ورقه شدن ضعیف، متوسط و کامل مقایسه شد که برای این مدل تطابق خوبی با نتایج تجربی بدست آمد. در قسمت دوم مدل‌سازی با اصلاح مدل کسلر تاثیر جهت گیری لایه‌ها روی خاصیت انسدادی نانوکامپوزیت‌ها بررسی شده است، در این قسمت از مدل سازی با استفاده از معادله نفوذی برای کامپوزیت‌های پلیمری و در نظر گرفتن توزیع روی اندازه زاویه‌های لایه‌ها، معادله خاصیت انسدادی نانوکامپوزیت پلیمری شامل لایه‌های پرکننده با جهت گیری مختلف بدست آمده است که این معادله را مدل NG نامیدیم. برای حل این معادله لازم است زاویه تک تک لایه‌های پرکننده تعیین شود. نتایج تئوری این مدل با نتایج تجربی نفوذ پذیری اکسیژن از درون نانوکامپوزیت نشاسته/خاک رس مقایسه شده است که برای این مدل تطابق خوبی با نتایج تجربی برای نانوکامپوزیت نشاسته/خاک رس شامل خاک رس لایه لایه شده بدست آمد.

در قسمت آخر تاثیر توزیع اندازه زاویه‌های لایه‌ها به همراه تاثیر توزیع اندازه‌های لایه‌های پرکننده روی خاصیت انسدادی نانوکامپوزیت‌ها با تلفیق مدل NG با مدل کسلر صورت گرفته است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول :مقدمه
۲	۱-۱- کامپوزیت ها
۲	۱-۱-۱- کامپوزیت های پلیمری
۳	۱-۲- کامپوزیت های لیفی
۵	۱-۳- نقاط ضعف و قوت کامپوزیت ها
۵	۱-۴- موارد کاربرد کامپوزیت ها
۶	۲-۱- نانو کامپوزیت ها
۷	۱-۲-۱- طبقه بندی نانو کامپوزیت ها
۷	۲-۲-۱- نانو کامپوزیت های پایه پلیمری
۸	۳-۲-۱- نانو کامپوزیت های پایه سرامیکی
۹	۴-۲-۱- نانو کامپوزیت های پایه فلزی
۹	۵-۲-۱- نانو کامپوزیت ها و آینده
۱۰	۳-۱- نانو کامپوزیت های پلیمر- خاک رس
۱۰	۱-۳-۱- تعریف
۱۳	۲-۳-۱- ویژگی های نانو کامپوزیت های خاک رس / پلیمر
۱۳	۳-۳-۱- کاربرد نانو کامپوزیت های خاک رس / پلیمر
۱۶	فصل دوم : مروری بر تحقیقات قبلی انجام شده:
۱۷	۱-۲- نفوذپذیری در کامپوزیت ها
۱۹	۲-۲- تئوری نفوذ / حلالیت
۲۵	۳-۲- بررسی مدل ها
۲۵	۱-۳-۲- مدل نیلسون
۲۹	۱-۳-۲-۱- مقایسه نتایج تجربی با نتایج مدل نیلسون
۳۰	۲-۳-۲- مدل آریس و مدل ویکهام-میسون
۳۱	۳-۳-۲- مدل کسلر
۳۳	۴-۳-۲- مدل فردریکسون و بیسرانو
۳۳	۵-۳-۲- مدل جوزف و لوستی

۳۴.....	۲-۳-۶- مدل برادواج.....
۳۶.....	۲-۳-۶-۱. مقایسه نتایج مدل برادواج با مدل نیلسون و نتایج تجربی.....
۳۶.....	۲-۳-۷- مدل کسلر و لیپ.....
۳۷.....	۲-۳-۸- مدل زو.....
۴۰.....	۲-۳-۸-۱- مقایسه مدل زو با مدل های دیگر.....
۴۱.....	۲-۳-۸-۲- بررسی اثر فاصله افقی بین لایه‌ها روی نفوذپذیری نسبی در مدل زو.....
۴۲.....	۲-۳-۸-۳- بررسی اثر ضخامت لایه‌ها روی نفوذپذیری نسبی در مدل زو.....
۴۲.....	۲-۳-۸-۴- بررسی اثر درصد حجمی لایه‌ها روی نفوذپذیری نسبی در مدل زو.....
۴۳.....	۲-۴-۴- مقایسه نتایج بدست آمده برخی از مدل های جدول ۱-۲ با نتایج تجربی.....
۴۳.....	۲-۴-۱- مقایسه تعداد توده‌های خاکرس.....
۴۴.....	۲-۴-۲- تأثیر افزایش مقدارخاکرس روی نفوذ پذیری نسبی.....
۴۶.....	۲-۴-۳- مقایسه نسبت ظاهری متوسط.....
۴۷.....	۲-۴-۴- اثر مقادیر مختلف نسبت ظاهری روی ساختار ظاهری نانوکامپوزیت.....
۴۹.....	۲-۵- اساس روش BDPM برای تعیین میزان پخش.....
۵۱.....	۲-۶- مورفولوژی ورقه‌ای.....

فصل سوم: آزمایشات و روش‌ها..... ۵۳

۵۴.....	۳-۱- مقدمه.....
۵۴.....	۳-۲- بدست آوردن رابطه نفوذپذیری نسبی با.....
۵۸.....	۳-۴- اندازه گیری میزان نفوذ گاز.....

