

بخش ۱: کامپوزیت‌ها

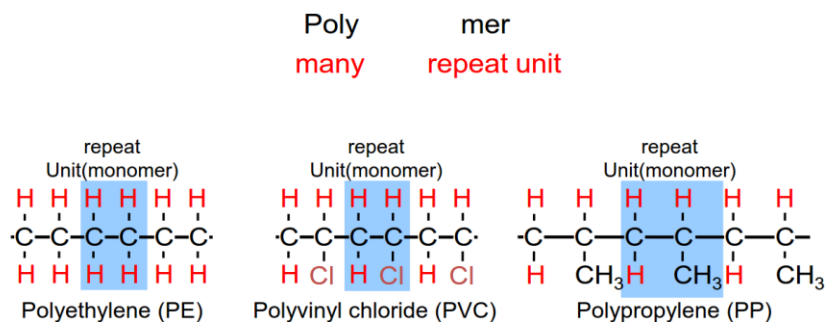
حسین فلاح دوست، محسن افسری ولایتی

مقدمه:

تصور جهان پیشرفته کنونی بدون وجود مواد پلیمری مشکل است. امروزه این مواد جزئی از زندگی ما شده‌اند و در ساخت اشیای مختلف، از وسایل زندگی و مورد مصرف عمومی تا ابزار دقیق و پیچیده پزشکی و علمی بکار می‌روند. کلمه پلیمر از کلمه یونانی (Poly) به معنی چند و (Meros) به معنای واحد یا قسمت بوجود آمده است. در این میان ساختمان پلیمرها با مولکول‌های بسیار دراز زنجیرگونه با ساختمان فلزات کامل متفاوت است. این مولکول‌های بلند از اتصال و بهم پیوستن هزاران واحد کوچک مولکولی مرسوم به مونومر تشکیل شده‌اند. مواد طبیعی مانند ابریشم، لاک، قیر طبیعی و سلولز ناخن دارای چنین ساختمان مولکولی هستند. البته تا اوایل قرن نوزدهم میلادی توجه زیادی به مواد پلیمری نشده بود. بومیان آمریکای مرکزی از برخی درختان شیرابه‌هایی استخراج می‌کردند که این شیرابه بعدها نام لاتکس به خود گرفت. در سال ۱۸۲۹، دانشمندان متوجه شدند که در اثر مخلوط کردن لاتکس طبیعی با سولفور و حرارت دادن آن ماده‌ای قابل ذوب ایجاد می‌شود که می‌توان از آن محصولات مختلفی نظیر چرخ ارابه یا توپ تهیه کرد. در سال ۱۹۰۹ میلادی فنل فرمالدئید موسوم به باکلیت ساخته شد که در تهیه قطعات الکتریکی، کلیدها، پریزها و سایر وسایل مصرف زیادی دارد. اما در کاربردهای مهندسی، امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص مورد نظر را فراهم نماید، وجود ندارد و اغلب به تلفیق خواص مواد نیاز است. به عنوان مثال در صنایع هوافضا به موادی نیاز است که ضمن داشتن استحکام بالا، سبک باشند، مقاومت سایشی و UV خوبی داشته باشند.

بیشتر بدانید:

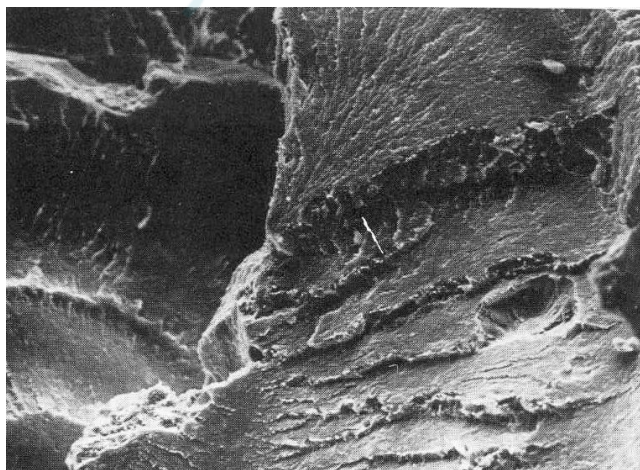
تکپار یا مونومر، مولکول‌های کوچکی هستند که می‌تواند بصورت شیمیایی به همدیگر وصل شوند تا پلیمرها را تشکیل دهند. به عبارت دیگر یک پلیمر از تکرار اتصال چندین مونومر(واحدهای یکسان)ساخته می‌شود.



