

صفحه	عنوان
۱.....	چکیده
	فصل اول مروری بر تاریخچه مواد نانو
۲.....	۱-۱- نانو چیست؟
۳.....	۲-۱- نانوتکنولوژی چیست؟
۴.....	۳-۱- چرا نانوتکنولوژی؟
	فصل دوم انواع نانومواد
۶.....	۱-۲- نانوکاتالیست ها
۶.....	۱-۱-۲- قابلیت نانوفناوری در کاتالیست
۶.....	۲-۱-۲- تاثیر نانوفناوری بر کاتالیست ها
۷.....	۳-۱-۲- انواع نانومواد کاتالیستی
۸.....	۲-۲- نانو کامپوزیت ها
۸.....	۱-۲-۲- تاریخچه کامپوزیت
۹.....	۲-۲-۲- کامپوزیت ها و اجزای آن
۹.....	۳-۲-۲- زمینه ها
۱۰.....	۴-۲-۲- تقویت کننده ها
۱۰.....	۱-۴-۲-۲- تقویت کننده های ذره ای
۱۰.....	۲-۴-۲-۲- تقویت کننده های لیفی یا رشته ای

- ۱۱..... تقویت کننده ورقه ای یا سطحی ۳-۴-۲-۲
- ۱۱..... نانو کامپوزیت ۵-۲-۲
- ۱۱..... تعریف نانو کامپوزیت ۱-۵-۲-۲
- ۱۲..... دسته بندی نانو کامپوزیت ها ۲-۵-۲-۲
- ۱۴..... بهبود خواص در نانو کامپوزیت ها ۳-۵-۲-۲
- ۱۵..... نانولوله ها ۳-۲
- ۱۵..... مقدمه ۱-۳-۲
- ۱۵..... انواع نانولوله ها ۲-۳-۲
- ۱۵..... نانولوله های کربنی (CNTS) ۱-۲-۳-۲
- ۲۰..... نانو کامپوزیت های نانولوله ای کربنی ۲-۲-۳-۲
- ۲۰..... نانولوله های نیتريد بور ۳-۲-۳-۲
- ۲۱..... نانو کامپوزیت های نانولوله ای نیتريد بور ۴-۲-۳-۲
- ۲۱..... نانولوله های آلی ۵-۲-۳-۲
- ۲۱..... نانوساختارهای الگو گرفته از نانولوله ۶-۲-۳-۲
- ۲۱..... نانوحسگرها ۴-۲
- ۲۱..... مقدمه ۱-۴-۲
- ۲۲..... غبارهای هوشمند ۱-۱-۴-۲
- ۲۳..... نانو حسگرهای گاز ۲-۱-۴-۲
- ۲۴..... نانوحسگرهای فیزیکی ۳-۱-۴-۲
- ۲۴..... نانو حسگرهای شیمیایی ۴-۱-۴-۲

- ۲۵..... ۲-۴-۲- انواع نانو حسگرها بر اساس نوع ساختار
- ۲۵..... ۱-۲-۴-۲- استفاده از نقاط کوانتومی در تولید نانو حسگرها
- ۲۶..... ۲-۲-۴-۲- استفاده از نانو لوله ها در تولید نانوحسگرها
- ۲۷..... ۳-۲-۴-۲- استفاده از نانو ابزارها در تولید نانوحسگرها
- ۲۷..... ۵-۲- نانو خوشه ها
- ۲۷..... ۱-۵-۲- مقدمه
- ۲۸..... ۲-۵-۲- نحوه تشکیل نانو خوشه ها
- ۳۰..... ۳-۵-۲- خواص نانوخوشه ها
- ۳۰..... ۱-۳-۵-۲- نسبت سطح به حجم
- ۳۱..... ۲-۳-۵-۲- واکنش پذیری شیمیایی
- ۳۱..... ۳-۳-۵-۲- کاهش دمای تغییرات فازی
- ۳۱..... ۴-۳-۵-۲- خواص نوری
- ۳۲..... ۵-۳-۵-۲- خواص مغناطیسی
- ۳۲..... ۶-۳-۵-۲- خواص الکتریکی
- ۳۲..... ۴-۵-۲- انواع روش های تولید نانوخوشه ها
- ۳۳..... ۱-۴-۵-۲- ساخت خوشه فاز گازی
- ۳۳..... ۲-۴-۵-۲- ساخت کلوئیدی نانو خوشه ها
- ۳۴..... ۳-۴-۵-۲- کنترل فعل و انفعالات خوشه - صفحه و خوشه - خوشه