فصل چهارم: ارائه مدل ریاضی..... ۶۰

۶۱.....	۴-۱- مقدمه.....
۶۲.....	۴-۲- بررسی تأثیر درصد ورقه ورقه شدن لایه‌ها بر روی خاصیت انسدادی نانوکامپوزیت ها.....
۶۲.....	۴-۲-۱- بیان مساله.....
۶۳.....	۴-۳- فرضیات مدل.....
۶۴.....	۴-۴- تئوری.....
۶۶.....	۴-۴-۱- فرمولاسیون نهایی.....
۶۶.....	۴-۵- بررسی تاثیر جهت گیری لایه‌ها روی خاصیت انسدادی نانوکامپوزیت‌ها:.....
۶۸.....	۴-۶- فرضیات مدل.....
۶۹.....	۴-۷- تئوری.....
۶۶.....	۴-۵-۱- مقدمه.....
۷۱.....	۴-۷-۱- فرمولاسیون نهائی.....
۷۲.....	۴-۸- بررسی تاثیر توزیع اندازه های لایه های پرکننده روی خاصیت انسدادی.....

۷۲.....	۴-۸-۱-مقدمه.....
۷۲.....	۴-۹-فرضیات مدل.....
۷۳.....	۴-۱۰-تئوری.....
۷۵.....	۴-۱۰-۱-فرمولاسیون نهائی.....
۷۶.....	فصل پنجم: نتایج و بحث.....
۷۷.....	۵-۱-نتایج روش BDPM.....
۸۰.....	۵-۲-حل معادله اصلاح شده و مقایسه نتایج آن با مدل نیلسون.....
۸۳.....	۵-۳-علل بروز خطا.....
۸۴.....	۵-۴-مقایسه نتایج حاصل از مدل NG با نتایج تجربی.....
۹۶.....	۵-۵-علل بروز خطا.....
۹۷.....	۵-۶-بررسی تاثیر توزیع اندازه های لایه های پرکننده روی خاصیت انسدادی.....
۹۷.....	۵-۶-۱-مقایسه نتایج حاصل از مدل NG ^۲ با نتایج تجربی.....
۱۰۰.....	۵-۷-علل بروز خطا.....
۱۰۰.....	۵-۸-جمع بندی و نتیجه گیری.....
۱۰۳.....	پیوست.....
۱۰۹.....	منابع و ماخذ.....

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱- کامپوزیت ها :

در کاربردهای مهندسی، جهت بدست آوردن خواص مورد نظر اغلب به تلفیق خواص مواد نیاز داریم. به عنوان مثال در صنایع هوافضا، کاربردهای زیر آبی، حمل و نقل و امثال آنها، امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص مورد نظر را فراهم نماید، وجود ندارد. در صنایع هوافضا به موادی نیاز است که ضمن داشتن استحکام بالا، سبک باشند، مقاومت سایشی خوبی داشته باشند. همچنین در صنعت خودرو، قطعاتی که در خودرو کاربرد دارند فلزی هستند، اما فلزات محدودیت‌هایی دارند که راه را برای استفاده از قطعات کامپوزیت در صنعت خودرو باز کرده است. از جمله مزایای این قطعات کامپوزیتی می‌توان به سبکی، خواص مکانیکی بالا، مقاومت در برابر خوردگی، سهولت تولید و سرمایه‌گذاری کم اشاره نمود. از آنجا که نمی‌توان ماده‌ای یافت که همه خواص مورد نظر را دارا باشد، باید به دنبال چاره‌ای دیگر بود. کلید این مشکل، استفاده از کامپوزیت هاست. کامپوزیت‌ها موادی چند جزئی هستند که خواص آنها در مجموع از هر کدام از اجزاء بهتر است. ضمن آنکه اجزای مختلف، کارایی یکدیگر را بهبود می‌بخشند. به طور مثال پلی اتیلن که در ساخت چمن‌های مصنوعی از آن استفاده می‌گردد، رنگ پذیر نیست و به همین سبب رنگ این چمن‌ها اغلب مات است. برای برطرف نمودن این نقص به آن وینیل استات می‌افزایند تا خواص پلاستیکی، نرمیت و رنگ پذیری آن اصلاح شود.

در واقع، هدف از ایجاد کامپوزیت، بدست آوردن ماده‌ای ترکیبی با خواص مورد انتظار می‌باشد. اگرچه کامپوزیت‌های طبیعی، فلزی و سرامیکی نیز در این بحث می‌گنجد، ولی در اینجا ما تنها به کامپوزیت‌های پلیمری می‌پردازیم.

۱-۱-۱- کامپوزیت های پلیمری :

در کامپوزیت‌های پلیمری حداقل دو جزء مشاهده می‌شود [۱]:

۱. فاز تقویت کننده که درون ماتریس پخش شده است.

۲. فاز ماتریس که فاز دیگر را در بر می‌گیرد و یک پلیمر گرماسخت یا گرمانرم می‌باشد که گاهی قبل از سخت شدن آنرا رزین می‌نامند.

