

مقدمه :

کامپوزیت بصورت زیر تعریف می‌شود: ماده‌ای اطلاق می‌شود که از دو فاز ماتریس و تقویت کننده تشکیل شده باشد و از فاز دوم حداقل به اندازه ۵ درصد استفاده شده باشد. به ترکیب ماتریس با الیاف (یا ماده تقویت کننده) زیر ۵ درصد کامپوزیت گفته می‌شود.

➤ کامپوزیت به موادی گفته می‌شود که از یک فاز زمینه و یک تقویت کننده تشکیل شده باشند.
➤ تعریف انجمن متالورژی آمریکا : به ترکیب ماکروسکوپی دو یا چند ماده مجزا که سطح مشترک مشخصی بین آنها وجود داشته باشد، کامپوزیت گفته می‌شود.

کامپوزیت از دو قسمت اصلی ماتریس و تقویت کننده تشکیل شده است. ماتریس با احاطه کردن تقویت کننده آن را در محل نسبی خودش نگه می‌دارد. تقویت کننده موجب بهبود خواص مکانیکی ساختار می‌گردد. به طور کلی تقویت کننده می‌تواند به صورت فیبرهای کوتاه و یا بلند و پیوسته باشد

دسته بندی کامپوزیت‌ها از دیدگاه زیستی :

(۱) کامپوزیت‌های طبیعی. مانند استخوان، ماهیچه، چوب و...

(۲) کامپوزیت‌های مصنوعی (مهندسی)

دسته بندی کامپوزیت‌های مهندسی از لحاظ فاز زمینه :

(۱) کامپوزیت‌های با زمینه سرامیکی (CMC)

(۲) کامپوزیت‌های با زمینه پلیمری (PMC)

(۳) کامپوزیت‌های با زمینه فلزی (MMC)

دسته بندی کامپوزیت‌ها از لحاظ نوع تقویت کننده :

(۱) کامپوزیت‌های تقویت شده با فیبر (FRC)

(۲) کامپوزیت‌های تقویت شده توسط ذرات (PRC)

کامپوزیت‌های سبز (کامپوزیت‌های زیست تجزیه پذیر) :

در اینگونه کامپوزیت‌ها، فاز زمینه و تقویت کننده، از موادی که در طبیعت تجزیه می‌شوند، ساخته می‌شوند. در کامپوزیت‌های سبز، معمولاً فاز زمینه از پلیمرهای سنتزی قابل جذب بیولوژیکی و تقویت کننده‌ها از فیبرهای گیاهی ساخته می‌شوند.

مراحل طراحی کامپوزیت ها :

(۱) گرد آوری اطلاعات در خصوص کاربرد قطعه (نیروهای استاتیک، دینامیک و شرایط محیطی)

(۲) مشخصات اولیه قطعه (مواد، ابعاد و چیدمان لایه ها)

(۳) زمان و هزینه

۴) بررسی روش های محاسباتی (تحلیل و عددی)

۵) شناسایی روش های ساخت

۶) نحوه مونتاژ (روش های اتصال قطعات)

بهینه سازی (وزن کم، استحکام بالا و هزینه پایین)

مزایای کامپوزیت ها :

مهم ترین مزیت مواد کامپوزیتی آن است که با توجه به نیازها، می توان خواص آنها را کنترل کرد. به طور

کلی مواد کامپوزیتی دارای مزایای زیر هستند :

- مقاومت مکانیکی بالا نسبت به وزن
- مقاومت بالا در برابر خوردگی
- خصوصیات خستگی عالی نسبت به فلزات
- خواص عایق حرارتی خوب
- به دلیل صلبیت بیشتر، تحت یک بارگذاری معین، خیز کمتری (بعضاً ده ها برابر کمتر) نسبت به فلزات دارند.
- استحکام بالا
- نسبت حجم به وزن کم
- سبک بودن پاهی تا چندین برابر مستحکم تر از فولاد با وزنی با چندین برابر کمتر

انواع نانو کامپوزیت :

۱) نانو کامپوزیت های پلیمری

۲) نانو کامپوزیت های سرامیکی

۳) نانو کامپوزیت های سرامیک - فلز

۴) نانو کامپوزیت های زمینه فلزی

کاربردها :

فایبر گلاس یکی از پرکاربردترین کامپوزیت هاست. فایبرگلاس یک کامپوزیت با زمینه پلیمری است که توسط فیبرهای شیشه تقویت شده است. در ساخت بدنه جنگنده های رادار گریز از کامپوزیت ها استفاده می شود. همچنین در ساخت قطعات هواپیما و پره نیروگاه بادی و پره هلیکوپتر از کامپوزیت ها استفاده می شود. بطور کلی مواد کامپوزیتی (مواد مرکب) به دلیل داشتن جرم بسیار کم و مقاومت بالا نسبت به فلزات، در صنعت هوا و فضا کاربرد وسیعی دارند. هم چنین کامپوزیتهای کربن-پوکسی از نوع کامپوزیت های استحکام بالا هستند که در صنایع نظامی کاربرد دارند.