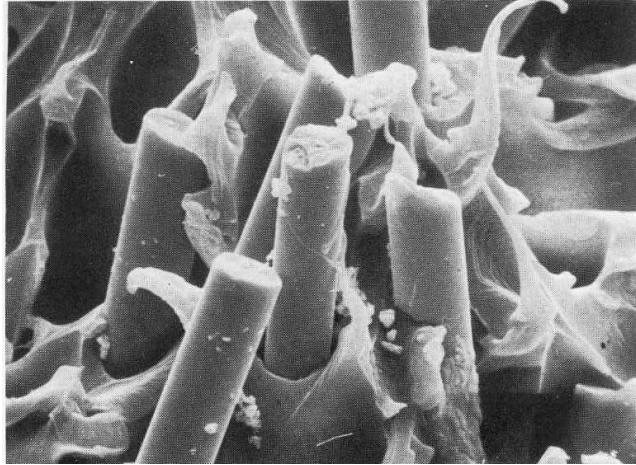
از آنجا که نمی‌توان ماده‌ای یافت که همه خواص مورد نظر را دارا باشد، باید به دنبال چاره‌ای دیگر بود، کلید این مشکل، استفاده از کامپوزیت‌ها است. کامپوزیت‌ها موادی چند جزئی هستند که خواص آنها در مجموع از هرکدام از اجزاء بهتر است. ضمن آنکه اجزای مختلف، کارایی یکدیگر را بهبود می‌بخشند. کامپوزیت‌ها به علت داشتن مزایا و خواص مناسب، گستره کاربردی وسیعی بین مواد پیدا کرده‌اند که برخی از این کاربردها عبارتند از: ۱- مخازن سوخت و لوله‌ها، ۲- صنایع نظامی، ۳- صنایع خودرویی، ۴- سازه‌های دریایی، ۵- صنعت ساختمان، ۶- تجهیزات ورزشی، ۷- پزشکی و غیره. از اولین کامپوزیت‌ها یا همان چندسازه‌های ساخت بشر می‌توان به کاه‌گل و آجرهای گلی که در ساخت آنها از تقویت‌کننده کاه استفاده می‌شده است اشاره کرد. چون گل بعد از خشک شدن ترک می‌خورد، مقداری کاه به آن افزودند تا حفره‌ها را پر کند و مانع از ترک خوردن گل شود. شاید هم اولین کامپوزیت را مصری‌ها ساخته باشند. آنها به چوب بدنه قایق هایشان مقداری پارچه می‌آمیختند تا در اثر خیس شدن چوب باد نکند.

۱- کامپوزیت چیست؟

کامپوزیت شامل یک فاز زمینه (ماتریکس) و یک یا چند فاز تقویت‌کننده (پرکننده یا فیلر) است (شکل ۱ و ۲). البته ترکیب مواد در کامپوزیت یک ترکیب فیزیکی و ماکروسکوپی است؛ یعنی اجزای تشکیل‌دهنده یک کامپوزیت با هم به صورت شیمیایی ترکیب نمی‌شوند، به طوریکه اجزای تشکیل‌دهنده ماهیت شیمیایی و طبیعی خود را کاملاً حفظ می‌کنند و سطح مشترک مشخصی بین اجزا وجود دارد. به عنوان نمونه، یکی از کامپوزیت‌های آشنا بتن است که از دو جزء سیمان و ماسه ساخته شده است.