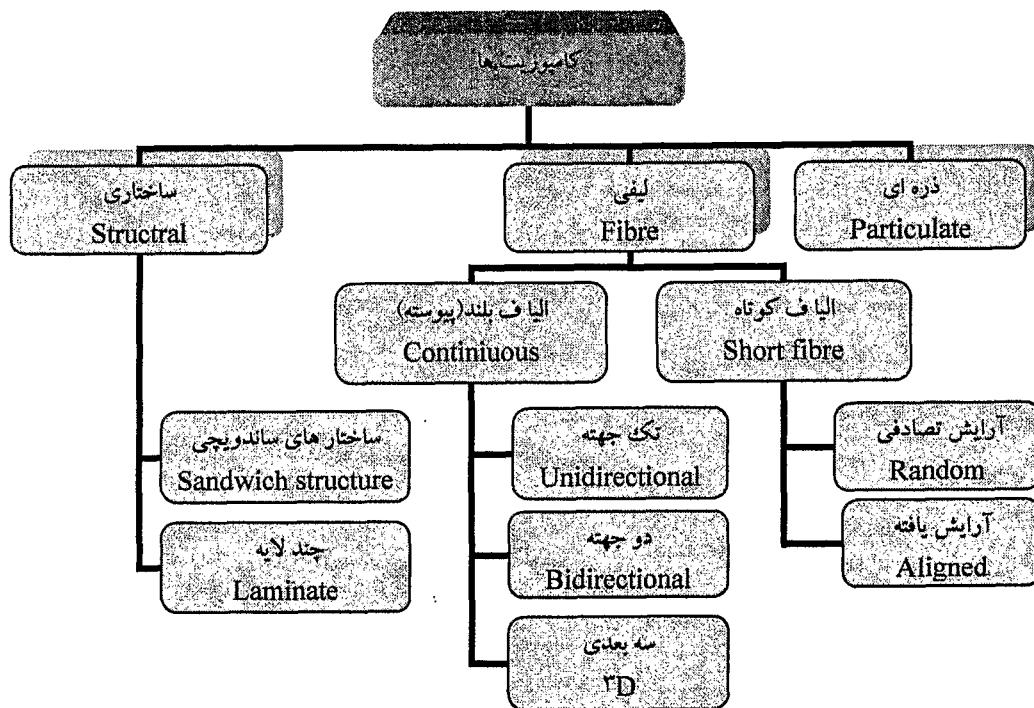
خواص کامپوزیت‌ها به عوامل مختلفی از قبیل نوع مواد تشکیل دهنده و ترکیب درصد آنها، شکل و آرایش تقویت کننده و اتصال دو جزء به یکدیگر بستگی دارد. تقسیم بندی‌های مختلفی در مورد کامپوزیت‌ها انجام گرفته است که در شکل ۱-۱-۱ یکی از آنها را آورده‌ایم [۱].

۱-۱-۲- کامپوزیت های لیفی :

از نظر فنی، کامپوزیت‌های لیفی، مهمترین نوع کامپوزیت‌ها می‌باشند که خود به دو دسته الیاف کوتاه و بلند تقسیم می‌شوند. الیاف می‌بایست استحکام کششی بسیار بالایی داشته، خواص لیف آن (در قطر کم) از خواص توده ماده بالاتر باشد. در واقع قسمت اعظم نیرو توسط الیاف تحمل می‌شود و ماتریس پلیمری در واقع ضمن حفاظت الیاف از صدمات فیزیکی و شیمیایی، کار انتقال نیرو به الیاف را انجام می‌دهد. ضمناً ماتریس، الیاف را به مانند یک چسب کنار هم نگه می‌دارد و البته گسترش ترک را محدود می‌کند. مدول ماتریس پلیمری باید از الیاف پایین تر باشد و اتصال قوی بین الیاف و ماتریس بوجود بیاورد.

خواص کامپوزیت بستگی زیادی به خواص الیاف و پلیمر و نیز جهت و طول الیاف و کیفیت اتصال رزین و الیاف دارد. اگر الیاف از یک حدی که طول بحرانی نامیده می‌شود، کوتاهتر باشند، نمی‌توانند حداکثر نقش تقویت کنندگی خود را ایفا نمایند. الیافی که در صنعت کامپوزیت استفاده می‌شوند به دو دسته

تقسیم می‌شوند:



شکل ۱-۱. طبقه بندی مواد کامپوزیت [۱]

الف) الیاف مصنوعی

ب) الیاف طبیعی

کارایی کامپوزیت‌های پلیمری مهندسی توسط خواص اجزاء آنها تعیین می‌شود. اغلب آنها دارای الیاف با مدول بالا هستند که در ماتریس‌های پلیمری قرار داده شده‌اند و فصل مشترک خوبی نیز بین این دو جزء وجود دارد. ماتریس پلیمری دومین جزء عمده کامپوزیت‌های پلیمری است. این بخش عملکردهای بسیار مهمی در کامپوزیت دارد. اول اینکه به عنوان یک چسب، الیاف تقویت کننده را نگه می‌دارد. دوم، ماتریس تحت بار اعمالی تغییر شکل می‌دهد، تنش را به الیاف محکم و سفت منتقل می‌کند. سوم، رفتار پلاستیک ماتریس پلیمری، انرژی را جذب کرده، موجب کاهش تمرکز تنش می‌شود که در نتیجه، رفتار چقرمگی در شکست را بهبود می‌بخشد.

تقویت کننده‌ها معمولاً شکننده هستند و رفتار پلاستیک ماتریس می‌تواند موجب تغییر مسیر ترک‌های موازی با الیاف شود و موجب جلوگیری از شکست الیاف واقع در یک صفحه شود. بحث در مورد مصادیق ماتریس‌های پلیمری مورد استفاده در کامپوزیت‌ها به معنای بحث در مورد تمام پلاستیک‌های تجاری موجود

می‌باشد. در تئوری، تمام گرماسخت‌ها و گرمانرم‌ها می‌توانند به عنوان ماتریس پلیمری استفاده شوند. در عمل، گروه‌های مشخصی از پلیمرها به لحاظ فنی و اقتصادی دارای اهمیت هستند. در میان پلیمرهای گرماسخت پلی‌استر غیر اشباع، وینیل‌استر، فنل فرمالدهید (فنولیک) اپوکسی و رزین‌های پلی‌ایمید بیشترین کاربرد را دارند. در مورد پلیمرهای گرمانرم، اگرچه گرمانرم‌های متعددی استفاده می‌شوند، پلی‌پروپیلن و نایلون بیشترین زمینه و اهمیت را دارا هستند.