۳۴..... ۲-۵-۴-۴- هیبریدهای بیومولکول خوشه

۳۴..... ۲-۵-۴-۵- کلئید های فلزی عبوری

۳۵..... ۲-۵-۴-۶- خوشه های نیمه رسانای ساخته شده به شکل کلئیدی

۳۵..... ۲-۶-۶- نانو سیم ها

۳۵..... ۲-۶-۱- مقدمه

۳۷..... ۲-۶-۲- خواص نانوسیم ها

۳۸..... ۲-۷-۷- آئروژل ها

۳۹..... ۲-۷-۱- مقدمه

۳۹..... ۲-۷-۲- تاریخچه آئروژل ها

۴۲..... ۲-۷-۳- شیمی سطح آئروژل

۴۳..... ۲-۷-۴- خواص فیزیکی و شیمیایی آئروژل ها

۴۳..... ۲-۷-۴-۱- خواص نوری

۴۳..... ۲-۷-۴-۲- خواص مکانیکی

۴۴..... ۲-۷-۴-۳- خواص آکوستیک

۴۴..... ۲-۷-۴-۴- هدایت گرمایی

۴۵..... ۲-۸-۸- فولرین ها

۴۵..... ۲-۸-۱- مقدمه

۴۷..... ۲-۸-۲- روش‌های تولید فولرین‌ها

۴۷..... ۱-۲-۸-۲- حرارت‌دهی از طریق مقاومت الکتریکی

۴۹..... ۲-۲-۸-۲- حرارت‌دهی از طریق قوس الکتریکی

۵۰..... ۳-۲-۸-۲- تولید کننده‌های خورشیدی

۵۱..... ۴-۲-۸-۲- حرارت‌دهی به روش القائی

۵۲..... ۳-۸-۲- مکانیزم شکل‌گیری فولرین‌ها

فصل سوم کاربرد های نانومواد

۵۶..... ۱-۳-۱- نانوکاتالیست‌ها

۵۶..... ۱-۱-۳- کاربرد نانوکاتالیست‌ها در فرایندهای پالایش

۵۶..... ۲-۱-۱-۳- تبدیل کاتالیستی

۵۶..... ۳-۱-۱-۳- هیدروکراکینگ

۵۷..... ۲-۱-۳- کاربردهای دیگر نانوکاتالیست‌ها در فرآیندهای مختلف

۵۷..... ۱-۲-۱-۳- حذف واکنش‌های جانبی، ارتقای راندمان سیستم، رفع مشکلات زیست‌محیطی

۵۸..... ۲-۲-۱-۳- حل معضل برش‌های سنگین نفتی به وسیله نانوکاتالیست‌ها

۵۸..... ۳-۲-۱-۳- کنترل اندازه منافذ نانوتیوبهای کربنی

۵۹..... ۴-۲-۱-۳- بهبود فرایندهای تبدیلات گازی به کمک نانوکاتالیست‌ها

۵۹..... ۵-۲-۱-۳- استفاده از نانو متخلخل‌های مهماندار در جداسازی گازها

- ۵۹..... ۱-۲-۳-۶- کاهش آلاینده‌گی حاصل از سوخت های دیزلی با کمک نانوکاتالیست های ارزان
- ۶۰..... ۱-۲-۳-۷- تبدیل نفت خام سنگین به سبک با استفاده از فرآیند هیدروکانورژن
- ۶۱..... ۱-۲-۳-۸- جداسازی ترکیبات گوگردی از بنزین
- ۶۲..... ۱-۲-۳-۹- کاربرد نانوکاتالیست در افزایش عدد اکتان بنزین
- ۶۳..... ۲-۳-۲- نانو کامپوزیت ها
- ۶۳..... ۳-۳-۳- نانو لوله ها
- ۶۴..... ۱-۳-۳- به عنوان تقویت کننده در کامپوزیت ها
- ۶۴..... ۲-۳-۳- استفاده در نمایشگرهای تشعشع میدانی
- ۶۴..... ۳-۳-۳- ساختار تو خالی نانولوله و کاربرد به عنوان ذخیره کننده و پیل سوختی
- ۶۵..... ۴-۳-۳- ساخت نانوماشین ها با استفاده از نانولوله های کربنی
- ۶۶..... ۵-۳-۳- تهیه الیاف از نانو لوله های کربنی
- ۶۶..... ۶-۳-۳- نانو کامپوزیت های کربنی
- ۶۶..... ۴-۳-۴- نانو حسگرها
- ۶۶..... ۱-۴-۳- نانو حسگرها و کنترل آلودگی هوا
- ۶۷..... ۲-۴-۳- نانوحسگر ها و مبارزه با انتشار گازهای سمی
- ۶۷..... ۳-۴-۳- نانو حسگرهای pH
- ۶۸..... ۵-۳-۳- نانوخوشه ها

- ۶۹-۳-۶- نانو سیم ها ۶۹
- ۶۹-۳-۶-۱- مطالعه موردی سنجش PH ۶۹
- ۷۲-۳-۷- آئروژل ها ۷۲
- ۷۲-۳-۷-۱- عایق حرارتی ۷۲
- ۷۳-۳-۷-۲- کاربرد کاتالیزوری ۷۳
- ۷۳-۳-۷-۳- کاربردهای الکتریکی و الکترونیکی ۷۳
- ۷۴-۳-۷-۴- کاربردهای آکوستیک ۷۴
- ۷۴-۳-۷-۵- کاربردهای اپتیکی ۷۴
- ۷۵-۳-۸- برخی از خواص و کاربردهای فولرین ها ۷۵