شکل ۱: فاز زمینه یک پلیمر



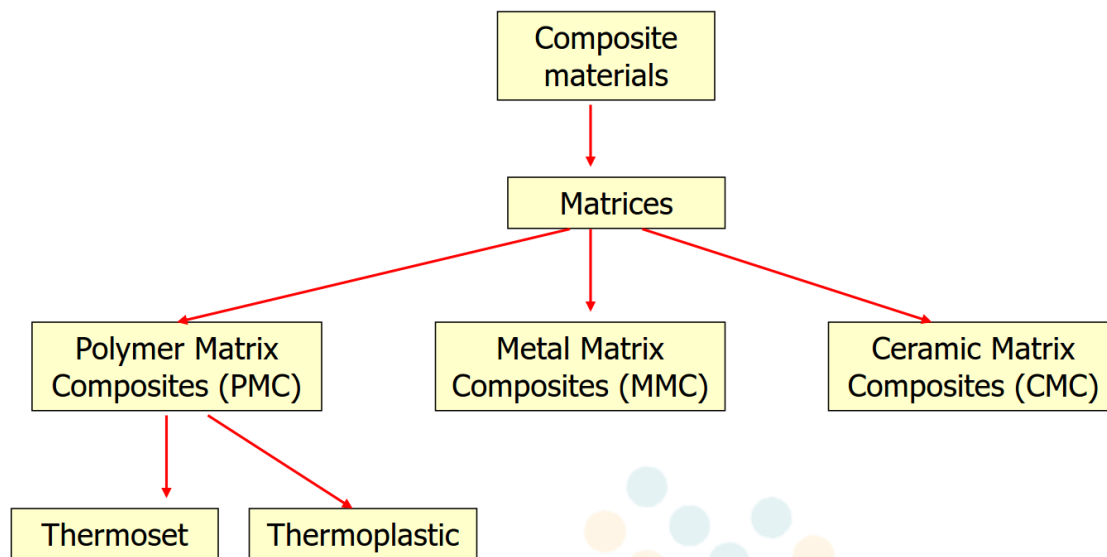
شکل ۲: کامپوزیت شامل زمینه و تقویت کننده

۲- انواع کامپوزیت‌ها بر مبنای نوع مواد زمینه

کامپوزیت‌ها را می‌توان بر مبنای نوع مواد زمینه به سه گروه فلزی، سرامیکی و پلیمری تقسیم کرد. که زمینه‌های پلیمری خود به دو دسته **گرما نرم** و **گرما سخت** تقسیم می‌شوند. در شکل ۳ انواع تقسیم‌بندی زمینه‌های تشکیل دهنده کامپوزیت‌ها آمده است.

ترموپلاست‌ها یا پلاستیک‌های گرما نرم، مواد پلاستیکی هستند که توسط حرارت به مایع تبدیل می‌شوند، پس از شکل‌گیری و حذف گرما شکل نهایی خود را می‌یابند و هر چند بار که بخواهیم می‌توانیم آن را بارها ذوب کرده و تغییر فرم داد. مثل: نایلون

ترموست‌ها یا پلاستیک‌های گرما سخت پلاستیک‌هایی هستند که پس از پخت و شکل‌گیری، دیگر نمی‌توان با استفاده از حرارت شکل آنها را تغییر داد. ترموست‌ها دارای سختی بالا، سفتی، مقاومت در برابر حرارت و حلال‌های شیمیایی و مقاومت الکتریکی بالایی هستند. مانند: ملامین



شکل ۳: دسته‌بندی کامپوزیت‌ها بر مبنای نوع مواد زمینه

۱. کامپوزیت‌های زمینه پلیمری

به دلیل قابلیت شکل‌پذیری آسان، وزن کم و خواص مکانیکی مطلوب، پلیمر به عنوان یک ماده ایده‌آل در زمینه کامپوزیت‌ها به شمار می‌رود. رایج‌ترین زمینه‌های پلیمری، رزین‌های اپوکسی و رزین‌های پلی استر هستند. از این رزین‌هایی که توانایی کار در دمای بالا را دارند به طور گسترده مورد توجه قرار دارند. چنانچه مواد زمینه از جنس پلاستیک باشد، به این کامپوزیت‌ها، پلاستیک‌های مقاوم شده نیز گفته می‌شود.

۲. کامپوزیت‌های زمینه فلزی

استحکام بالا، چقرمگی شکست و سفتی از جمله خواصی است که موجب گسترش مصارف کامپوزیت‌های زمینه فلزی در مقایسه با کامپوزیت‌های زمینه پلیمری شده است. این مواد مقاومت بیشتری در محیط‌های خورنده و درجه حرارت‌های بالا نسبت به پلیمرها دارند. بیشتر فلزات و آلیاژها می‌توانند به عنوان فاز زمینه در

کامپوزیت‌ها استفاده شوند. تیتانیوم، آلومینیوم و منیزیم از جمله فلزات مرسوم هستند که عموماً در کامپوزیت‌های مصرفی در قطعات هواپیما به عنوان بکار می‌روند. چنانچه کامپوزیت زمینه فلزی با استحکام بالا مورد نیاز باشد، لازم است که از تقویت‌کننده‌هایی با مدول بالا استفاده شود. نقطه ذوب، خواص فیزیکی و شیمیایی کامپوزیت‌ها در دماهای مختلف، تعیین‌کننده دمای مناسب برای استفاده از آنها است.