از الیاف متداول در کامپوزیت‌ها می‌توان به شیشه، کربن و آرامید اشاره نمود. در میان رزین‌ها نیز، پلی‌استر، وینیل‌استر، اپوکسی و فنولیک از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. [۱]

۱-۱-۳- نقاط ضعف و قوت کامپوزیت‌ها :

وزن کم این مواد در عین بالا بودن نسبت مقاومت به وزن آنها (حتی تا ۱۵ برابر برخی از فولادها)، مقاومت بالانسبت به خوردگی، سختی، جذابیت ظاهری، مقاومت در برابر خستگی، انبساط یا انقباض ناشی از تغییرات درجه حرارت، عایق حرارتی بودن، عایق صوتی بودن، قابلیت هدایت حرارتی و قابلیت هدایت الکتریکی از جمله خواصی است که به وسیله به هم آمیختن مواد (کامپوزیت) می‌توان بدست آورد و از جمله نقاط ضعف کامپوزیت‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- با وجود آن که قوانین ساده‌ای برای نمونه‌های کوچک وجود دارد، اما پیش بینی خواص نمونه‌های بزرگتر مسئله ساز بوده و از لحاظ ایمنی باعث وقوع زیان‌های جدی می‌گردد.
- کنترل مرغوبیت و کیفیت اجزاء اصلی و قطعات ساخته شده از آنها به ویژه قطعات حساس و تحت تنش‌های مکانیکی شدید نظیر قطعات هواپیما.
- طرح مهندسی ویژه کامپوزیت‌ها، این محدودیت بیشتر در موارد عمومی صنعتی وجود دارد.
- محدودیت تخصصی و آموزشی در تمام سطوح در عرصه طراحی، ساخت و مصرف کامپوزیت‌ها

۱-۱-۴- موارد کاربرد کامپوزیت‌ها:

۱. صنعت هوافضا: ساخت بدنه هواپیما، ساخت پره‌های توربین بادی و پره‌های هلی‌کوپتر، پوشش رادار هواپیما، ساخت فضاپیمای شاتل.

۲. صنعت نفت و گاز: به منظور ترمیم و تقویت سازه‌های فرسوده و ترمیم لوله‌های فرسوده نفت و گاز، عایق توربین.
۳. صنایع دریایی: ساخت بدنه کشتی و تاسیسات فرا ساحلی.
۴. صنعت ساختمان: پوشش کف، نما، سقف و برج های خنک کننده.
۵. صنعت خودرو سازی: ساخت خودرویی سبک و در نتیجه کم مصرف تر.
۶. صنعت هسته‌ای.
۷. صنایع الکتریکی.

۱-۲- نانو کامپوزیت ها :

نانو کامپوزیت نیز همان کامپوزیت است که یک یا چند جزء از آن، دارای ابعاد کمتر از صد نانومتر می باشند. نانو کامپوزیت‌ها از دو فاز تشکیل شده‌اند. فاز اول یک ساختار بلوری است که در واقع پایه یا ماتریس نانو کامپوزیت محسوب می‌شود و ممکن است از جنس پلیمر، فلز و یا سرامیک باشد. فاز دوم نیز ذراتی در مقیاس نانومتر می‌باشند که به عنوان تقویت کننده (مواد پرکننده)، به منظور اهداف خاص از قبیل استحکام، مقاومت، هدایت الکتریکی، خواص مغناطیسی و ... در درون فاز اول (ماده پایه) توزیع می‌شوند. در بحث نانو مواد، نانو کامپوزیت‌ها از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. حضور ذرات و الیاف در ساختار نانو کامپوزیت‌ها معمولاً باعث ایجاد استحکام در ماده پایه می‌شود. در واقع هنگامی که ذرات و یا الیاف درون یک ماده پایه توزیع شوند، نیروهای اعمال شده به کامپوزیت به طور یکنواختی به ذرات یا الیاف منتقل می‌شود.

با توزیع مواد پرکننده درون ماده پایه خصوصیات نظیر استحکام، سختی و تخلخل تغییر می‌کند. ماده پایه می‌تواند ذرات را به گونه‌ای از هم جدا نگه دارد که رشد ترک به تأخیر افتد. به علاوه اجزاء نانو کامپوزیت‌ها بر اثر برهمکنش سطحی بین ماده پایه و مواد پرکننده، از خواص بهتری برخوردار می‌شوند. نوع و میزان برهمکنش‌ها نقش مهمی در خواص مختلف نانو کامپوزیت‌ها همچون حلالیت، خواص نوری، خواص الکتریکی و مکانیکی آنها دارد [۲].

۱-۲-۱- طبقه بندی نانوکامپوزیت ها :

انواع نانوکامپوزیت را می توان بر اساس ماده پایه آنها به شرح زیر طبقه بندی کرد:

۱. نانوکامپوزیت های پایه پلیمری: PMNCs^۱

۲. نانوکامپوزیت های پایه سرامیکی: CMNCs^۲

۳. نانوکامپوزیت های پایه فلزی: MMNCs^۳

در ادامه به بررسی خواص و کاربرد هر یک از این نانوکامپوزیت ها پرداخته می شود.