سختی کامپوزیت‌های تک جهته :

سختی کامپوزیت‌های تک جهته مانند دیگر مواد سازه‌ای می‌تواند توسط روابط مناسب و صحیح تعیین شود. ضرایب یا ثوابت این روابط، می‌تواند در یک دستگاه ثوابت مهندسی یا کامپلیانس یا مدول‌های جزئی جمع آوری شود. مقادیر هر یک از دستگاهها می‌تواند مستقیماً توسط ترمهای مقادیر دیگر دستگاهها تعریف شود. سختی کامپوزیت‌های تک جهته توسط همان روابط تنش-کرنش که در مواد سنتی مهندسی موجود است، محاسبه می‌شود. جز آنکه تنها تعداد ثوابت مستقل در کامپوزیت‌ها چهار عدد است.

سه مرحله از تنش روی کامپوزیت‌ها وجود دارد :

➤ میکرومکانیکال یا تنش منطقه ای که همان محاسبه بر اساس تفاوت‌های موجود میان فازهای پیوسته الیاف، ماتریس و در برخی از موارد فصل مشترک تقویت کننده و ماتریس حباب‌های هواست.

➤ تنش لایه‌ای که محاسبه بر اساس همگن انگاشتن هر لایه مجزا یا گروهی از لایه هاست. به این ترتیب که الیاف و ماتریس طوری آمیخته‌اند که دیگر فاز مجزایی وجود ندارد.

➤ برآیند تنش یک لامینیت N یا برآیند ممان یک لامینیت M عبارتست از متوسط تنش لایه‌ها در ضخامت آن لامینیت.

به هنگام کار کردن با کامپوزیت‌ها باید به علائم توجه تام شود. چراکه اختلاف بین مقاومت‌های فشاری و کششی ممکن است چند صد در صد باشد. به علاوه اختلاف بیشتری میان مقاومت‌های برشی منفی و مثبت وجود دارد. علی‌رغم مواد سنتی که علائم در آنها از اهمیت کمی برخوردار است، در کامپوزیت‌ها اشتباه در علائم، نتایج وخیمی دربر خواهد داشت.

سه دستگاه از ثوابت مواد وجود دارد که هر یک به تنهایی می‌تواند بطور کامل سختی کامپوزیت‌های تک جهته روی محوری را روشن کنند. ویژگی این دستگاهها عبارتند از:

➤ مدول‌ها جهت بدست آوردن تنش از کرنش بکار برده شده‌است. این اساسی ترین دستگاهی است که برای سختی لامینیت‌های چند جهته مورد نیاز است.

➤ کامپلیانس‌ها جهت محاسبه کرنش از روی تنش بکار می‌رود. این دستگاهی است که جهت محاسبه ثوابت مهندسی مورد نیاز است. این دستگاه جهت بدست آوردن سختی لامینیت‌های چند جهته مورد نیاز نمی‌باشد.

➤ ثوابت مهندسی از آثار مواد سنتی است. و طراحان سنتی در کار کردن با ثوابت مهندسی احساس راحتی بیشتری می‌کنند. می‌توان از یک دستگاه ثوابت، دستگاه دیگری را یافت. و همه در عین حال معادل یکدیگرند. یک رابطه مستقیم میان مدول‌ها و کامپلیانس‌های جزئی وجود دارد. و هر یکی برگردان دیگری است.

فاز زمینه :

➤ فاز زمینه کامپوزیت های رشته ای می تواند فلز ، پلیمر یا سرامیک باشد . معمولاً از فلزات یا پلیمرها به عنوان ماده زمینه استفاده می شود زیرا انعطاف پذیری مطلوبی دارند . در کامپوزیت های زمینه سرامیکی جز تقویت کننده برای بهبود چقرمگی شکست استفاده می شود . در انتخاب ترکیب زمینه - رشته ، مهمترین عامل استحکام پیوند است [۱].

دسته بندی کامپوزیت های مهندسی از لحاظ فاز زمینه :

(۱) کامپوزیت های با زمینه سرامیکی (CMC) :

بدلیل مقاومت آلی در برابر اکسایش در دمای بالا ، با وجود احتمال شکست ترد ، بهترین گزینه برای استفاده در دمای بالا و تنش های شدید است . به ویژه در قطعات موتور خودرو و توربین های گازی هواپیما چقرمگی شکست این کامپوزیت ها معمول است در حالی که در اغلب فلزات ۱۵ است . چقرمگی شکست نسل جدید و توسعه یافته کامپوزیت های زمینه سرامیکی (CMC) که بصورت دزه ای، رشته ای یا ویسکری از مواد سرامیکی است. این بدان دلیل است که ترکی که در زمینه ایجاد می شود توسط ذرات ، رشته ها یا ویسکرها نتنها اشاعه نمی یابد بلکه از اشاعه آن ممانعت به عمل می آید.

