

بخش ۱: مقدمه‌ای بر روش مکانیکی تولید نانوذرات

نویسندگان: الهام بدرآبادی، مبینا کلهریان

بیندیشیم:

روش‌های قدیمی آسیاب گندم میان دو قطعه سنگ و یا خرد کردن مواد غذایی و دارویی درون هاون به واسطه ضربه‌های متوالی و کوبش، نمونه‌هایی از کوچک کردن مواد توده و تبدیل آنها به ذرات ریز یا به عبارت دیگر پودر کردن آنها است.

- در مورد انواع روش‌های آسیاب که در گذشته و حال به کار می‌رود تحقیق کرده و آنها را مورد بررسی و مقایسه قرار دهید.

امروزه، روش‌های موسوم به روش‌های مکانیکی مانند روش آسیای مکانیکی و یا آلیاژ سازی مکانیکی، از روش‌های توسعه یافته و بسیار پرکاربرد تجاری در فناوری نانو به حساب می‌آیند.

۱- تولید نانوذرات به روش مکانیکی

خرد کردن و آسیا کردن مواد به وسیله گلوله طی چند دهه اخیر در صنعت رواج بسیاری پیدا کرده و آنچنان بهبود و پیشرفت داشته که به یکی از روش‌های تولید ذرات پیشرفته با خواص ویژه تبدیل شده است.

اولین بار بنجامین در سال ۱۹۶۶ روش آلیاژ سازی مکانیکی را ابداع کرد. این روش شامل شکستن ذرات و جوش خوردن مجدد آنها درون یک محفظه بسته است که از تعدادی گلوله فلزی و یا گاهی سرامیکی تشکیل شده است. این روش برای تولید نانوپودرها، نانوکامپوزیت‌ها، نانوذرات اکسیدی، آلیاژهای تقویت شده با نانوذرات، فازهای شیشه‌ای، ترکیبات اینترمتالیک (بین فلزی) و محلول‌های جامد فوق اشباع به کار گرفته می‌شود. این روش، از جمله روش‌های تولید نانومواد با رویکرد بالا به پایین است.

روش کار به این شرح است که پودر مواد مورد نظر با نسبت مشخص درون محفظه ضد سایش ریخته می‌شود؛ پودرها درون محفظه با یکدیگر مخلوط شده و توسط حرکت مدام گلوله‌های مقاوم به سایش داخل محفظه دچار سایش و شکستن می‌شوند. ذرات تولید شده در اثر شکست، در اثر وجود اصطکاک و انرژی بالای درون محیط

نیز به طور پیوسته با یکدیگر جوش می‌خورند. اعمال انرژی و ضربه مداوم توسط گلوله‌ها سبب خرد شدن و شکستن تدریجی ذرات تا اندازه‌های نانومتری می‌شود.

۲- عوامل موثر بر فرآیند

۲-۱- نوع مواد اولیه

هرچه پودر یا ماده اولیه تردتر باشد، راحت‌تر خرد و آسیاب می‌شود، بنابراین تحت شرایط یکسان در صورت استفاده از ماده اولیه ترد، ذرات ریزتری بدست می‌آید. در صورت استفاده از مواد نرم احتمال آن می‌رود که در مراحل اولیه سایش ذرات تولید شده دچار تغییر شکل شده، به یکدیگر بچسبند و توده‌ای گردند.

۲-۲- افزودن مواد رقیق‌کننده

این دسته از مواد جهت جلوگیری از بهم چسبیدن ذرات و توده‌ای شدن آنها استفاده می‌شوند و کنترل‌کننده سطوح به حساب می‌آیند. یکی دیگر از کاربردهای این دسته از مواد افزودنی کاهش دمای فرآیند است، چراکه حین انجام فرآیند به علت اصطکاک ایجاد شده دما به شدت افزایش می‌باید وجود رقیق‌کننده‌ها سبب کاهش اصطکاک تا سطح مطلوب و کاهش نسبی دما می‌گردد.

۲-۳- زمان آسیاب

واضح به نظر می‌رسد که با افزایش زمان آسیاب به علت اعمال انرژی بیشتر به مواد درون محفظه، ذرات حاصل، اندازه کوچک‌تری خواهند داشت. البته افزایش زمان برای هر نوع خاص از ماده، یک حد بحرانی دارد که آسیا کردن بیش از آن زمان تاثیری بر ساختار و ابعاد پودر حاصله ندارد.

۲-۴- سرعت چرخش آسیاب

با افزایش سرعت چرخش آسیاب، انتظار می‌رود به دلیل افزایش انرژی اعمالی به مواد درون محفظه، ابعاد ذرات تولیدی کاهش یابند. مشاهدات نشان داده‌اند که در صورت افزایش سرعت چرخش آسیاب و همچنین افزایش زمان آسیاب به طور همزمان، نانوذرات بدون نیاز به مراحل تکمیلی بعدی، مانند عملیات حرارتی و پخت و ... تولید می‌گردند.

۲-۵- اندازه گلوله‌ها

با کاستن ابعاد گلوله‌ها و ثابت نگه داشتن نسبت وزنی گلوله‌ها با پودر داخل محفظه می‌توان سبب اعمال بیشتر انرژی شده و به ذراتی با ابعاد کوچک‌تر دست پیدا کرد.

۲-۶- شرایط عملیات حرارتی

چنانچه گفته شد در برخی موارد نیاز است برای رسیدن به مواد مورد نظر و یا حتی ساختارهای مطلوب، ذرات حاصل شده از مرحله آسیاب کردن را در معرض حرارت در شرایط خاص تحت دما و زمان مشخص قرار داد. به این فرآیند عملیات حرارتی تکمیلی می‌گویند. نکته حائز اهمیت در مورد عملیات حرارتی این است که ذرات در معرض حرارت رشد می‌کنند و اندازه ذرات بزرگ می‌شود، بنابراین بهتر است زمان عملیات حرارتی به شدت کنترل شده و بهینه باشد تا ضمن ایجاد ساختار مورد نظر ابعاد ذرات نیز در محدوده مطلوبی قرار بگیرند.

۳- مزایا و معایب روش مکانیکی تولید نانوذرات

۳-۱- مزایا

- امکان تولید حجم زیادی از مواد و نرخ تولید بالا
- سادگی فرآیند
- امکان تولید نانوذرات مختلف فلزی و غیرفلزی
- پایین بودن دمای فرآیند
- سهولت کنترل فرآیند و خواص پودرهای تولیدی
- یکنواختی محصول نهایی مستقل از نوع و اندازه مواد اولیه
- تولید نانوذرات مجزا از هم بدون توده‌ای شدن

۳-۲- معایب

- نیاز به عملیات ثانویه جهت حذف بستر جامد در برگیرنده نانوذرات
- توزیع گسترده اندازه ذرات در صورت عدم کنترل شرایط تولید

- طولانی بودن زمان فرآیند
- امکان ورود ناخالصی از طریق سایش محفظه یا گلوله‌ها
- نیاز به انجام عملیات حرارتی برای تولید برخی نانوذرات فاز کریستالی

منابع:

۱. کتاب نانومواد، ترجمه حمیدرضا رضایی
۲. کتاب سنتز و روش ساخت نانومواد، تالیف محمد ابراهیم ابراهیمی