۱-۲-۲- نانوکامپوزیت های پایه پلیمری :

در بین نانوکامپوزیت ها بیشترین توجه به نانوکامپوزیت های پایه پلیمری معطوف است. یکی از دلایل گسترش نانوکامپوزیت های پلیمری، خواص بی نظیر مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی آن است. این مواد پلیمری عموماً دارای استحکام بالا، وزن کم، پایداری حرارتی بالا، رسانایی الکتریکی بالا و مقاومت شیمیایی بالایی هستند. تقویت پلیمرها با استفاده از مواد آلی و معدنی بسیار مرسوم می باشد. بر خلاف تقویت کننده های مرسوم که در مقیاس میکرون می باشند، در نانوکامپوزیت ها تقویت کننده ها ذراتی در ابعاد نانومتر می باشند. با افزودن درصد کمی از نانوذرات به یک پلیمر خالص، استحکام کششی، استحکام تسلیم و مدول یانگ افزایش چشمگیری می یابد. به عنوان مثال، با افزودن تنها ۰.۰۴ درصد حجمی میکا (یک نوع سیلیکات) با ابعاد ۵۰ نانومتر به اپوکسی، مدول یانگ این ماده ۵۸ درصد افزایش خواهد یافت. دلیل دوم توسعه نانوکامپوزیت های پایه پلیمری و افزایش تحقیقات در این زمینه، کشف نانولوله های کربنی در سال ۱۹۹۱ میلادی است. استحکام و خواص الکتریکی نانولوله های کربنی به طور قابل ملاحظه ای با نانولوله های گرافیت و دیگر مواد پرکننده تفاوت دارد. نانولوله های کربنی موجب رسانایی و استحکام فوق العاده ای در پلیمرها می شوند به طوری که کاربردهای حیرت انگیزی همچون آسانسور فضایی را برای آن می توان متصور شد. از نظر نظامی نیز فراهم کردن هدایت الکتریکی در پلیمرها فرصت های انقلابی را به وجود خواهد آورد. به عنوان مثال از پوسته های الکتریکی - مغناطیسی گرفته تا کامپوزیت های رسانای گرما و لباس های سربازان آینده!

^۱- Polymer matrix nanocomposites

^۲- Ceramic matrix nanocomposites

^۳- Metal matrix nanocomposites

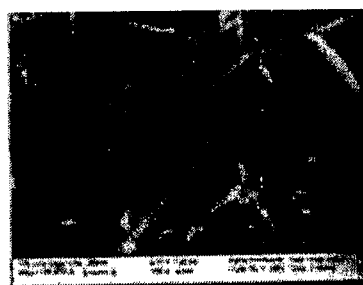
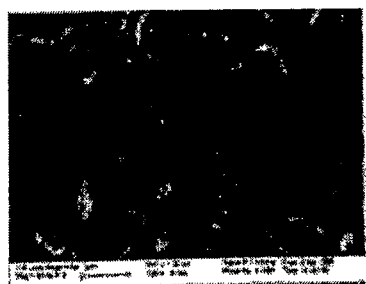
این دسته از کامپوزیت‌ها به دلیل خواص منحصر به فردی که دارند به طور گسترده‌ای در صنایع خودرو، هوافضا و بسته بندی مواد غذایی گسترش یافته‌اند. از دیگر کاربردهای نانوکامپوزیت‌های پلیمری پوشش‌های مقاوم به سایش، پوشش‌های مقاوم به خوردگی، پلاستیک‌های رسانا، حسگرها، آسترهای مقاوم در دمای بالا و غشاهای جداسازی گازها و سیالات نفتی می‌باشند.

به عنوان مثال می‌توان به نوعی غشاء نانوکامپوزیتی ساخته شده از یک نوع پلیمر و نانولایه‌های سیلیکا اشاره کرد که توسط محققان دانشگاه کارولینای شمالی ساخته شده است. این غشاء توانایی فوق العاده‌ای در جداسازی مولکول‌های آلی از گازها دارد.[۲]

۱-۲-۳- نانوکامپوزیت‌های پایه سرامیکی :

به موادی (معمولاً جامد) که بخش عمده تشکیل دهنده آنها غیرفلزی و غیرآلی باشد، سرامیک گفته می‌شود. سرامیک‌ها خواص بسیار خوبی نظیر مقاومت حرارتی بالا، پایداری شیمیایی خوب و استحکام مکانیکی مناسبی دارند، اما به دلیل پیوندهای یونی و کووالانس موجود در سرامیک‌ها چقرمگی شکست آنها پایین است و تغییر شکل پلاستیک این مواد محدود می‌باشد. به منظور رفع این مشکل با اضافه کردن و جداسازی الیاف و ذرات مناسب، می‌توان چقرمگی شکست را بالا برد. اگر این تقویت کننده‌ها ابعاد نانومتری داشته باشند بالاترین چقرمگی شکست به دست می‌آید.

به طور مثال در شکل ۱-۲ نانوکامپوزیت نیتريد سيليسيم حاوی نانولوله‌های کربنی چند دیواره، نشان داده شده است. برای ساخت این نانوکامپوزیت از پرس ایزواستاتیک گرم استفاده می‌شود. از خواص مکانیکی قابل توجه این نانوکامپوزیت‌ها می‌توان به استحکام خمشی و مدول الاستیک قابل توجه آنها اشاره کرد.