به این امر کم می کند. کامپوزیت های زمینه سرامیکی را با روش های پرسکاری گرم ، پرسکاری ایزوستاتیک گرم وزینتر کردن فاز مذاب تولید می کند آلومینا های تقویت شده با ویسکرها SiC به عنوان ابزار برش در ماشین کاری آلیاژهای فلزی سخت استفاده می شود

سرامیک های پیشرفته دارای ویژگی های مطلوبی مانند سختی، استحکام بالا، تحمل دماهای بالا، خنثایی شیمیایی، مقاومت در برابر فرسایش و چگالی کم هستند. ولی در برابر بارهای کششی و ضربه ضعیف هستند و بر خلاف فلزات، از خود انعطاف پذیری نشان نمی دهند و مستعد شکست تحت بارهای مکانیکی و شوک حرارتی هستند. اگر مقایسه ای بین سرامیک ها و دیگر مواد داشته باشیم، باید گفت که سرامیک ها تنها گروه از مواد هستند که در دماهای بالا قابل استفاده اند و دارای سختی، استحکام و مدول الاستیک بالاتری از فلزات و پلیمرها می باشند. همچنین چگالی، ضریب انبساط حرارتی و هدایت الکتریکی و حرارتی کمی دارند. به ویژه چگالی و انبساط حرارتی کم سرامیک ها اهمیت زیادی در اغلب کاربردها دارد. که اگر چه نسبت مدول الاستیسیته تقویت کننده و زمینه در کامپوزیت های زمینه فلزی و پلیمری عموماً بین ۱۰ و ۱۰۰ است ولی برای کامپوزیت زمینه سرامیکی، این نسبت معمولاً برابر یک یا کمتر از آن است. نسبت مدول بالا در کامپوزیت های زمینه فلزی و پلیمری، سبب انتقال موثر بار از زمینه به تقویت کننده می شود. در حالی که در یک کامپوزیت سرامیکی، زمینه و تقویت کننده در توانایی تحمل بار اختلاف زیادی ندارد؛ به این معنا که هدف از ساخت کامپوزیت سرامیکی، افزایش استحکام نیست. مگر آنهایی که زمینه آنها مدول الاستیسیته کمی دارند (مانند زمینه های شیشه ای).

از حوزه‌های مهم در تهیه کامپوزیت‌های زمینه‌سرامیکی انواع گوناگون شیشه، شیشه‌سرامیک‌ها و سرامیک‌هایی همچون کربن، کاربید سیلیسیوم، نیتريدسیلیسیوم، آلومینات‌ها و اکسیدها. تقویت‌کننده‌های مورد استفاده عبارتند از کاربیدها، بوریدها، نیتريدها و کربن. کامپوزیت‌های زمینه‌سرامیکی تنها کامپوزیت‌هایی هستند که بالای ۹۰۰ درجه سانتیگراد استحکام خود را حفظ می‌کنند.

عمده‌ترین کامپوزیت‌های زمینه‌سرامیکی عبارتند از :

(۱) کامپوزیت‌های کربن/کربن

(۲) کامپوزیت‌های آلومینا SiC

(۳) کامپوزیت‌هایی با زمینه Si_3N_4 یا SiC تقویت شده با الیاف پیوسته SiC و کربن .

معمولاً کاربرد کامپوزیت‌های سرامیکی به دو دسته هوافضایی و غیرهوافضایی تقسیم می‌شوند. در کاربردهای هوافضایی مسأله اصلی، عملکرد کامپوزیت است. در حالی که در کاربردهای غیر هوافضایی عامل قیمت بسیار مهم است.

کامپوزیت‌های سرامیکی با الیاف پیوسته، عموماً دارای خواص مکانیکی ویژه‌ی بالایی هستند و می‌توانند در کاربردهای هوافضایی دمای بالا به کار گرفته شوند. کامپوزیت‌های کربن/کربن با پوشش SiC به عنوان محافظ حرارتی در شاتل‌های فضایی استفاده شده است و کامپوزیت‌های کاربید سیلیسیم/کربن مواد مناسبی برای هواپیماها هستند .

(۲) کامپوزیت‌های با زمینه پلیمری (PMC) :

کامپوزیت‌های زمینه پلیمری از یک رزین پلیمری (پلاستیک تقویت شده مولکول درشت) به عنوان زمینه با رشته‌هایی به عنوان عامل تقویت کننده تشکیل شده است. از ویژگی‌های این دسته از کامپوزیت‌ها، کاربرد متنوع و گسترده، خواص خوب در دمای محیط، سهولت ساخت و هزینه کم است. این نوع کامپوزیت‌ها بر اساس نوع تقویت شدن به شیشه‌ای، کربنی و آرامید تقسیم می‌شود. کامپوزیت‌های پلیمری رشته شیشه‌ای شامل رشته‌های شیشه‌ای پیوسته یا ناپیوسته در زمینه پلیمری است در آینده بجای شیشه بیشتر از کربن به عنوان رشته تقویت کننده در کامپوزیت‌های پلیمری استفاده خواهد شد چون رشته‌های کربنی بیشترین استحکام ویژه و مدول ویژه را در میان مواد رشته‌های تقویت کننده دارا هستند. رشته‌های آرامید موادی با استحکام و مدول بالا هستند که در اوایل دهه ۱۹۷۰ عرضه شدند .