چقرمگی شکست:

در علم مواد، چقرمگی شکست یا تافنس شکست خاصیتی است که مقاومتی را که اجسام دارای شکاف در برابر شکست نشان می‌دهند توصیف می‌کند. این پارامتر برای همه کاربردهای طراحی جامدات، مهم است و با K_{Ic} نشان داده می‌شود. چقرمگی شکست یک روش محاسباتی برای شکست ترد است در زمانی که در ماده ترک وجود داشته باشد. اگر چقرمگی شکست یک ماده کم باشد، آن ماده به صورت ترد می‌شکند و هرچه چقرمگی شکست بالاتر رود احتمال شکست نرم افزایش می‌یابد.

۳. کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی

سرامیک‌ها به عنوان مواد جامدی که پیوندهای یونی بسیار قوی و در برخی موارد پیوندهای کوالانسی دارند، شناخته می‌شوند. نقطه ذوب بالا، مقاومت در برابر خوردگی مناسب، پایداری در دمای بالا و استحکام فشاری خوب، باعث شده است که کامپوزیت‌های زمینه سرامیکی در ساختار قطعاتی که در دمای بالاتر از ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد کار می‌کنند، مورد استفاده قرار بگیرند. مدول الاستیسیته بالا و کرنش کششی پایین در اکثر مواد سرامیکی منجر به شکست این قطعات می‌شود، لذا استفاده از تقویت‌کننده‌هایی که استحکام را بهبود ببخشند، لازم بنظر می‌رسد که بدین منظور تقویت‌کننده‌هایی با **مدول الاستیسیته بالا** توصیه می‌شود. چنانچه سرامیک زمینه ضریب انبساط حرارتی بالاتری از مواد تقویت‌کننده داشته باشد، این امر منجر به عدم بالا رفتن استحکام در کامپوزیت تولیدی می‌گردد. بنابراین در انتخاب مواد تقویت‌کننده در تولید این نوع کامپوزیت‌ها، علاوه بر مدول الاستیسیته می‌بایست به ضریب انبساط حرارتی نیز توجه شود.

مدول الاستیسیته:

مدول الاستیسیته یا مدول یانگ به نسبت تنش به کرنش مواد جامد خطی در پایین‌تر از استحکام تسلیم گفته می‌شود که در این حالت قانون هوک صادق بوده و مدول الاستیک ثابت است. از آنجا که تنش از جنس فشار است و کرنش کمیتی بی‌بعد است، مدول یانگ نیز از جنس فشار بوده و واحد آن در سیستم SI پاسکال است.

۳- طبقه‌بندی کامپوزیت‌ها بر مبنای فاز تقویت کننده

کامپوزیت‌ها براساس نوع تقویت کننده به پنج گروه تقسیم می‌شوند (شکل ۴):

۱. کامپوزیت‌های لایه‌ای

از لایه‌های مختلف مواد در کنار یکدیگر ساخته شده است. این لایه‌ها معمولاً فلزی، سرامیکی و یا از پلیمرهای تقویت شده هستند که به صورت متناوب در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. سازه لایه‌ای را می‌توان بدون نیاز به فرآیندهای ساخت پیچیده تهیه و خواص جالبی از آنها به دست آورد. به عنوان مثال برای ساخت تانک‌ها از سازه‌های لایه‌ای استفاده می‌شود.

۲. کامپوزیت‌های ذره‌ای

در این نوع کامپوزیت، فاز پراکنده شده از ذرات ریز تشکیل می‌شود. طیف وسیعی از ذرات برای استفاده در کامپوزیت‌ها کاربرد دارند ولی عمده ذرات مورد استفاده در کامپوزیت‌ها، ذرات اکسیدی به خصوص Al_2O_3 و ذرات غیراکسیدی مانند SiC ، TiC ، C ، B است. این ذرات بسیار ارزان‌تر از رشته‌ها هستند و سبب افزایش صلبیت یا مدول الاستیک ساختار می‌شوند. استفاده از آنها در کامپوزیت‌های فلزی و پلیمری سبب بالا رفتن استحکام و کاهش چقرمگی می‌شوند. همچنین ماسه و پودرهای رزینی در دسته تقویت کننده‌های ذره‌ای قرار می‌گیرند.