شکل ۱-۲. نانوکامپوزیت نیتريد سيليسيم حاوی نانولوله های کربنی چند دیواره [۲].

۱-۲-۴- نانو کامپوزیت‌های پایه فلزی :

کامپوزیت‌های پایه فلزی، کم وزن و سبک بوده و به علت استحکام و سختی بالا کاربردهای وسیعی در صنایع خودرو و هوافضا پیدا کرده‌اند. اما این کاربردها به لحاظ کم بودن قابلیت کشش در این کامپوزیت‌ها محدود شده است. تبدیل کامپوزیت به نانو کامپوزیت سبب افزایش استحکام و رفع محدودیت‌های مذکور می‌شود.

نانو کامپوزیت‌های پایه فلزی اصولاً مشابه روش‌های متالورژی پودر تولید می‌شود. این نانو کامپوزیت‌ها کاربردهای متفاوتی دارند خصوصاً نانو کامپوزیت‌های پایه منیزیم که در سال‌های اخیر به دلیل چگالی کم، استحکام بالا، مقاومت به خزش بالا و پایداری حرارتی مناسب، گسترش چشمگیری داشته‌اند.

نانو کامپوزیت‌های پایه فلزی حاوی نانولوله‌های کربنی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. نانولوله‌ها می‌توانند سبب افزایش و یا بهبود خواصی نظیر رسانایی، استحکام، مقاومت و .. در فلزات شوند. نانو کامپوزیت‌های پایه منیزیم کاربردهای گسترده‌ای در صنایع هوایی و خودروسازی دارند.

۱-۲-۵- نانو کامپوزیت‌ها و آینده :

مهمترین تأثیر نانو کامپوزیت‌ها در آینده از طریق کاهش وزن خواهد بود. اخیراً کامپوزیت‌های نانوذره سیلیکاتی به بازار خودروها وارد شده‌اند. در سال ۲۰۰۱ هم جنرال موتور و هم تویوتا شروع تولید محصول با این مواد را اعلام کردند. مزیت این مواد استحکام و کاهش وزن است که مورد آخر صرفه جویی در سوخت را نیز به همراه خواهد داشت.

علاوه بر این نانو کامپوزیت‌ها به صنعت بسته بندی مواد غذایی نیز راه یافته‌اند تا سدی بزرگتر در برابر نفوذ گازها و کاهش فساد باشند. محققان معتقدند که افزودن دو درصد نانوذره رس به بسته بندی، ۷۵ درصد تبادل اکسیژن و دی اکسید کربن را کاهش می‌دهد که این امر به افزایش طول مدت نگهداری مواد غذایی کمک می‌کند. در مورد ضدباکتری‌هایی نظیر نانوذرات نقره، این نانوذرات از رشد عوامل زنده فاسد کننده مواد غذایی مانند باکتریها و قارچ‌ها جلوگیری می‌کنند. خواص تعویق آتشگیری نانو کامپوزیت‌های حاوی نانوذرات سیلیکا، می‌تواند به خوبی مصارفی در سرویس خواب، پرده‌ها و محصولات از این دست پیدا کند.

۱-۳- نانوکامپوزیت‌های پلیمر / خاک رس :

۱-۳-۱- تعریف :

نانوکامپوزیت‌های پلیمر/خاک‌رس دسته‌ای جدید از مواد مهندسی هستند که در آنها پخش لایه‌های سیلیکاتی خاک‌رس در ابعاد نانویی و با غلظت کم در کل ماتریس پلیمر منجر به بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی نانوکامپوزیت نسبت به پلیمر خالص می‌شود. در این نوع مواد، از خاک‌رس‌های نوع اسمکتیت^۱ از قبیل هکتوریت^۲، مونت موریلونیت^۳ و میکای سنتزی^۴، به عنوان پرکننده برای بهبود خواص پلیمرها استفاده می‌شود. خاک‌رس‌های نوع اسمکتیت، ساختاری لایه‌ای دارند و هر لایه، از اتمهای سیلیسیم کوئورانیه شده بصورت چهار وجهی که به یک صفحه هشت وجهی با لبه‌های مشترک از Al(OH)_2 یا Mg(OH)_2 متصل شده، تشکیل شده است.

با توجه به طبیعت پیوند بین این اتمها، انتظار می‌رود این مواد خواص مکانیکی فوق‌العاده‌ای را در جهت موازی این لایه‌ها نشان دهند ولی خواص مکانیکی دقیق این لایه‌ها هنوز شناخته نشده‌اند. اخیراً با استفاده از روش‌های مدل‌سازی، تخمین زده شده که ضریب یانگ در راستای لایه‌ها، پنجاه تا چهارصد برابر بیشتر از یک پلیمر عادی است. لایه‌ها نسبت ظاهری^۵ بالایی دارند و هر لایه تقریباً یک نانومتر ضخامت دارد، در حالیکه شعاع آن از سی نانومتر تا چند میکرون، متفاوت می‌باشد. صدها یا هزاران عدد از این لایه‌ها بوسیله یک نیروی واندروالسی ضعیف، روی هم انباشته می‌شوند تا یک جزء رسی را تشکیل دهند. با یک پیکربندی مناسب این امکان وجود دراد که رس‌ها را به اشکال و ساختارهای گوناگونی، درون یک پلیمر، به شکل سازمان یافته قرار دهیم.