فصل چهارم نانومواد در صنایع مختلف

- ۷۷-۴-۱- نانو کاتالیست ها در صنایع مختلف ۷۷
- ۷۷-۴-۱-۱- نانو کاتالیست ها در پتروشیمی ۷۷
- ۷۷-۴-۱-۲- نانو کاتالیست ها در محیط زیست ۷۷
- ۷۸-۴-۲- نانو کامپوزیت ها در صنایع مختلف ۷۸
- ۷۸-۴-۲-۱- کاربرد نانو کامپوزیتها در مته های حفاری و حفاری اکتشافی صنایع بالادستی نفت ۷۸
- ۸۰-۴-۲-۲- نانو کامپوزیت ها و صنایع بسته بندی ۸۰
- ۸۱-۴-۳- نانو لوله ها در صنایع گوناگون ۸۱
- ۸۱-۴-۳-۱- استفاده از نانولوله های تک دیواره در صنعت الکترونیک ۸۱

۸۱..... کاربرد های پزشکی ۲-۳-۴

۸۲..... کاربردها در صنعت نفت ۳-۳-۴

۸۲..... نانو حسگرها در صنایع گوناگون ۴-۴

۸۳..... کاربرد نانو حسگرها در صنایع بالادستی نفت ۱-۴-۴

۸۴..... کاربرد نانو حسگرها در صنایع فضا ۲-۴-۴

صفحه	عنوان
	فصل اول مروری بر تاریخچه مواد نانو
شکل (۱-۱) مقایسه طول های مختلف ۲	
	فصل دوم انواع نانو مواد
شکل (۱-۲) عکس میکروسکوپی از یک نمونه نانوکامپوزیت آلومینا - سیلیکا ۱۴	
شکل (۲-۲) تصویری شماتیک از نانولوله ۱۶	
شکل (۳-۲) تصویر شماتیکی از یک نانوخوشه ۲۸	
شکل (۴-۲) ارتباط بین اندازه ذرات طلا و نقطه ذوب آن ۳۰	
شکل (۵-۲) تصویر شماتیکی از یک خوشه کلئیدی ۳۵	
شکل (۶-۲) تصویر شماتیکی از نانوسیم ها ۳۷	
شکل (۷-۲) برهمکنش آب و ساختار آئروژل ۴۳	
شکل (۸-۲) ساز و کار هدایت گرمایی آئروژل ها ۴۵	
شکل (۹-۲) هیبریداسیون اتم های کربن در ساختار الماس، گرافیت، نانولوله ی کربنی و فولرین ۴۶	
شکل (۱۰-۲) دستگاه تولید کننده ی فولرین که توسط کرتسمر ساخته شد ۴۸	
شکل (۱۱-۲) قوس استاتیک ناشی از پلاسمای گاز هلیوم بین دو میله ی گرافیتی ۴۹	
شکل (۱۲-۲) دستگاه تولید خورشیدی فولرین ها ۵۰	
شکل (۱۳-۲) پلاسمای تولیدی در اثر اعمال امواج مغناطیسی با فرکانس رادیویی به گاز استیلن ۵۲	

فصل سوم کاربردهای نانو مواد

شکل ۱-۳) تصویر شماتیکی از زئولیت ۶۹

شکل ۲-۳) حسگرهای PH نانوسیمی ۷۱

شکل ۳-۳) مقایسه کارآیی عایق حرارتی آئروژل با برخی از عایق های تجاری ۷۲

فصل چهارم نانومواد در صنایع مختلف

شکل ۱-۴) انواعی از مته های حفاری ۷۸

منابع ۸۹

فهرست جداول

صفحه

عنوان

فصل دوم انواع نانو مواد

جدول ۱-۲) ارتباط بین تعداد نهایی اتم ها در خوشه های پوسته کامل و درصد اتم های سطحی ۲۹

فصل سوم کاربردهای نانو مواد

جدول ۳-۱) برخی از خواص فیزیکی C_{60} و C_{70} ۷۵

چکیده

درک ماهیت مواد و چگونگی ساختارهای آنها همیشه از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده است. مواد علاوه بر اینکه جزء مواعب طبیعت به شمار می آیند، در ساخت وسایل و تامین احتیاجات انسان نقش عمده ای دارند. علم هم به تناسب پیشرفتی که در چند سال اخیر داشته، توانسته است دیدگاه درستی از ماده و توانایی های آن پیدا کند به گونه ای که اکنون با بررسی زمینه های اتمی و زیر اتمی مواد و عناصر، امکان ساخت و بنا گذاری مدل های جدیدتری از مولکول ها فراهم شده است .

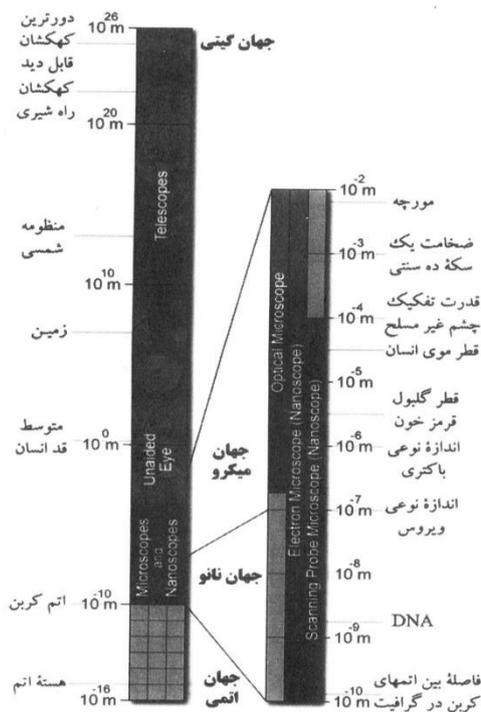
در یک نگاه کلی نانومواد شامل نانو کاتالیست ها، نانوخوشه ها، آنروژل ها، نانوحسگرها، فولرین ها، نانولوله ها، نانوسیم ها و نانوکامپوزیت ها هستند. در این راستا خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی منحصر به فرد نانومواد سبب به وجود آمدن پتانسیل کاربردی عظیمی در این مواد گشته است. در این فصل به طور خلاصه به بررسی خواص، تولید، روش های تولید و کاربردهای این مواد خواهیم پرداخت.