۳. کامپوزیت‌های الیافی

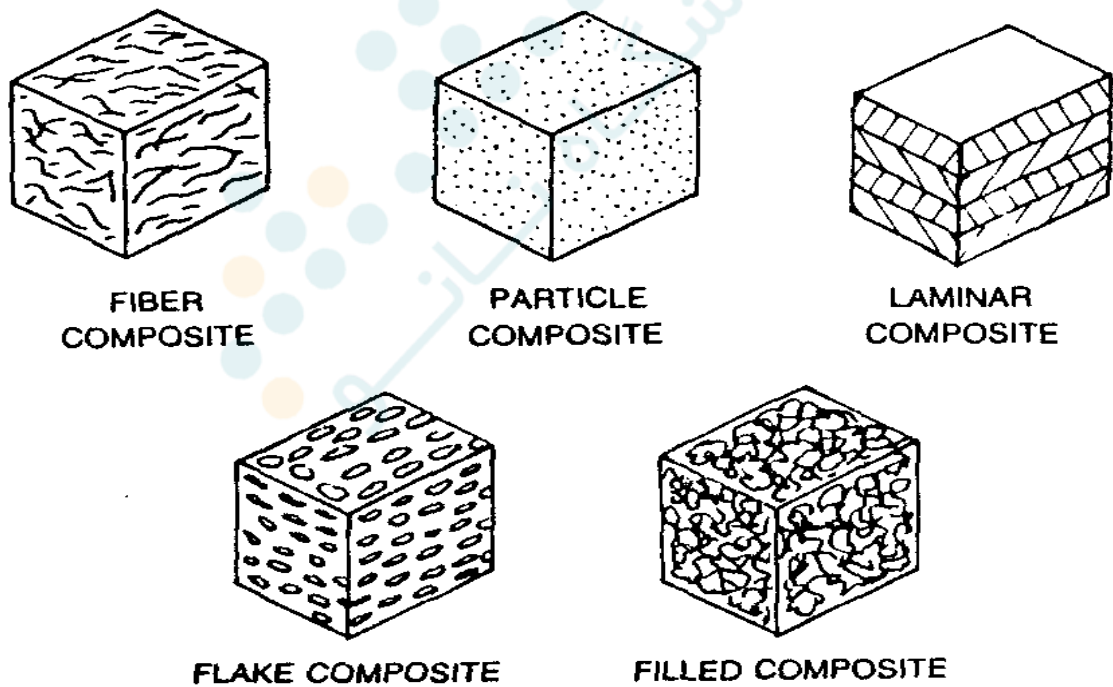
فاز تقویت کننده در این مواد رشته‌ای شکل هستند. این دسته از تقویت کننده‌ها بسیار گسترده‌اند و صنعت کامپوزیت‌های پیشرفته براساس این تقویت کننده‌های مصنوعی الیافی است. این تقویت کننده‌ها به دو بخش سیم و یا رشته-لیف تقسیم می‌شوند؛ چنانچه این الیاف فلزی باشند به آن سیم و چنانچه سرامیکی یا پلیمری باشند به آن رشته-لیف گفته می‌شود.

۴. کامپوزیت‌های ورقه‌ای

در این کامپوزیت، فاز پراکنده شده در زمینه از ورقه‌های مسطح ساخته می‌شود. ورقه‌های فلزی در زمینه پلیمری می‌توانند هادی جریان الکتریسیته و حرارت باشند در حالیکه ورقه‌های میکا و شیشه در زمینه پلیمری مقاوم در برابر حرارت و نارسا هستند.

۵. کامپوزیت‌های حجمی

در این نوع از کامپوزیت‌ها زمینه یک فاز پیوسته است و فاز تقویت کننده به صورت یک ماده ثانویه درون آن قرار دارد. کامپوزیت‌های سرمتهی جزء این دسته محسوب می‌شوند که دارای ساختار متخلخل و اسفنجی سرامیکی بوده و فلز تقویت کننده درون تخلخل‌های آن وارد شده است. با این کار همان خصوصیات سرامیک‌ها با چقرمگی بیشتر به دست می‌آید.



شکل ۴: انواع کامپوزیت‌ها بر مبنای فاز تقویت کننده

- 1- <https://fa.wikipedia.org/wiki/کامپوزیت>
- 2- <http://www.rasekhoon.net/Article/Show-42090.aspx>
- 3- edu.nano.ir، سیستم جامع آموزشی فناوری نانو،
- 4- مرکز یادگیری سایت تبیان