در گذشته، برای افزایش کارایی پلیمر عمدتاً دانه‌های رسی را در حد میکرونی خرد می‌کردند و از آنها در تولید پلیمرهای تقویت شده بوسیله پرکننده‌های در اندازه میکرون، استفاده می‌نمودند. همانطور که در شکل ۱-۳ نشان داده شده است، می‌توان تصور کرد که خواص مکانیکی فوق‌العاده لایه‌های منفرد در اجزای خاک‌رس نتوانند در یک سیستم به طرز موثری عمل کنند و پیوندهای ضعیف بین دو لایه منشاء ایراد

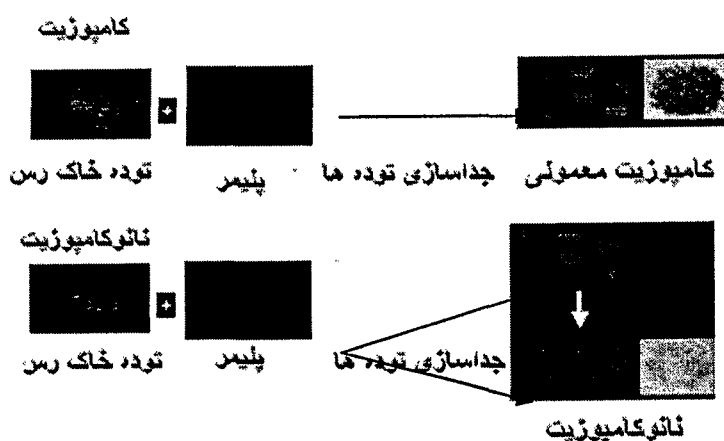
۱- Smectite

۲-Hectorite

۳-Montemorillonite: MMT

۴-Synthesis Mica

۵-Aspect ratio



شکل ۳-۱: اصول کاربردی متفاوت در ساخت میکرو و نانوکامپوزیت‌های رایج [۳]

برای دستیابی به بهبود کافی در ضرایب از میزان بالایی از خاک رس استفاده می‌شود، در حالیکه این کار باعث کاهش استحکام و سختی پلیمر می‌شود. اصلی که در نانوکامپوزیت‌های خاک رس / پلیمر رعایت می‌شود، این است که نه تنها دانه‌های رسی را از هم جدا می‌کنند، بلکه لایه‌های هر دانه را نیز از هم جدا می‌کنند. این لایه‌ها انواع مختلفی از ساختارها از حالت ورقه شده^۱ تا حالت جایگیری بین لایه‌ای^۲ را در ساختار پلیمر بوجود می‌آورند. در شکل ۱-۳-۲، سه حالت از پراکندگی لایه‌های سیلیکاتی در ساختار پلیمر نشان داده شده است.

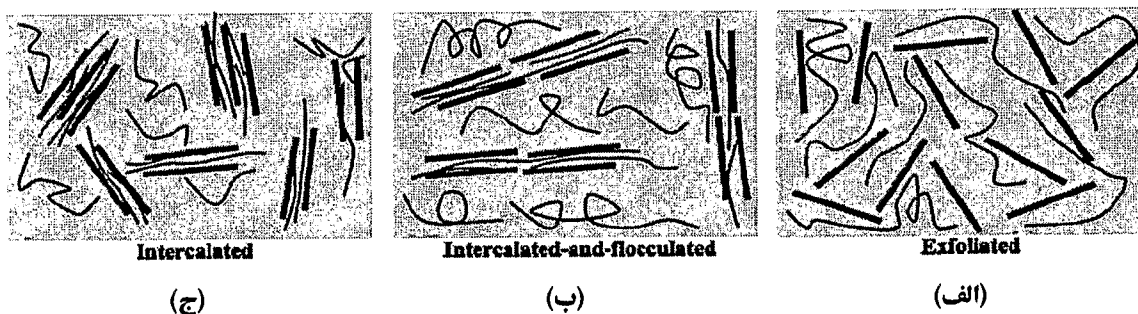
در حالت ورقه شده، لایه‌های سیلیکاتی کاملاً در ساختار پلیمر پراکنده شده‌اند، شکل (۱-۴ الف)). در حالت رشته‌ای انبوه^۳ که وضعیتی بین دو حالت ورقه شده و جایگیری بین لایه‌ای است، یک فاز میانی در بین لایه‌های ورقه شده و جایگیر شده در ساختار پلیمر وجود دارد، شکل (۱-۴ ب)). در حالت جایگیری بین لایه‌ای، زنجیره‌های پلیمری در ساختار پلیمر بین لایه‌های سیلیکاتی قرار گرفته‌اند، شکل (۱-۴ ج)). در شکل ۱-۴ تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری^۴ از این سه ساختار نشان داده شده است.

همانطور که در شکل ۱-۳ بصورت شماتیک نشان داده شد، با جدا کردن لایه‌های هر دانه، خواص مکانیکی فوق‌العاده هر لایه نیز بطور موثر بکار می‌آید و این در حالی است که در اجزای تقویت‌شده نیز

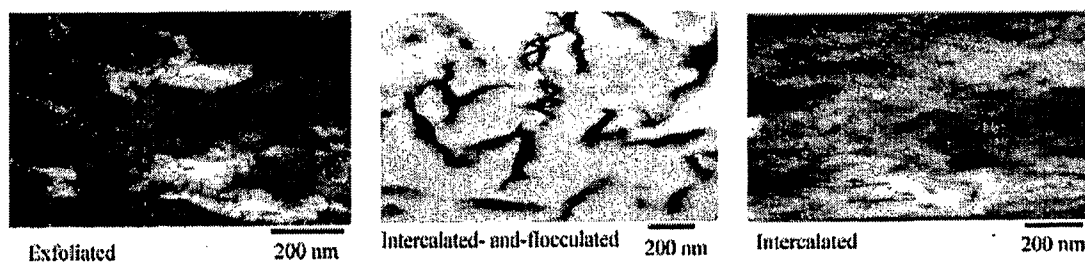
^۱-Exfoliated
^۲-Intercalated
^۳- Flocculated
^۴- TEM