فصل ۱

مروری بر تاریخچه مواد نانو

۱-۱- نانو چیست؟

پیشوند نانو در اصل یک کلمه‌ی یونانی است. معادل لاتین این کلمه، Dwarf است که به معنی کوتوله و قدکوتاه است. این پیشوند در علم مقیاس‌ها به معنی یک میلیاردم است. بنابراین یک نانومتر، یک میلیاردم متر است. این مقیاس را با ذکر مثال‌های عینی، بهتر می‌توان حس کرد. یک تار موی انسان به طور متوسط قطری حدود ۵۰۰۰۰ نانومتر دارد. یک سلول باکتری، قطری معادل چند صد نانومتر دارد. کوچکترین اشیای قابل دید توسط چشم غیر مسلح اندازه‌های حدود ۱۰۰۰۰ نانومتر دارند. فقط حدود ۱۰ اتم هیدروژن در یک خط، یک نانومتر را می‌سازند. برای درک بیشتر این مقیاس در شکل (۱-۱) مقایسه‌ای بین مقیاس‌های طولی گوناگون، نشان داد شده است [۲-۴].



شکل (۱-۱) مقایسه طول‌های مختلف

۱-۲- نانو تکنولوژی چیست؟

به بیان ساده علم نانو مطالعه اصول اولیه مولکولها و ساختارهای با ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. این ساختارها را نانو ساختار می نامیم. نانو تکنولوژی، کاربرد این ساختارها در دستگاههای با اندازهی نانومتری است.

تعریف دیگری که می توان از نانو تکنولوژی ارائه نمود این است که نانو تکنولوژی شکل جدیدی از ساخت مواد به وسیلهی کنترل و دستکاری واحدهای ساختمانی^۱ آنها در مقیاس نانو می باشد. می توان گفت نانو تکنولوژی تولید کارآمد مواد و دستگاهها و سیستمها با کنترل ماده در مقیاس طولی نانومتر و بهره برداری از خواص و پدیدههای نوظهوری است که در مقیاس نانو توسعه یافته اند.

یکی از ویژگیهای مهم نانو تکنولوژی جنبه ای چندرشته ای آن است. مفهوم چندرشته ای در نانو تکنولوژی بدان معناست که نیروی کاری نانو تکنولوژی باید دارای بینش وسیعی از مفاهیم زیست شناسی، فیزیک، شیمی، اصول مهندسی طراحی، کنترل فرآیند و محصولات باشد. به عنوان مثال، علم زیست شناسی به دو دلیل مورد نیاز است: اول آن که محصولات نانو تکنولوژی به شدت از سیستمهای زیستی تبعیت می کنند؛ و دوم این که محصولات نانو، کاربردهای چشم گیری در زیست پزشکی دارند. علم فیزیک مورد نیاز است، زیرا دنیای نانو دنیای توابع موج، تونل زنی کوانتومی و کشف نیروهای اتمی ناشناخته است. علم شیمی مورد نیاز است، زیرا روشهای پیوند مولکولها با همدیگر و چگونگی ترکیب مواد را به ما می آموزد. به اصول مهندسی نیز نیاز است تا بتوان قابلیت تولید و حیات اقتصادی را تضمین نمود و اصل چندرشته ای بودن نانو تکنولوژی بیانگر این حقیقت است که این علم، رشته جدیدی نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته هاست و تمام عرصه های مختلف علم و فناوری را در برمی گیرد [۴].

^۱ - Building Blocks

۱-۳- چرا «نانو» تکنولوژی؟!

شاید این سؤال در ذهن پدید آید که چه چیزی در مقیاس نانومتری وجود دارد که یک تکنولوژی بر پایه‌ی آن بنا نهاده شده است. آنچه باعث ظهور نانو تکنولوژی شده، نسبت سطح به حجم بالای نانومواد است. این موضوع یکی از مهم‌ترین خصوصیات مواد تولید شده در مقیاس نانو (نانومواد یا مواد نانو) است. در مقیاس نانو، اشیاء شروع به تغییر رفتار می‌کنند و رفتار سطوح بر رفتار توده‌ای ماده غلبه می‌کند. در این مقیاس برخی روابط فیزیکی که برای مواد معمولی کاربرد دارند، نقض می‌شوند. برای مثال، یک سیم یا اجزای یک مدار در مقیاس نانو لزوماً از قانون اهم پیروی نمی‌کنند. قانون اهم، به جریان، ولتاژ و مقاومت بستگی دارد. اما در مقیاس نانو وقتی عرض سیم فقط به اندازه‌ی یک یا چند اتم باشد، الکترون‌ها لزوماً باید در صف و به یک ترتیب و یک به یک از سیم رد شوند. بنابراین ممکن است قانون اهم در این مقیاس تا حدودی نقض شود. در حقیقت در این مقیاس، قوانین فیزیک کوانتوم وارد صحنه می‌شوند و امکان کنترل خواص ذاتی ماده از جمله دمای ذوب، خواص مغناطیسی، ظرفیت بار و حتی رنگ مواد، بدون تغییر در ترکیب شیمیایی ماده وجود خواهد داشت [۴۷].