در کامپوزیت‌های زمینه پلیمری، غیر از سه نوع رشته تقویت کننده شیشه‌ای، کربنی و آرامید گاه از بور، کاربید سیلیسیم و اکسید آلومینیم در حد محدودی استفاده می‌شود رشته‌های بور در اجزا هواپیماهای نظامی، تیغه‌ای پره بالگرد و برخی وسایل ورزشی بکار می‌رود از رشته کاربید سیلیسیم و آلومینا در راکت‌های تیس، مدار چاپی و دماغه مخروطی موشک استفاده می‌شود.

۳) کامپوزیت‌های با زمینه فلزی (MMC) :

در کامپوزیت های زمینه فلزی عبارت است از یک فلز انعطاف پذیر . برتری های این نوع کامپوزیت نسبت به کامپوزیت های زمینه پلیمری شامل دمای عملکرد بالاتر ، شعله پذیر نبودن و مقاومت بیشتر در برابر تهاجم سیالات آلی است . البته هزینه آنها بیشتر و در نتیجه استفاده از آنها محدود تر است . از سوپر آلیاژها ، آلیاژهای آلومینیوم و منیزیم ، تیتانیوم و مس به عنوان مواد زمینه استفاده می شود .

مواد تقویت کننده ممکن است به شکل ذرات ، رشته های پیوسته و ناپیوسته و یا ویسکرها باشند که ۱۰ الی ۶۰٪ حجمی کامپوزیت را تشکیل می دهد رشته های پیوسته شامل کربن ، کاربید سیلیسیم ، بور ، آلومینا و فلزات دیر گداز است رشته های ناپیوسته از ذرات همین مواد تشکیل می شوند از یک جهت می توان سرمت ها را جز این (MMC) ها قرار داد.

خودرو سازان اخیرا در محصولات خود شروع به استفاده از کامپوزیت‌های زمینه فلزی کرده اند به عنوان نمونه برخی قطعات موتور از زمینه آلیاژهای آلومینیوم تقویت شده با رشته های آلومینا و کربن تولید شده که سبک وزن تر هستند و مقاومت آنها در برابر سایش و اعوجاج حرارتی بیشتر است استفاده از این نوع کامپوزیت ها در محورهای محرک که سرعت چرخش بالاتر و میزان کمتر سرو صدای ناشی از ارتعاش را به همراه دارد صورت گرفته است . صنایع هوا فضا نیز از این نوع کامپوزیت ها بهره می برد له عنوان نمونه در قطعات تلسکوپ فضائی هابل از رشته های گرافیتی پیوسته استفاده شده است.

دسته بندی کامپوزیت ها از لحاظ نوع تقویت کننده :

۱) کامپوزیت‌های تقویت شده با فیبر (FRC) :

از لحاظ تکنولوژیکی، مهمترین کامپوزیت‌ها آنها هستند که فاز پراکنده شده به شکل رشته است. کامپوزیت‌های رشته ایی تقویت شده استحکام و یا سفتی بالائی دارند . این ویژگی به عنوان عواملی نظیر استحکام ویژه و مدول ویژه بالا می شود دو زیر گروه این دسته از کامپوزیت‌ها بر اساس طول رشته تعیین می شوند . خواص مکانیکی این کامپوزیت ها به خواص رشته و میزان نیروی منتقل شده به رشته از سوی فاز زمینه بستگی دارد . بنابراین طول بحرانی رشته در استحکام دهی و سفت سازی موثر کامپوزیت نقش دارد .

خواص مکانیکی این نوع کامپوزیت ها به رفتار تنش - کرنش رشته و فاز زمینه ، درصد حجمی فاز و جهت اعمال نیرو بستگی دارد همسو بودن رشته ها ، رفتار غیر همسو را در خواص به دنبال دارد . در این حالت بسته به جهت طولی اعمال نیرو جهت عرضی و عمود برجهت رشته‌ها رفتار تنش - کرنش متفاوت خواهد بود .

هر چه قطر رشته کوچکتر باشد ، رشته مستحکم تر از ماده زمینه خواهد بود. موادی که بعنوان رشته های تقویت کننده بکار میروند استحکام کششی بالایی دارند. براساس قطر و مشخصه رشته ها به ۳ دسته تقسیم می شوند : ویسکرها ، رشته ها و سیم ها. ویسکر ها تک بلورهای بسیار نازکی هستند که نسبت طول به قطر

آنها فوق العاده زیاد است. آنها مستحکم ترین موادی هستند که شناخته شده اند. مواد ویسکری شامل گرافیت ، کاربید سیلیسیم، نیتريد سیلیسیم و اکسید آلومینیم است .

