

### بخش ۳: روش‌های تولید نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری

حسین فلاح دوست، محسن افسری ولایتی

#### مقدمه:

در بخش قبل با تعریف نانوکامپوزیت، ساختار و ویژگی‌ها و انواع آن آشنا شدید. در این بخش روش‌های تولید نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری آمده است.

#### ۱- روش‌های تولید نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری

به طور کلی چهار روش برای تولید نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری وجود دارد:

##### ۱-۱- مخلوط سازی مستقیم:

در این روش ابتدا نانوذرات تهیه شده به صورت سوسپانسیون در یک حلال حل شده و سپس به محلول پلیمری اضافه می‌شود و مخلوط حاصله توسط یک پرس هیدرولیک در یک قالب اکستروژن می‌شود و در نهایت صفحات نازک به دست می‌آیند. در این روش انتخاب بستر پلیمری، انتخاب نوع ذرات و سازگاری این دو گونه با یکدیگر و نحوه توزیع ذرات از نکات حائز اهمیت است. معمولاً برای تولید نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری حاوی نانوالیاف کربنی از این روش استفاده می‌شود. 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 می‌تواند باشد. البته به نظر می‌رسد آگلومره شدن (به هم چسبیدن) ذرات نیز از دیگر محدودیت‌های این روش باشد.

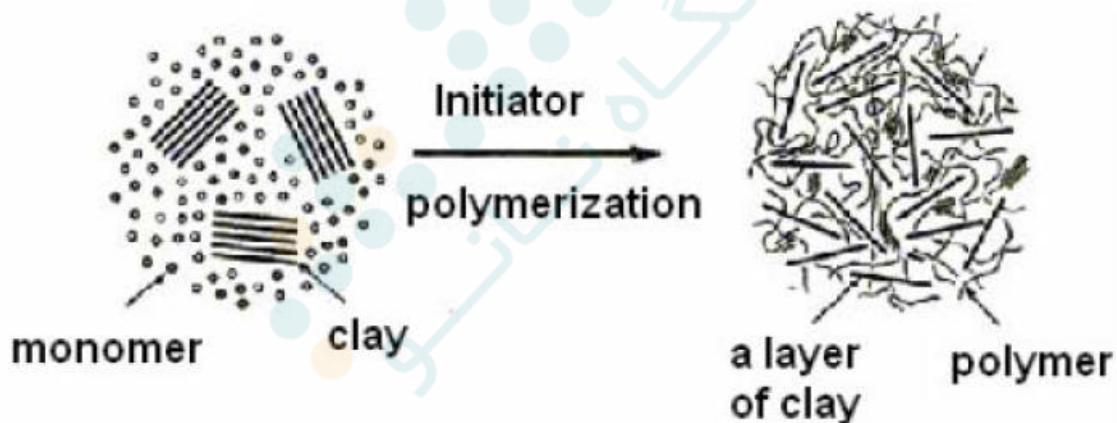
##### ۱-۲- فرآوری محلول

با استفاده از این روش می‌توان بر بعضی از محدودیت‌های روش مخلوط سازی مستقیم غلبه کرد، ضمن آنکه می‌توان میزان آگلومراسیون و کلوخه‌ای شدن نانوذرات در ماده پلیمری را کاهش داد. در این روش به دو صورت

می‌توان نانوکامپوزیت‌های پلیمری را تولید کرد. اگر ماده زمینه پلیمری و نانوذرات تقویت کننده آن در یکدیگر قابل حل شدن باشند، محلول حاصل را می‌توان در یک قالب ریخته‌گری 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 می‌آید.

### ۱-۳- پلیمریزاسیون درجا

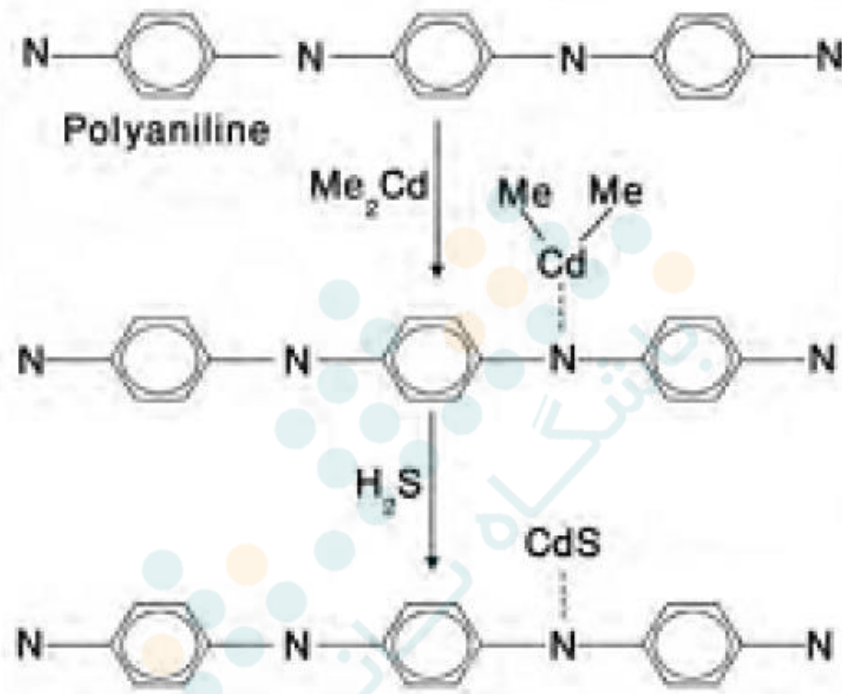
در این روش پلیمریزاسیون بستر پلیمری در حضور نانوذرات انجام می‌شود و مونومر در حین رشد، ذرات پر کننده را در بر می‌گیرد. نکته کلیدی در این روش نحوه توزیع نانوذرات در مونومر است. با کنترل پیوند بین نانوذرات و ماده زمینه، می‌توان توزیع مورد نظر را به دست آورد. بسیاری از نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری را می‌توان با این روش تولید کرد (شکل ۱).