بطور چشمگیری افزایش پیدا می‌کند، زیرا هر جزء رسی خود از صدها تا هزاران لایه تشکیل شده است [۳]. علاوه بر خواص مکانیکی خواص انسدادی نیز افزایش می‌یابد، زیرا تعداد لایه‌هایی که در برابر نفوذ مولکولها قرار می‌گیرند، افزایش می‌یابد. در شکل ۱-۵ نحوه ایجاد لایه‌های سیلیکاتی ورقه شده در نانوکامپوزیت پلی اتیلن تیری فتالات/خاک رس نشان داده شده است.

در مرحله پلیمریزاسیون، چند پارهای حلقوی^۱ اتیلن تیری فتالات به دلیل اینکه ویسکوزیته و وزن مولکولی کمی دارند براحتی می‌توانند در بین لایه‌های سیلیکاتی مونت‌موریلونیت قرار بگیرند. بعد از قرارگیری چند پارهای حلقوی در بین لایه‌های سیلیکاتی، حلقه‌های چند پارها از هم باز شده و به صورت زنجیره‌هایی در بین لایه‌ها قرار گرفته و باعث ایجاد فاصله در بین لایه‌های سیلیکاتی می‌شود و یک ساختار نانوکامپوزیتی ورقه شده را بوجود می‌آورند [۵].



شکل (۱-۴). شکل شماتیکی سه نوع ساختار متفاوت از نانوکامپوزیت پلیمر/لایه های سیلیکاتی، (الف) حالت ورقه شده (ب) حالت رشته ای انبوه، (ج) حالت جایگیری بین لایه‌ای [۴]



لایه لایه شده جایگیر شده بین لایه ها-توده ای جایگیر شده بین لایه ها

شکل ۱-۵. تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری از سه ساختار نانوکامپوزیتی متفاوت [۴]

^۱ - Cyclic oligomers

۱-۳-۲- ویژگی ها و کاربرد نانوکامپوزیت های خاک رس / پلیمر:

یکی از مهمترین خواص این نانوکامپوزیت ها خاصیت انسدادی آنها در مقابل نفوذ گازهایی مثل اکسیژن است. صفحات سیلیکاتی لایه ای مونت موریلونیت (خاک رس) با ایجاد موانع در برابر مسیر مولکولها از سرعت نفوذ گاز درون فیلم نانوکامپوزیت می کاهد. امتیاز دیگر نانوکامپوزیت های پلیمر/خاک رس این است که تاثیر قابل توجهی بر خواص نوری پلیمر ندارند. ضخامت یک لایه رس منفرد، بسیار کمتر از طول موج نور مرئی است، بنابراین نانوکامپوزیت های پلیمر/خاک رس که خوب ورقه شده باشند، از نظر اپتیکی شفاف می باشند.

میکرونانوکامپوزیت هایی که تصویرشان در شکل ۱-۶ نشان داده شده، از ترکیب خاک رس و پلی پروپیلن و با استفاده از روش سرد کردن سریع جهت به حداقل رساندن اثر کریستالیزاسیون، ساخته شده اند. میکروکامپوزیت های مرسوم، قهوه ای و مات به نظر می رسند، در حالیکه نانوکامپوزیت ها تقریباً شفاف و بیرنگند. سایر خواص فیزیکی بهبود یافته عبارتند از: مقاومت در برابر آتش، مقاومت در برابر خوردگی و هدایت یونی، وزن کم این مواد در عین بالا بودن نسبت مقاومت به وزن آنها (حتی تا ۱۵ برابر برخی از فولادها)، سختی، جذابیت ظاهری، قابلیت هدایت حرارتی و قابلیت هدایت الکتریکی.

با این دلایل، نتیجه می گیریم که نانوکامپوزیت های خاک رس / پلیمر نمایش خوبی از نانوتکنولوژی می باشد. با سازماندهی و چینش ساختار کلی در پلیمرها در مقیاس نانومتر، مواد جدید با خواص نو یافت شده اند. نکته دیگر در توسعه نانوکامپوزیت های پلیمر/خاک رس این است که این تکنولوژی، فوراً می تواند کاربرد تجاری پیدا کند، در حالیکه بیشتر نانوتکنولوژی های دیگر، هنوز در مرحله مفاهیم و اثبات هستند. [۳]

۱-۳-۲- کاربردهای نانوکامپوزیت های خاک رس / پلیمر :

اولین کاربرد تجاری این مواد استفاده از نانوکامپوزیت خاک رس / نایلون ۶ بعنوان روکش نوار زمان سنج برای ماشین های توپوتا در همکاری با یوب.ای^۱ در سال ۱۹۹۱ بود. به فاصله کمی بعد از آن یونیکیتا، نانوکامپوزیت نایلون ۶ را بعنوان محافظ روی موتورهای جی دی آی^۲ شرکت میتسویشی معرفی کرد. در آگوست ۲۰۰۱، جنرال موتورز و باسل، کاربرد نانوکامپوزیت های پلیمر/خاک رس را بعنوان جزء

^۱-UBE

^۲-GDI