

ساخت یک سپر نامرئی برای مهار آتش

۱- هدف

آشنایی با تاثیر افزایش سطح نانوذرات در تولید پارچه های ضد آتش

۲- مقدمه

با ورود مواد به مقیاس نانو، بسیاری از خواص فیزیکی و شیمیایی آنها دستخوش تغییرات چشمگیری می شود؛ به گونه ای که مواد در این مقیاس می توانند رفتارهایی متفاوت از حالت توده ای (بالک) خود نشان دهند. یکی از مهم ترین دلایل بروز این تغییرات، افزایش نسبت سطح به حجم در ذرات نانومتری است. در ابعاد نانو، بخش قابل توجهی از اتم ها در سطح ماده قرار می گیرند و همین امر موجب افزایش برهم کنش ماده با محیط اطراف می شود.

افزایش سطح تماس در نانوذرات باعث تقویت پدیده هایی مانند واکنش پذیری، جذب انرژی، انتقال حرارت و تعامل با شعله می گردد. به همین دلیل، بسیاری از موادی که در مقیاس معمولی خواص خاصی ندارند، در ابعاد نانو می توانند ویژگی های جدید و کاربردی از خود نشان دهند. این اصل یکی از پایه های اصلی فناوری نانو و دلیل گسترش کاربردهای آن در حوزه هایی مانند ایمنی، مواد پیشرفته و مهندسی نساجی است.

کربنات کلسیم یکی از مواد معدنی پرکاربرد و در دسترس است که در حالت معمولی، کاربردهای گسترده ای در صنایع مختلف دارد. با این حال، هنگامی که این ماده به صورت نانوذره مورد استفاده قرار می گیرد، به دلیل سطح ویژه بالا و رفتار حرارتی خاص، می تواند نقش مؤثری در کاهش شعله پذیری مواد آلی ایفا کند. نانوذرات کربنات کلسیم قادرند در مواجهه با حرارت، بخشی از انرژی گرمایی را جذب کرده و از گسترش سریع شعله جلوگیری نمایند.

از سوی دیگر، استفاده از بسترهای پلیمری مانند پلی وینیل الکل (PVA) امکان پخش یکنواخت نانوذرات و تثبیت آنها بر سطح الیاف پارچه را فراهم می کند. ایجاد چنین پوشش نانوکامپوزیتی می تواند بدون تغییر محسوس در ظاهر پارچه، مقاومت آن را در برابر آتش افزایش دهد.

در این آزمایش، با سنتز نانوذرات کربنات کلسیم و به کارگیری آن ها در پوشش دهی پارچه نخی، تلاش می شود تا به صورت عملی نشان داده شود که کاهش ابعاد ماده تا مقیاس نانو چگونه می تواند منجر به بهبود خواص عملکردی و افزایش ایمنی مواد شود. این آزمایش نمونه ای ساده و آموزشی از کاربرد فناوری نانو در زندگی روزمره است.

۳- تئوری آزمایش:

هدف از این آزمایش، بررسی تأثیر کاهش اندازه ذرات تا مقیاس نانو بر خواص حرارتی و ضدحریق مواد و استفاده از این ویژگی در افزایش مقاومت پارچه های نخی در برابر آتش است. در این آزمایش، نانوذرات کربنات کلسیم سنتز شده و به صورت پوشش نانوکامپوزیتی بر سطح الیاف سلولزی قرار می گیرند.

در مقیاس ماکرو، کربنات کلسیم ماده ای نسبتاً پایدار است، اما با کاهش اندازه ذرات تا ابعاد نانومتری (۱ تا ۱۰۰ نانومتر)، نسبت سطح به حجم به طور چشمگیری افزایش می یابد. این افزایش سطح مؤثر باعث می شود برهم کنش ماده با گرما و شعله به صورت قابل توجهی تغییر کند. نانوذرات به دلیل سطح ویژه بالا، توانایی جذب و پخش انرژی حرارتی بیشتری نسبت به ذرات درشت دارند.