شکل ۱: تهیه نانوکامپوزیت به روش پلیمریزاسیون درجا

به طور مثال نانوکامپوزیت‌های حاوی نانولایه‌های گرافیت که دارای هدایت الکتریکی بالا و نفوذپذیری کمی هستند، از این روش تولید می‌شوند. برای تولید این نانوکامپوزیت‌ها ابتدا با امواج مافوق صوت لایه‌های گرافیت در مونومر به صورت یکنواخت توزیع می‌شوند و در نهایت با پلیمریزاسیون درجا نانوکامپوزیت به دست می‌آید. نکته‌ای که در روش‌های تولید نانوکامپوزیت‌های پلیمری اهمیت دارد و آن را از یکدیگر متمایز می‌کند، توزیع

مناسب مادهء پرکننده 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. یک مثال دیگر تهیه نانوکامپوزیت های پلی آنیلین /کادمیم سولفید است که برای تهیه آن پلی آنیلین را در محلول فرماید حل کرده و دی متیل کادمیم را به آن اضافه می کنند در مرحله آخر نیز  $H_2S$  به محلول اضافه می شود (شکل ۲).



شکل ۲: سنتز نانوکامپوزیت های پلی آنیلین /کادمیم سولفید به روش پلیمریزاسیون درجا

#### ۱-۴- تهیه پلیمر از مونومرها در حضور قالب هایی در مقیاس نانو

در این روش مونومرها را درون قالب هایی با مقیاس نانو ریخته و سپس فرآیند پلیمری شدن درون این قالب ها رخ می دهد. در نتیجه به علت محدود بودن فضا (در حد نانومتر) پلیمرهای ساخته شده در ابعاد نانو تشکیل می شوند.

## ۲- مزایا و معایب نانوکامپوزیت‌ها

ظهور مواد نانوکامپوزیت‌ها، تحولی اساسی در خواص مکانیکی و حرارتی ایجاد کرده است. مزایای مواد نانوکامپوزیتی را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

پودرهای نانوکامپوزیتی نسبت سطح به حجم بالایی دارد. این نسبت در حالت بی‌شکل نسبت به حالت بلوری، بیشتر است و همچنین کسر زیادی از اتم‌ها در سطح ذرات پودرهای نانوکامپوزیتی و یا در مرز دانه‌های ریزساختار نانوکامپوزیت‌ها قرار دارند.

به دلیل دو خاصیت اخیر، پودرهای نانوکامپوزیت، قابلیت تفت جوشی (زینتر) بالایی دارند. در ساخت نانوکامپوزیت‌ها از پودرهای نانوکامپوزیت یا پودرهای نانومتری، به دلیل کنترل فرآیند در مقیاس نانومتری، ریزساختاری کاملاً یکنواخت به دست می‌آید. نانوکامپوزیت‌ها خواص فیزیکی و مکانیکی از قبیل استحکام، سختی، چقرمگی و مقاومت حرارتی بالایی در محدوده وسیعی از دما دارند. افزودن ۵ تا ۱۰ درصد حجمی فاز دوم به فاز زمینه، باعث افزایش چشمگیری در خواص فیزیکی و مکانیکی نانوکامپوزیت‌ها می‌شود. لذا جدیدترین فناوری‌ها، مربوط به طراحی ریزساختار نانوکامپوزیت‌ها برای بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی آنها است.

در مقابل خواص منحصر به فرد مواد نانوکامپوزیت، در ساخت نانوکامپوزیت‌ها مشکلات فرآیندی قابل توجهی وجود دارد که نقش تعیین کننده‌ای دارند. از اساسی‌ترین این مشکلات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- عدم توزیع یکنواخت فاز دوم در فاز زمینه در نانوکامپوزیت‌ها، خواص مکانیکی نانوکامپوزیت‌ها را کاهش می‌دهد. تجمع ذرات پودر بسیار ریز در نانوکامپوزیت‌ها موجب افزایش انرژی سطحی آنها شده، کاهش خواص مکانیکی کاهش خواص مکانیکی نانوکامپوزیت‌ها را به دنبال دارد.

۲- همچنین استفاده از مواد شیمیایی گران قیمت برای توزیع یکنواخت فاز دوم در داخل فاز زمینه و جلوگیری از به هم چسبیدن ذرات پودر نانوکامپوزیتی و ساخت نانوکامپوزیت‌هایی با ریزساختاری همگن و خواص مکانیکی بالا، باعث غیر اقتصادی شدن و همچنین پیچیده‌تر شدن فرآیند می‌گردد.

1- <https://fa.wikipedia.org/wiki/کامپوزیت>

2- <http://www.rasekhoon.net/Article/Show-42090.aspx>

3- [edu.nano.ir](http://edu.nano.ir)، سیستم جامع آموزشی فناوری نانو.

4- مرکز یادگیری سایت تبیان