فصل ۲

انواع نانو مواد

۲-۱- نانو کاتالیست ها

۲-۱-۱- قابلیت نانو فناوری در کاتالیست

تولید بسیاری از محصولات در طی فرایندهای شیمیایی صورت می گیرد. در این میان کاتالیست ها از اهمیت زیادی برخوردار هستند. چون به علت برخی خواص ویژه سطحی و با عوض کردن مسیر واکنش شیمیایی بر روی سرعت واکنش تاثیر می گذارند. کاتالیست ها نسبت به مواد اولیه، دارای وزن کمی هستند ولی قلب بسیاری از واکنش ها محسوب می شوند و حتی بسیاری از فرایندهای شیمیایی بدون آن اقتصادی نیست.

کاتالیست ها موادی هستند که معمولا هر چه از نظر ابعادی کوچک شوند، مشخصات فنی آنها در انجام واکنش بهبود می یابد. با ورود نانوتکنولوژی به صنعت تولید کاتالیست ها، نانوکاتالیست ها پا به عرصه وجود گذاشتند. این کاتالیست های پیشرفته در اکثر موارد، خواص چشم گیری از خود نشان داده اند و پاره ای از آنان به فرایندهای صنعتی راه یافته اند. در میان زمینه های مختلف نانو مواد، نانو کاتالیست ها از موادی هستند که به خاطر ماهیت آنها که افزایش هر چه بیشتر سطح تماس می باشد، مرتبا توسعه می یابند، به طوری که پیش بینی می شود که نسل آینده کاتالیست ها، نانو کاتالیست ها باشند و در تمام فرایندهای شیمیایی وارد شوند.

۲-۱-۲- تاثیر نانوفناوری بر کاتالیست ها

. اصلاح ساختار الکترونی کاتالیست

. به وجود آوردن مدل های جدید در انجام واکنش

• تغییر در خواص جریان یابی فاز مایع

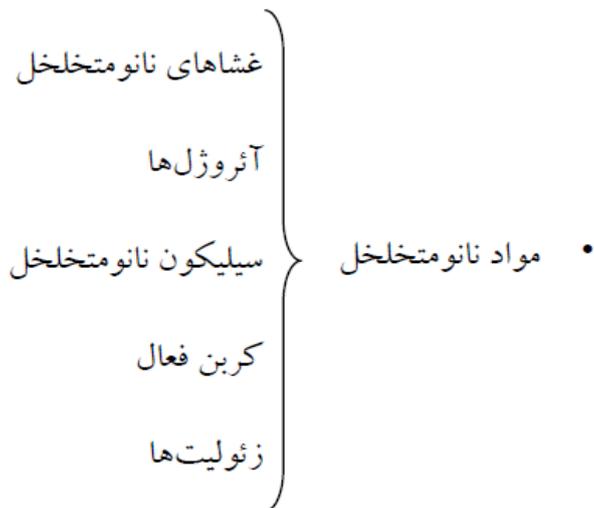
• کنترل میزان فعالیت، قابلیت انتخاب و عمر کاتالیست ها

پیشرفت های این بخش می تواند نهایتاً منجر به :

- ۱- اصول اولیه طراحی کاتالیست ها برای واکنش های خاص شیمیایی.
- ۲- طراحی مکان های کاتالیستی " خود به خود تشکیل شونده " در شکل بندی های از پیش تعیین شده ۲ یا ۳ بعدی، به منظور انجام واکنش های کاتالیستی جدید.
- تلاش های اخیر بر روی ایجاد ارتباط بین زمینه های مختلف کاتالیستها، از بیوکاتالیست ها تا فرآیندهای همگن و ناهمگن متمرکز شده است.

۲-۱-۳- انواع نانو مواد کاتالیستی

- نانو لوله های کربنی
- نانو ذرات و نانو خوشه های تک فلزی و اکسیدی
- نانو ذرات و نانو خوشه های دو فلزی
- نانو سیم ها
- نانو کامپوزیت ها



۲-۲-۲- نانو کامپوزیت ها

۲-۲-۱- تاریخچه کامپوزیت

کامپوزیت ها یا مواد مرکب از جمله مواد مهندسی و ساختمانی جدیدی هستند که در توسعه و کاربرد آنها متخصصین فراوانی از رشته های مختلف مانند متالورژی، سرامیک، پلیمر و غیره سهم به سزایی دارند. استفاده از این مواد ایده جدیدی نیست، به عنوان مثال پینی ها و مصریان قدیم از جمله تمدن های باستانی بوده اند که برای اولین بار از مخلوط کاه و گل و شن برای بناسازی استفاده کرده اند تا اینکه استحکام گل افزایش پیدا کند. مصریان با چسباندن لایه های نازک چوب و پارچه به یکدیگر و با استفاده از طناب، قایق های خود را در برابر متورم شدن در آب تقویت می کرده اند.