۲) کامپوزیت های تقویت شده توسط ذرات (PRC) :

فاز پراکنده شده در کامپوزیت های تقویت شده با ذرات هم محور و همسواست ، یعنی ذرات تقریبا در همه جهات همسو هستند . دو زیر دسته این نوع کامپوزیت ها عبارتند از : کامپوزیت های درشت ذره و مستحکم شده به وسیله پراکندگی ذرات . تفاوت این دو گروه به مکانیزم مستحکم شدن یا تقویت شدن بستگی دارد . واژه درشت بدین جهت استفاده می شود که نشان دهد فعل و انفعال بین ذره - زمینه نمی تواند در مقیاس اتمی یا مولکولی صورت گیرد و مکانیک محیط های پیوسته استفاده می شود . در بیشتر این نوع کامپوزیت ها ، فاز پراکنده سخت تر و سفت تر از زمین است این ذرات تقویت شده جابجائی و حرکت فاز زمینه را در مجاور خود و مهار و متوقف می کنند. اساسا زمینه ، مقداری از تنش اعمال شده را به ذرات منقل می کنند . میزان تقویت شدن یا بهبود رفتار مکانیکی به استحکام پیوند در فصل مشترک زمینه - ذره بستگی دارد . در کامپوزیت های مستحکم شده با ذرات پراکنده ، ذرات معمولا بسیار کوچکتر هستند و اندازه آنها بین ۱۰ nm تا ۱۰۰ nm است. فعل و انفعال ذره - زمینه که به مستحکم شدن منجر می شود در مقیاس اتمی یا مولکولی رخ می دهد. بنابر این تغییر شکل مومسان مشکل می شود و استحکام کششی ، تسلیم و سختی بهبود می یابد.

۱-۲ : کامپوزیت های درشت ذره :

کامپوزیتهای درشت ذره آشنای دیگر بتون است که زمینه آن سیمان است و ذرات شن ماسه در آن وجود دارد . تقویت شدن موثر مستلزم آن است که ذرات کوچک باشد و بخوبی ر زمینه پراکنده شده باشد . کامپوزیت های درشت ذره با هرسه نوع ماده (فلزات ، پلیمرها، سرامیکها) مورد استفاده قرار می گیرند . سرمتهای نمونه کامپوزیتهای سرامیک - فلز هستند . معروف ترین سرمتهای کاربرد های سمانته هستند که از ذرات بسیار سخت یک سرامیک کاربردی دیرگداز مثل کاربید تنگستن (WC) یا کاربید تیتانیوم (TiC) در زمینه از یک فلز مثل کبالت یا نیکل تشکیل شده اند . از این کامپوزیتهای به عنوان ابزار فولادهای سخت کاری شده استفاده می شود . ذرات خاصیت برشی را ایجاد می کنند و زمینه ، از بهم پیوستن این ذرات ترد و امکان اشاعه ترک از طریق آنها جلوگیری به عمل می آورد . دیرگداز بودن زمینه و ذرات باعث می شود که دمایی که در اثر برش مواد بسیار سخت ایجاد می شود تحمل شود . هیچ ماده ای به تنهایی ترکیب خواص سرمت را نمی تواند داشته باشد. درصد حجمی ذرات میتواند تا ۹۰٪ افزایش یابد و عمل سایندگی و برش را به حداکثر برساند.

الاستومر ها و پلاستیک ها غالبا با ذرات مختلفی نظیر کربن سیاه تقویت می شوند. کربن سیاه ذرات بسیار ریز و کروی شکل کربن هستند که از طریق احتراق گاز طبیعی یا روغن در محیطی کم هوا تولید می شود .

این ماده ارزان وقتی به لاستیک ولکانیزه شده افزوده می شود استحکام کششی، چقرمگی و مقاومت ساینده و گسیختگی را افزایش می دهد. تایر خودرو محتوی ۳۰٪-۱۵٪ حجمی کربن سیاه است. اندازه ذرات ۲۰-۵۰ nm است. ذرات کربن سیاه پیوند چسبنده مستحکمی با ماده لاستیک برقرار می سازند در حالی که سایر مواد مثل سیلیس چنین نیستند.

➤ بتن یک کامپوزیت معروف از نوع درشت ذره است که در آن هر دوز مینه فاز پراکنده شده، مواد سرامیکی هستند.

۲-۲: کامپوزیتهای مستحکم شده با ذرات پراکنده :

فلزات و آلیاژهای فلزی را می توان با پراکنده سازی یکنواخت چند درصد حجمی ذرات ریز از یک ماده سخت و خنثی مستحکم نمود. فاز پراکنده شده فلزی یا غیر فلزی است. غالباً از مواد اکسیدی استفاده می شود. مکانیسم استحکام دهی در اینجا مانند سخت کاری رسوبی شامل فعل وانفعال بین ذرات و نابجائی ها درون زمینه است [۲].

نانو کامپوزیت ها :

فن آوری نانو و تولید مواد در ابعاد نانومتر، موضوع تحقیقاتی جذابی است که در دهه اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. نانو کامپوزیت ها نیز به عنوان یکی از شاخه های این فنآوری جدید، اهمیت بسیاری یافته اند و یکی از زمینه های تحقیقاتی فعال به شمار می آیند.

علاقه به نانو کامپوزیت ها در سراسر جهان سبب شده است که بسیاری از مراکز پژوهشی به مطالعه کاربردهای بالقوه این مواد بپردازند. نخستین تلاشهای موفقیت آمیز در تهیه نان کامپوزیتها به دهه های شصت و هفتاد قرن بیستم میلادی بر می گردد. با این وجود با تهیه نانو کامپوزیت هایی بر پایه نایلون ۶ و خاک رس در سال ۱۹۸۰ توسط شرکت ژاپنی تویوتا بود که تحقیقات برای ساخت این مواد شدت و سرعت بیشتری گرفت. پس از آن نیز شرکتهای یوبی (Ube)، یونیکیتا (Unikita)، هانی ول (Honeywell) و بایر کامپوزیت هایی بر پایه نایلون ۶ ارائه کردند که عمده کاربرد آنها در خودروسازی و صنایع بسته بندی بود.

