

مقدمه:

یکی دیگر از روش‌های تولید نانوذرات با رویکرد بالا به پایین، روش سونوشیمی است که در یک محیط مایع رخ می‌دهد. در این بخش با این روش، عوامل موثر بر آن و مزایا و معایب آن آشنا می‌شوید.

### ۱- روش عملکرد فرآیند سونوشیمی

در این روش جهت شروع واکنش تولید نانوذرات و یا سرعت بخشیدن به انجام آن از امواج ماورای صوت با شدت بالا استفاده می‌شود. نحوه عملکرد به این شکل است که طی اعمال امواج ماورای صوت به درون مایع اولیه، ارتعاشاتی به وقوع می‌پیوندد که به واسطه آن حباب‌هایی درون مایع ایجاد می‌گردد. حباب‌های ایجاد شده، رشد کرده و به یک اندازه بحرانی می‌رسند؛ درون حباب‌هایی با اندازه بحرانی مناطقی به صورت موضعی با فشار و دمای بالا (حدود ۵۰۰۰ کلوین) ایجاد می‌شود که پایداری آنها در محدوده نانو ثانیه است. واکنش مورد نیاز جهت تولید نانوذرات معمولاً در فصل مشترک این حباب‌ها و سیال خارجی به وقوع می‌پیوندد. این شرایط دمایی و فشاری بالا درون حباب‌هایی با اندازه بحرانی سبب می‌شود که در صورت از هم پاشیده شدن حباب‌ها، مولکول‌های آب به راحتی تبخیر و یا پیرولیز شده و رادیکال‌های H و OH ایجاد شود. رادیکال‌های ایجاد شده

دلیل اصلی واکنش‌هایی است که منجر به تولید نانوذرات می‌گردند. به این صورت که با ترکیب رادیکال‌های ذکر شده با ذرات محلول در سیال و یک سری واکنش‌های متوالی شیمیایی نهایتاً نانوذرات مورد نظر رسوب خواهند کرد.

**بیشتر بدانید:**

پیرولیز یک فرآیند رسوب‌نشانی حرارتی برای مواد آلی در عدم حضور اکسیژن و تحت دمای بالا است.

به فرآیند ایجاد حباب‌هایی با اندازه بحرانی دارای نواحی داخلی پرفشار و دما بالای موضعی درونی و فروپاشی ناگهانی این حباب‌ها، حفره‌دار شدن سیال می‌گویند. چرا که در اثر فروپاشی، نواحی حفره ماندنی در لحظه‌ی فروپاشی، درون سیال ایجاد می‌گردد.

## ۲- عوامل موثر بر فرآیند

### ۲-۱- مواد اولیه

همان طور که پیش تر گفته شد؛ تولید نانوذرات از طریق فرآیند سونوشیمی بشدت متأثر از نحوه ایجاد و فروپاشی حبابها است، بنابراین نوع سیال یا مایع اولیه بسیار بر نحوه شکل گیری حبابها و حفره دار شدن سیال تاثیرگذار خواهد بود. غلظت و نوع پیوندهای درونی سیال اولیه از عوامل مهم و موثر بر میزان دما و فشار موضعی درون حبابها است. به طور مثال گزارش شده است که اندازه نانوذرات MgO تولیدی درون تولوئن از نانوذرات تولیدی درون حلالی چون بنزن، تحت شرایط محیطی یکسان، کوچکتر است.

### ۲-۲- نیروی جاذبه زمین

طبق تحقیقات و بررسیهای صورت گرفته، نشان داده شده است که طی فرآیندهای مختلف تولید نانوذرات، تحت حالت بی وزنی، یا کاهش جاذبه، نانوذراتی با ابعاد کوچکتر بدست می آیند. در مورد فرآیند سونوشیمی، دلیل این مساله چنین ذکر شده است که در پی کاهش اثر جاذبه، حبابها با شدت بیشتری فرو پاشیده و در نتیجه رادیکالهای H و OH بیشتری آزاد می شوند که واکنشهای شیمیایی تولید نانوذرات را تسهیل می کنند. به عبارتی با افزایش میزان رادیکالها، سرعت احیای ترکیبات موجود در سیال افزایش می یابد.

### ۲-۳- توان امواج ماورای صوت

هرچه امواج با شدت و توان بیشتری با محلول برخورد کنند، سبب ایجاد جوش و خروش بیشتری درون سیال شده و در نتیجه حبابهای بیشتری ایجاد می گردد. تولید حبابهای بیشتر به معنی فروپاشی بیشتر، حفره دار شدن بیشتر سیال و نهایتاً اختلاف فشار و دمای ایجاد شده بیشتر در نواحی فصل مشترک حفره و سیال است. این مساله به طور مستقیم بر ابعاد نانوذرات تولیدی اثر می گذارد؛ به عبارت دیگر با افزایش توان امواج ماورای صوت، نانوذراتی با ابعاد کوچکتر تولید می گردند.

## ۲-۴- زمان اعمال امواج ماورای صوت

زمان اعمال امواج ماورای صوت به دو صورت بر سیر فرآیند تاثیرگذار است. اول آنکه با افزایش زمان اعمال امواج، تعداد حفرات بیشتری درون سیال ایجاد شده، تعداد رادیکال‌های آزاد افزایش یافته و نهایتاً نانوذرات کوچک‌تری ایجاد می‌گردند. دوم آنکه از طرفی با افزایش زمان اعمال امواج ماورای صوت، میزان ناخالصی‌ها نیز افزایش می‌یابد که وجود ناخالصی‌ها و میزان آنها، خود بر روند فرآیند تاثیرگذار است.

## ۲-۵- افزودنی‌ها و عوامل موثر سطحی

یکی از مواردی که روش سونوشیمی را تهدید می‌کند؛ مساله آگلومره شدن و یا بهم چسبیدن ذرات تولیدی است. برای جلوگیری از این مساله به محلول موادی جهت افزایش کشش سطحی اضافه می‌گردد. این مواد فعال با تغییر زاویه تماس ذرات تولید شده با یکدیگر از چسبیدن آنها به یکدیگر جلوگیری به عمل می‌آورند.

## ۳- مزایا و معایب فرآیند

### ۳-۱- مزایای روش سونوشیمی

- نانوذرات تولیدی به این روش این امکان را دارند که بر سطح زیرلایه‌های سرامیکی و پلیمری رسوب کنند.
- این روش جهت تولید نانوذرات در مقیاس زیاد و با سرعت بالا مناسب است.
- انواع گوناگونی از نانوذرات را می‌توان به این روش تولید کرد.
- عوامل موثر بر این فرآیند به راحتی قابل کنترل هستند، بنابراین روش سونوشیمی، روشی قابل کنترل و هدایت است.
- در این روش برای انجام واکنش‌های شیمیایی نیاز به دمای زیادی نیست چنانچه این دست از واکنش‌ها حتی قابلیت به وقوع پیوستن در دمای محیط را نیز با بهره بردن از انرژی امواج موراوی صورت دارند.

### ۳-۲- معایب روش سونوشیمی

- اکثر مواد مورد استفاده در این روش سمی هستند.
- امکان آگلومره شدن و یا به عبارت دیگر توده‌ای شدن نانوذرات تولیدی به این روش بسیار زیاد است.

• فرآیند تولید نانوذرات به روش سونوشیمی بایستی در یک محیط محافظ و تحت کنترل صورت بگیرد.

معایب این روش بیشتر در شرایط استفاده از مواد آلی-فلزی خود را به نمایش می‌گذارد و بروز می‌کند.

منابع:

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