استفاده از کامپوزیت های مدرن در حقیقت از اوایل سال ۱۹۴۰ شروع شد که برای اولین بار از الیاف شیشه جهت تقویت پلاستیک های مصرفی در ساخت پوشش پلاستیکی آنتن رادار هواپیما استفاده شد. در پی آن اولین کامپوزیت فایبرگلاس - پلاستیک در سال ۱۹۴۲ ساخته شد و طی جنگ جهانی دوم و بلافاصله پس از کاربرد پلاستیک های تقویت شده با الیاف در هواپیما

سازی، کامپوزیت ها موارد استفاده بیشتری یافتند و از سال ۱۹۵۶ صنایع فضایی نیز استفاده وسیع از آنها را آغاز کردند.

واژه کامپوزیت (Composite) از کلمه انگلیسی to compose به معانی ترکیب کردن، ساختن و مخلوط کردن مشتق شده است. کامپوزیت از ترکیب و اختلاط چند ماده حاصل می شود. در اینجا منظور ترکیب و اختلاط فیزیکی است نه شیمیایی، به طوری که اجزای تشکیل دهنده ماهیت شیمیایی و طبیعی خود را کامل حفظ می کنند.

۲-۲-۲- کامپوزیت ها و اجزای آن

کامپوزیت ها موادی هستند که خواص زیر را داشته باشند:

الف - جامد(ترکیبات مایع از نظر خواص مکانیکی فاقد ارزش هستند)

ب - مصنوعی(کامپوزیت های طبیعی مانند چوب و استخوان مد نظر نیستند)

ج - متشکل از دو یا چند جز(یا فاز) که از نظر شیمیایی یا فیزیکی کاملا متفاوتند و به صورت منظم یا پراکنده در کنار هم قرار گرفته اند و لایه مشترکی بین آنها وجود دارد و یا خواص مکانیکی یکی از فازها نسبت به فاز یا فازهای دیگر متفاوت است.

۲-۲-۳- زمینه ها

با توجه به اینکه کامپوزیت ها ترکیب دو یا چند ماده در یکدیگر هستند، می توان گفت که یکی از این فازها باید در برگیرنده فازهای دیگر باشد، به چنین فازی که درصد حجمی و وزنی آن از دیگر فازها بیشتر است و به صورت پیوسته می باشد زمینه یا ماتریس گفته می شود. این زمینه ها در مواد مرکب صرف نظر از اینکه توسط الیاف تقویت می شوند، خود نیز در چسباند الیاف به

یکدیگر جهت انتقال تنش های وارد به فاز الیاف، محافظت از الیاف در برابر عوامل مکانیکی و جوی همچون رطوبت را نیز به عهده دارند. فلزات، سرامیک ها و پلیمرها به ویژه پلاستیک ها از جمله پرمصرف ترین مصالح موجودند و به این جهت این مواد مورد استفاده در کامپوزیت ها را تشکیل می دهند.

با توجه به خواصی که ما از کامپوزیت ها انتظار خواهیم داشت، زمینه های مختلفی در کامپوزیت ها به کار می روند. از جمله زمینه ها عبارتند از: زمینه های فلزی (مقاومت به ضربه بالا)، زمینه های سرامیکی (مقاومت حرارتی بالا) و زمینه های پلیمری (مقاومت شیمیایی بالا).

۲-۲-۴- تقویت کننده ها

علاوه بر زمینه ها به دسته ای از تقویت کننده ها نیاز است که در زیر انواع آن آورده شده است :

۲-۲-۴-۱- تقویت کننده های ذره ای

تقویت کننده های ذره ای یا پرکننده ها، ذرات جامد از نوع معدنی یا آلی هستند که از نظر ساختاری یا ترکیب شیمیایی از یکدیگر مشخص می شوند. این ذرات دارای ابعاد کوچکی در سه بعد هستند، به همین خاطر به آنها ذره گفته می شود. تقویت واقعی معانی مختلفی دارد. از جمله ممکن است واژه تقویت به عنوان مثال به افزایش همزمان استحکام کششی و مدول اطلاق شود.

۲-۲-۴-۲- تقویت کننده های لیفی یا رشته ای

تقویت کننده های رشته ای ممکن است به شکل الیاف و به صورت پیوسته یا منقطع وجود داشته باشند. اکثر مواد در شکل لیفی خود محکم تر و سفت تر از دیگر اشکال خود هستند و به

این دلیل تقویت کننده های لیفی مصرف بیشتری دارند. الیاف شیشه با دانسیته بسیار کم، استحکام بسیار بالا و سفتی بسیار زیاد هستند.

۲-۲-۳- تقویت کننده های ورقه ای یا سطحی

نوع دیگری از تقویت کننده ها وجود دارد که بصورت ورقه ای است و استحکام فوق العاده ای نسبت به تقویت کننده های لیفی و ذره ای از خود نشان می دهد. علت اصلی آن هم به خاطر قرار گرفتن این تقویت کننده ها در دو محور اصلی است. این در حالی است که تقویت کننده های رشته ای، زمینه فقط از یک طرف تقویت می شود.