از آن پس شرکت های دیگری نیز نانو کامپوزیتها را برای کاربردهای تجاری مورد مطالعه قرار داده اند و در اواخر سال ۲۰۰۱ شرکت های جنرال موتورز و باسل (Bassel) نخستین نانو کامپوزیتها را با پایه اولفین های گرمانرم برای کاربرد در قطعات بیرونی خودرو عرضه کردند.

نانو کامپوزیت ماده ای است که دست کم یکی از اجزای تشکیل دهنده آن در ابعاد نانو متر (۱۰۰-۱ نانو متر) باشد. پودرهای نانو کامپوزیتی نیز وجود دارند که شامل چندین نوع پودر گوناگون با اندازه هایی در محدوده نانو متر هستند. اندازه در این مواد بسیار مهم است. بسیاری از ویژگی های فیزیکی با بی نهایت کوچک شدن ذرات به شدت افزایش می یابند. دستیابی به مخلوطی در حد مولکولی از اهداف مهم دانشمندان است.

باید توجه داشت که تنها افزودن نانو ذرات به یک زمینه، منجر به ایجاد ویژگی های فوق العاده نخواهد شد. بلکه این ترکیب باید شرایطی را داشته باشد. مثلاً فرض کنید یک سری ورقه های پرکننده به کامپوزیت

افزوده شده باشد. اگر ورقه های کوچک معدنی به شورت متراکم به هم چسبیده باشند، رفتار این کامپوزیت تفاوت چندانی با کامپوزیت های معمولی ندارد. با عملیات حرارتی سطحی، فضای بین ورقه های معدنی افزایش می یابد و مولکولهای پلیمر بهتر می توانند بین ورقه ها حرکت کنند.

نانو کامپوزیت ها به دو صورت ممکن است وجود داشته باشند. در حالت اول، زمینه ماده ای است با دمای ذوب پایین همانند پلیمر، سرامیک یا فلزی زود ذوب که با فاز دومی از جنس مواد با دمای ذوب بالا همانند سرامیک ها یا فلزات تقویت میشود. در حالت دوم، زمینه ماده ای سرامیکی یا فلزی با دمای ذوب بالا و فاز دوم ماده ای پلیمری، سرامیکی یا فلزی است. به این ترتیب انواع نانو کامپوزیتها عبارتند از :

۱) نانو کامپوزیت های پلیمری

۲) نانو کامپوزیت های سرامیکی

۳) نانو کامپوزیت های سرامیک - فلز

۴) نانو کامپوزیت های زمینه فلزی

۱) نانو کامپوزیت های زمینه فلزی :

به طور کلی روش های ساخت نانو کامپوزیت های زمینه فلزی را می توان به سه دسته طبقه بندی کرد :

۱) روش مایع (ریخته گری)

۲) روش متالورژی پودر

۳) آلیاژسازی مکانیکی

۱) روش ریخته گری :

در روش ریخته گری، ذرات تقویت کننده به فلز مذاب اضافه شده و به صورت مکانیکی در داخل فلز توزیع می شوند. مهم ترین معایب روش ریخته گری جدا شدن ذرات از فاز مذاب است. تر نشدن ذرات فاز دوم به وسیله آلومینیوم مذاب و جدا شدن فاز نانوذره، منجر به ایجاد ساختاری ناهمگن می گردد. گاهی نیز انجام واکنش بین نانوذرات و فاز مذاب سبب افت خواص مکانیکی می گردد. به طور مثال در تولید نانو کامپوزیت Al/SiC به روش ریخته گری، واکنش بین ذرات SiC و فاز مذاب، سبب تشکیل فصل مشترک ترد و نامطلوب Al_4C_3 و Si شده که منجر به خواص مکانیکی نامطلوب می گردد .

یانگ و همکارانش اخیراً روش جدیدی را برای ساخت نانو کامپوزیت های زمینه فلزی ابداع کرده اند که در آن نانوذرات به فلز مذاب افزوده شده و با اعمال امواج مافوق صوت (اولتراسونیک) به فلز مذاب، از چسبیدن ذرات به یکدیگر جلوگیری می گردد. در این روش از طریق امواج مافوق صوت، هزاران میکرو حباب در داخل فلز مذاب تشکیل شده که با واپاشی آنها در زمانی بسیار کوتاه، تجمع ذرات نانومتری از بین می رود و امکان چسبیدن ذرات به یکدیگر کاهش می یابد. لذا، ذرات داخل فلز مذاب پخش شده و توزیع یکنواختی از نانوذرات در داخل ساختار به وجود می آید .

این روش کاملاً مبتنی بر ریخته‌گری است و محققان در این روش نانوذرات را پس از ذوب زمینه، از بالای بوته اضافه می‌کنند. نکته‌ی قابل توجه افزایش ویسکوزیته‌ی فلز مذاب با افزایش درصد حجمی نانوذرات است که برای حل این مشکل، دمای مذاب را افزایش می‌دهند.