یکی از ویژگی های مهم کربنات کلسیم، تجزیه گرماگیر آن در دماهای بالا است. در هنگام قرار گرفتن در معرض شعله، نانوذرات کربنات کلسیم انرژی حرارتی را جذب کرده و به اکسید کلسیم و گاز دی اکسید کربن تجزیه می شوند. آزاد شدن گاز CO_2 در سطح پارچه، موجب رقیق شدن اکسیژن اطراف شعله و کاهش شدت احتراق می شود. از سوی دیگر، باقی ماندن لایه ای معدنی بر سطح الیاف، مانند یک سد فیزیکی از رسیدن مستقیم حرارت به الیاف پارچه جلوگیری می کند.

در این آزمایش، برای تثبیت نانوذرات بر سطح پارچه، از پلی وینیل الکل (PVA) به عنوان بستر پلیمری استفاده می شود. PVA با ایجاد یک پوشش یکنواخت، موجب پخش مناسب نانوذرات و افزایش چسبندگی آن ها به الیاف نخی می گردد. این پوشش نانوکامپوزیتی باعث کاهش سرعت گسترش شعله، افزایش زمان اشتعال و بهبود مقاومت حرارتی پارچه می شود.

در مجموع، این آزمایش نمونه ای ساده و قابل فهم از کاربرد فناوری نانو در افزایش ایمنی مواد است و نشان می دهد که چگونه تغییر در مقیاس ماده، بدون تغییر در ماهیت شیمیایی آن، می تواند منجر به بروز خواص جدید و کاربردی مانند خاصیت ضدحریق شود.

۴- روش کار آزمایش

۴-۱- مواد و تجهیزات مورد نیاز

- کلرید کلسیم (CaCl_2)
- سدیم کربنات (Na_2CO_3)
- PVA
- ژلاتین (آزمایشگاهی یا خوراکی)
- آب مقطر
- هیتر و همزن
- قطره چکان
- سانتریفیوژ (یا صافی کاغذی)
- آون یا محیط خشک
- بشر، همزن شیشه‌ای
- کرنومتر
- فندک
- ترازوی دیجیتال
- عینک ایمنی (ضروری)

۲-۴- روش انجام آزمایش

سنتز نانوذرات کربنات کلسیم و بررسی کاربرد آن ها در تهیه پارچه ضدحریق

- تهیه محلول پلی وینیل الکل (PVA)

۱. مقدار ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر را درون یک بشر شیشه ای تمیز بریزید و یک مگنت همزن در آن قرار دهید.
 ۲. دهانه بشر را با فویل آلومینیومی بپوشانید و بشر را روی همزن مغناطیسی با کنترل دما قرار دهید.
 ۳. دمای محلول را تا حدود ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی گراد افزایش دهید.
 ۴. پس از رسیدن به دمای مورد نظر، ۴ گرم پلی وینیل الکل (PVA) را به آرامی و به صورت تدریجی به آب اضافه کنید.
 ۵. همزدن را به طور مداوم ادامه دهید تا محلولی شفاف و یکنواخت حاصل شود.
- پس از حل کامل PVA، همزن را خاموش کرده و اجازه دهید محلول تا دمای محیط سرد شود.

- سنتز نانوذرات کربنات کلسیم به روش رسوبی

برای انجام این مرحله، دو محلول جداگانه طبق مراحل زیر تهیه کنید:

تهیه محلول اول

۱. مقدار ۲/۷۸ گرم سدیم کلرید و ۲ گرم ژلاتین را در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر بریزید.
 ۲. محلول را در دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی گراد تحت همزدن قرار دهید تا کاملاً شفاف شود.
- تهیه محلول دوم

۱. مقدار ۲/۶۸ گرم سدیم کربنات و ۲ گرم ژلاتین را در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل کنید.
۲. شرایط دمایی و همزدن را مشابه محلول اول تنظیم نمایید تا محلولی یکنواخت به دست آید.

تشکیل نانوذرات

۱. محلول سدیم کربنات را به صورت قطره ای و آرام به محلول سدیم کلرید اضافه کنید.
۲. در حین افزودن، همزدن را ادامه دهید.
۳. با پیشرفت واکنش، تشکیل رسوب سفیدرنگ نانوذرات کربنات کلسیم مشاهده خواهد شد.
۴. پس از پایان افزودن، مخلوط را چند دقیقه دیگر هم بزنید.
۵. رسوب حاصل را با استفاده از سانتریفیوژ جدا کرده و چند بار با آب مقطر بشویید تا ناخالصی ها حذف شوند. در صورت نداشتن سانتریفیوژ از کاغذ صافی استفاده کنید.
۶. نمونه شسته شده را در آون خشک کن با دمای ۷۰ تا ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت قرار دهید تا کاملاً خشک شود و برای مراحل بعدی نگهداری نمایید. در صورت نبود آون، کاغذ صافی حاوی نانوذرات را به آرامی داخل ظرف قرار دهید و ظرف را در کنار بخاری قرار داده تا به خوبی خشک شوند.