۲-۲-۵- نانو کامپوزیت

فناوری نانو و تولید مواد نانو در ابعاد نانومتری موضوع جذابی برای تحقیقات است که در دهه اخیر توجه بسیاری را به خود معطوف داشته است. نانوکامپوزیت ها هم به عنوان یکی از شاخه های این فناوری جدید، اهمیت بسیاری یافته است و یکی از زمینه هایی است که کاربردهای صنعتی پیدا کرده است. تلاش های اولیه موفقیت آمیز در تهیه نانوکامپوزیت ها به دهه شصت و هفتاد قرن بیستم میلادی برمی گردد. اما در سال ۱۹۸۰ با تهیه نانوکامپوزیت ها بر پایه نایلون ۶- خاک رس به صورت تجاری به وسیله شرکت توپوتای ژاپن، تحقیقات برای ساخت این مواد شدت و سرعت بیشتری پیدا کرد و شرکت های یوبی، یونی کیتا، هانی ول و بایر نیز نانوکامپوزیت هایی را بر پایه نایلون ۶ ارائه نمودند که عمده کاربرد آنها در خودرو سازی و صنایع بسته بندی بود. از آن به بعد تعداد زیادی از شرکت ها، نانوکامپوزیت ها را به منظور کاربردهای تجاری مورد مطالعه قرار دادند و در اواخر سال ۲۰۰۱ میلادی شرکت های جنرال موتور و باسل اولین کاربرد نانوکامپوزیت های بر پایه الفین های گرمانرم را در قطعات خارجی اتومبیل ارائه نمودند.

۲-۵-۱-۲- تعریف نانو کامپوزیت

نانوکامپوزیت ها شامل ترکیب ذرات در حوزه مولکولی یا نانو در زمینه پلیمری، فلزی یا سرامیکی می باشد. در همه موارد مشاهده می شود که مقدار نانو ذرات در این زمینه ها می تواند به طور کامل خواص این مواد را تغییر دهد. این نانو ذرات به عنوان تقویت کننده زمینه و همچنین تغییردهنده رفتار الکتریکی مواد پایه به کار می روند.

باید توجه کرد که تنها با اضافه کردن نانو ذرات به یک زمینه به خواص فوق العاده ای نمی رسیم، بلکه در این ترکیب باید شرایطی را رعایت کرد. مثلا فرض کنید یکسری ورق های پرکننده ای را به کامپوزیت ها اضافه کرده باشیم، اگر ورق های کوچک معدنی به صورت متراکم به هم چسبیده باشند رفتارشان خیلی متفاوت از مواد کامپوزیتی معمولی نمی باشد.

اما به عنوان یک تعریف، نانوکامپوزیت مواد مرکبی هستند که لاقط یکی از اجزای تشکیل دهنده آنها دارای ابعادی در محدوده نانومتری، در محدوده ۱ تا 100nm باشد؛ اما یک سری پودرهای نانوکامپوزیت نیز داریم که این پودرها شامل ذرات با ابعاد مختلف در محدوده نانومتری هستند.

در مواد نانوکامپوزیت به پخش شونده که به صورت الیاف، صفحات، مسطح ریز، ذرات و یا حتی حفره ها، ترک ها و غیره در ابعاد نانومتری باشند، فاز دوم طلاق می شود و همینطور به جزء پیوسته در نانوکامپوزیت ها که می توانند در ابعاد نانومتری یا بالاتر قرار داشته باشند فاز زمینه می گویند

۲-۵-۲-۲- دسته بندی نانوکامپوزیت ها

در مواد نانوکامپوزیت دو حالت ممکن است رخ دهد: در حالت اول فاز دوم، با موادی با دمای ذوب بالا مانند سرامیک ها و یا فلزات بوده، فاز زمینه ماده ای با دمای ذوب پایین مانند پلیمر و سرامیک و فلز با دمای ذوب پایین است. در حالت دوم، فاز زمینه ماده ای سرامیکی یا فلزی با دمای ذوب بالا و فاز دوم ماده ای پلیمری یا سرامیکی و یا فلزی با دمای ذوب پایین تر است. به همین دلیل مواد نانوکامپوزیت را از نظر مواد تشکیل دهنده به سه گروه تقسیم می کنند:

الف) مواد نانوکامپوزیت سرامیک - فلز :

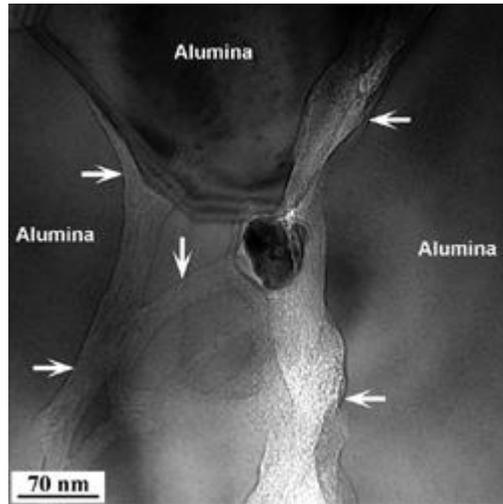
این نوع مواد نانوکامپوزیت عمدتاً دارای جزئی سرامیکی با دمای ذوب بالا و جزئی فلزی با دمای ذوب نسبتاً پایین هستند و در ساخت قطعات عملیاتی کاربرد دارند.