۲) روش متالورژی پودر:

در این روش، پودرهای آلیاژی یا خالص فلزی با نانوذرات مخلوط می‌گردند و سپس با پرس کردن ذرات پودر در داخل قالب و تف جوشی، ذرات پودری به یکدیگر متصل می‌شوند و با کاهش درصد حفره‌ها، چگالی افزایش می‌یابد. روش متالورژی پودر در مقایسه با روش ریخته‌گری دارای مزایای زیر می‌باشد:

- در حالت جامد-جامد، واکنش بین فاز دوم و زمینه به حداقل مقدار ممکن می‌رسد.
- امکان کنترل دقیق حجم فاز دوم به این روش ممکن است.
- امکان کنترل ضریب انبساط حرارتی و مدول کامپوزیت متناسب با کاربرد آن در این روش وجود دارد.

این روش البته، معایبی هم دارد. از قبیل: احتمال تجمع ذرات فاز تقویت کننده و توزیع غیریکنواخت آن‌ها در ساختار کامپوزیت، تفاوت اندازه ذرات فاز زمینه و تقویت کننده. اختلاف چگالی ذرات و باردار شدن آن‌ها مهم‌ترین دلیل توزیع غیریکنواخت فاز تقویت کننده و تجمع ذرات است. یکی از روش‌های مبتنی بر متالورژی پودر، روش پرس با سینتر هم‌زمان است که در طی آن میکروپودرهای زمینه با نانوذرات تقویت کننده در محفظه‌ای به مدت چند ساعت و با سرعت مشخص مخلوط می‌شوند تا در نهایت، تحت فشاری با هم فشرده شوند.

۳) آلیاژسازی مکانیکی:

شاید بتوان گفت در حال حاضر آلیاژسازی مکانیکی مهم‌ترین روش تولید نانوکامپوزیت‌های فلزی است. در این روش، ذرات نانوپودری دو فاز با یکدیگر آسیاب می‌شوند، و با تغییر شکل، جوش خوردن و شکست ذرات به صورت مکرر انتقال مواد صورت می‌پذیرد. در صورتی که ذرات نانوپودر ترکیب شیمیایی یکسانی داشته باشند و با عملیات خردایش فقط اندازه‌ی ذرات کاهش یابد، فرایند آسیای مکانیکی اتفاق می‌افتد، ولی چنانچه آسیای مکانیکی با انجام واکنش شیمیایی در حالت جامد-جامد و یا جامد-گاز همراه باشد، فرایند آسیای واکنشی نامیده می‌شود. برای ایجاد پودرهای کامپوزیتی می‌توان با اضافه کردن مستقیم ذرات فاز تقویت کننده به ذرات زمینه و آسیای هم‌زمان این ذرات، نانوپودرهای کامپوزیتی تهیه کرد. با افزایش زمان آسیاب کردن تحت انرژی زیاد، می‌توان ابعاد فاز تقویت کننده و حتی اندازه‌ی دانه‌های زمینه را تا حد نانومتر کاهش داد. قابل ذکر است که آسیای هم‌زمان، توزیع یکنواختی از ذرات نانومتری تقویت کننده در فاز زمینه را به دست می‌دهد [۳].

۲) نانو کامپوزیت های پلیمری :

نیاز اقتصادی و رو به افزایش سوخت در عرصه های مختلف، تقاضا برای استفاده از مواد جدید سبک وزن مانند پلیمرها را افزایش داده است. اما از طرفی با توجه به پایین تر بودن میزان استحکام پلیمرها در مقایسه با فلزات، تقویت آن ها ضروری به نظر می رسد. تقویت پلیمرها با مواد رایج سبب لطمه خوردن به دو ویژگی اصلی پلیمرها یعنی سبکی و سهولت فرآیند پذیری می شود. از این رو در تحقیقات اخیر از مقادیر کمی (کمتر از ۱۰٪ وزنی) نانوذرات به عنوان تقویت کننده در پلیمرها استفاده می شود .

نایلون ۶ اولین پلیمری بود که توسط شرکت تویوتا در سال ۱۹۹۰ برای تهیه نانوکامپوزیت ها به کار گرفته شد، اما امروزه از پلیمرهای ترموست نظیر اپوکسی ، پلی ایمید و پلیمرهای ترموپلاست نظیر پلی پروپیلن ، پلی استایرن عنوان ماده ی زمینه این کامپوزیت ها استفاده می گردد .

فاز تقویت کننده که در نانوکامپوزیت ها استفاده می شود شامل نانوذرات، نانوصفحات ، نانوالیاف و همچنین نانولوله ها می باشد. نانوذرات بیشترین کاربرد را به عنوان ماده تقویت کننده در نانوکامپوزیت ها دارند. نانوذره ای که در تهیه اغلب نانوکامپوزیت ها استفاده می شود خاک رس (Nanoclay) است. اما اخیراً نانوذرات دیگری همچون سیلیکا، نانوذرات فلزی و ذرات آلی و غیرآلی نیز مورد استفاده قرار می گیرد .