۳. تهیه نانوکامپوزیت PVA- نانوذرات کربنات کلسیم

۱. مقدار ۱ درصد وزنی از نانوذرات کربنات کلسیم خشک شده را به محلول PVA تهیه شده اضافه کنید.
۲. برای دستیابی به توزیع یکنواخت نانوذرات و جلوگیری از تجمع آنها، مخلوط را به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه التراسونیک قرار دهید. (اختیاری) در صورت عدم دسترسی به دستگاه التراسونیک، مخلوط را با مگنت یا همزن شیشه ای هم بزنید تا حد ممکن یکنواخت شود.
۳. در پایان این مرحله، یک سوسپانسیون یکنواخت نانوکامپوزیتی به دست می آید.

۴. بررسی عملکرد ضدحریق نمونه ها

۴-۱. آزمون ضدحریق با استفاده از پنبه

۱. سه قطعه پنبه با وزن یکسان انتخاب کنید.
۲. نمونه ها را به صورت زیر آماده نمایید:

- پنبه آغشته به سوسپانسیون نانوذرات کربنات کلسیم
 - پنبه بدون هیچ گونه تیمار (نمونه شاهد)
 - ۳. نمونه های تیمار شده را در آون خشک کن خشک کنید.
 - ۴. آزمون اشتعال را به طور هم زمان انجام دهید. با استفاده از یک فندک و با نظارت معلم یا والدین خود، نمونه ها را همزمان آتش بزنید و از فرآیند فیلم برداری کنید. اصول ایمنی را رعایت کرده و حتما از عینک ایمنی استفاده کنید.
 - ۵. زمان اشتعال، شدت سوختن و سرعت گسترش شعله در نمونه ها را مشاهده و با یکدیگر مقایسه کنید. زمان را با کرنومتر ثبت کنید.
-

۴-۲. آزمون ضدحریق با استفاده از پارچه نخی

۱. سه قطعه پارچه نخی با ابعاد یکسان انتخاب نمایید.
۲. پارچه ها را به طور جداگانه در محلول های زیر غوطه ور کنید:
 - محلول PVA- نانوذرات کربنات کلسیم
 - محلول PVA بدون نانوذرات
 - یک پارچه را نیز به عنوان نمونه شاهد نگه داشته و در هیچ محلولی غوطه ور نکنید.
۳. پس از خارج کردن پارچه ها، آن ها را در آون خشک کن خشک نمایید.
۴. آزمون اشتعال را انجام داده و تأثیر پوشش نانوکامپوزیتی را بر کاهش شعله پذیری، تأخیر در اشتعال و افزایش مقاومت حرارتی پارچه بررسی کنید. فرآیند را با نظارت معلم و یا والدین و با رعایت اصول ایمنی انجام دهید. حتما از عینک ایمنی استفاده کنید. زمان را با کرنومتر ثبت کنید.

پرسش ها

۱. چرا کاهش اندازه ذرات کربنات کلسیم تا مقیاس نانو می تواند باعث افزایش خاصیت ضدحریق پارچه شود، در حالی که جنس شیمیایی ماده تغییری نکرده است؟

۲. در مورد سایر کاربردهای نانوذرات کلسیم کربنات در صنعت تحقیق کنید.

۳. چرا در این آزمایش از پلی وینیل الکل (PVA) به عنوان بستر پلیمری برای پوشش دهی پارچه استفاده شده است و نبود آن چه تأثیری بر نتیجه آزمایش خواهد داشت؟

۴. آزاد شدن گاز دی اکسید کربن در اثر تجزیه حرارتی کربنات کلسیم چگونه می تواند به کاهش شدت احتراق و گسترش شعله در پارچه کمک کند؟