در توسعه مواد چند جزئی چه در مقیاس نانو و یا میکروسه موضوع مستقل باید مورد توجه قرار گیرد: انتخاب اجزاء، تولید، فرآوری و کارآیی. در مورد نانوکامپوزیت های پلیمری هنوز در اول راه می باشیم و با توجه به کاربرد نهایی آن ها زمینه های بسیاری برای توسعه وجود خواهد داشت .

به طور کلی سه روش برای تولید نانوکامپوزیت های زمینه پلیمری وجود دارد. این روش ها شامل مخلوط سازی مستقیم ، فرآوری محلول و پلیمریزاسیون درجا می باشد. در ادامه این روش ها شرح داده خواهد شد .

الف- مخلوط سازی مستقیم

در این روش ابتدا نانوذرات تهیه شده به صورت سوسپانسیون در یک حلال حل شده و سپس به محلول پلیمری اضافه می شود و مخلوط حاصله توسط یک پرس هیدرولیک در یک قالب اکستروود می شود و در نهایت صفحات نازک به دست می آیند. در این روش انتخاب بستر پلیمری، انتخاب نوع ذرات و سازگاری این دو گونه با یکدیگر و نحوه ی توزیع ذرات از نکات حائز اهمیت است که بایستی بر آن فائق آییم .

معمولاً برای تولید نانوکامپوزیت های زمینه پلیمری حاوی نانوالیاف کربنی از این روش استفاده می شود. محدودیت این روش میزان فاز تقویت کننده یا همان مواد پرکننده است. به عنوان مثال برای

تولید نانوکامپوزیت سیلیکا/پلی پروپیلن حداکثر میزان نانوذرات سیلیکا ۲۰ درصد وزنی می تواند باشد. البته به نظر می رسد آگلومره شدن (به هم چسبیدن) ذرات نیز از دیگر محدودیت های این روش باشد .

ب- فرآوری محلول

با استفاده از این روش می توان بر بعضی از محدودیت های روش مخلوط سازی مستقیم غلبه کرد، ضمن آنکه می توان میزان آگلومراسیون و کلوخه ای شدن نانوذرات در ماده پلیمری را کاهش داد. در این روش به دو صورت می توان نانوکامپوزیت های پلیمری را تولید کرد. اگر ماده زمینه پلیمری و نانوذرات تقویت کننده آن در یکدیگر قابل حل شدن باشند، محلول حاصل را می توان در یک قالب؛ ریخته گری کرده و نانوکامپوزیت تولید نمود. در غیر این صورت مخلوط مواد نانوکامپوزیت در یک حلال حل شده و در نهایت با تبخیر حلال، نانوکامپوزیت مورد نظر به دست می آید .

ج- پلیمریزاسیون درجا

در این روش پلیمریزاسیون بستر پلیمری در حضور نانوذرات انجام می شود و منومر در حین رشد، ذرات پر کننده را در بر می گیرد. نکته کلیدی در این روش نحوه توزیع ذرات نانو در منومر است. با کنترل پیوند بین ذرات نانو و ماده زمینه، می توان توزیع مورد نظر را به دست آورد. بسیاری از نانوکامپوزیت های زمینه پلیمری را می توان با این روش تولید کرد .

به طور مثال نانوکامپوزیت های حاوی نانولایه های گرافیت که دارای هدایت الکتریکی بالا و نفوذ پذیری کمی هستند، از این روش تولید می شوند. برای تولید این نانوکامپوزیت ها ابتدا با امواج مافوق صوت لایه های گرافیت در منومر به صورت یکنواخت توزیع می شوند و در نهایت با پلیمریزاسیون درجا نانوکامپوزیت به دست می آید .

نکته ای که در روش های تولید نانوکامپوزیت های پلیمری اهمیت دارد و آن را از یکدیگر متمایز می کند، توزیع مناسب ماده پر کننده است. با اصلاح سطحی می توان این توزیع را به شکل یکنواخت به گونه ای انجام داد که از آگلومراسیون اجزای نانومتری ماده پرکننده جلوگیری شود و توزیع مناسب فاز تقویت کننده فراهم گردد. در واقع نکته مهم در تمام این فرایندها، اصلاح فصل مشترک بین پلیمر و نانوذره می باشد. استفاده از فرایندهای سطحی سبب توزیع یکنواخت فاز تقویت کننده در بستر پلیمری شده، افزایش مدول و استحکام نانوکامپوزیت را به دنبال خواهد داشت [۴].

مراجع :

۱) <http://fa.wikipedia.org/wiki>

۲) www.iran-mavad.ir

۳) فتح الله کریم زاده، احسان قاسمعلی، سامان سالمی زاده "نانومواد؛ خواص، تولید و کاربرد" جهاد

دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، ۱۳۸۴

۴) نویسنده: مریم ملک دار

۱. M.Z.Rong, M.Q.Zhang, Y.X.Zhang, K.Friedrich, Polymer ۴۲, (۲۰۰۱), ۳۳۰۱

۲. G.Caroteuto, Y.S.Her, E.Matijevic, Ind. Eng. Chem. RES ۳۵, (۱۹۹۶), ۲۹۲۹.

h-Daneshmand.ir