ب) مواد نانو کامپوزیت پلیمر - سرامیک (یا فلز) :

این نوع مواد نانوکامپوزیت که دارای فاز زمینه آلی (پلیمری) و فاز دوم نانومتری غیر آلی (سرامیکی یا فلزی) هستند بیشتر تحت عنوان مواد نانوکامپوزیتی هیبریدی آلی - غیرآلی شناخته می شوند.

ج) مواد نانو کامپوزیت سرامیک - سرامیک :

مواد نانوکامپوزیت سرامیک - سرامیک که دمای ذوب یک جز بالاتر از جزء دیگر است، عمدتاً دارای چگالی بالا و میزان تخلخل پایین هستند. (شکل زیر نانوکامپوزیت های ALN/SIC را نشان می دهد).



شکل ۲-۱) عکس میکروسکوپی از یک نمونه نانوکامپوزیت آلومینا - سیلیکا

از دیگر دسته های نانوکامپوزیت می توان به موارد زیر اشاره کرد :

مواد نانوکامپوزیتی سرامیکی

نانوکامپوزیت های سرامیک - فلز

نانوکامپوزیت های زمینه فلزی

نانوکامپوزیت های فیلم نازک

نانوکامپوزیت های بر پایه نانولوله کربنی

۲-۲-۵-۳- بهبود خواص در نانوکامپوزیت ها

خواصی که بر اثر وجود نانومواد در در کامپوزیت بهبود می یابند عبارتند از: خواص فیزیکی

مثل دمای واپیچش گرمایی، پایداری حرارتی، شفافیت و خواص مکانیکی مثل خواص کششی،

خواص خمشی و غیره.

۲-۳- نانولوله ها

۲-۳-۱- مقدمه

نانو لوله ها به نانوساختارهایی اطلاق می شود که قطر آن ها تا حدود ۱۰۰ نانومتر باشد. صرف نظر از استحکام کششی بالا، نانو لوله ها خواص الکتریکی مختلفی از خود نشان می دهند که به ساختار آنها وابسته است.

لفظ نانولوله در حالت عادی در مورد نانولوله کربنی به کار می رود، که در چند سال اخیر از سوی محققین مورد توجه فراوانی قرار گرفته اند و در کنار خویشاوندان نزدیکش همچون "نانوشاخ"، نویدبخش کاربردهای جالبی شده اند. البته اشکال دیگری از نانولوله ها همچون نانولوله های نیتريد بور و نانولوله های خودآرای آلی نیز ساخته شده اند.

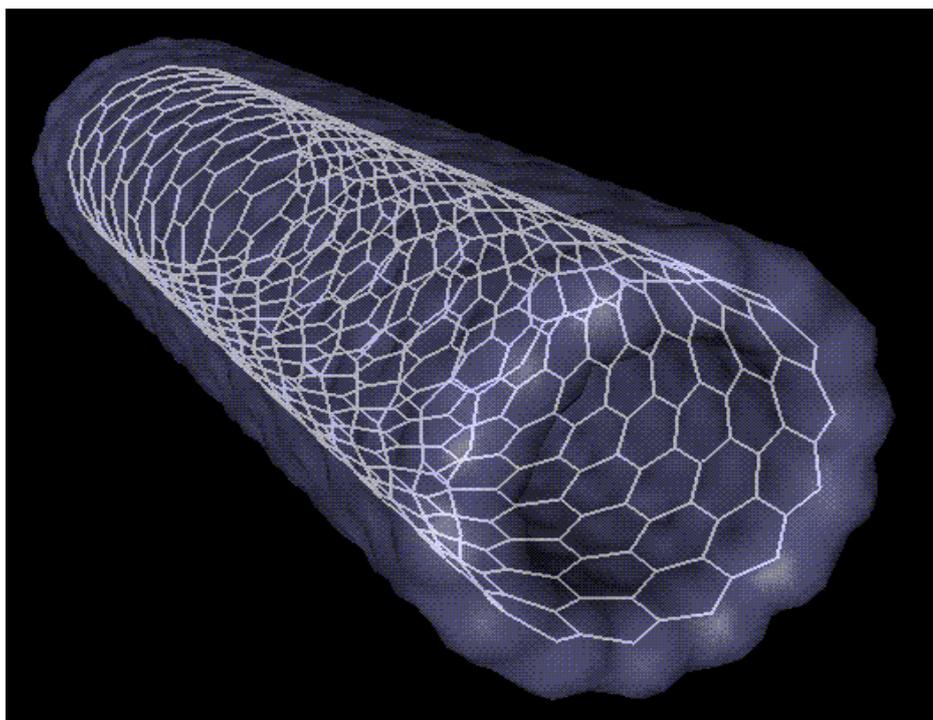
نانولوله ها در زمینه های مختلفی کاربرد دارند که عبارتند از:

- مواد ساختمانی
- صنایع الکترونیک
- قطعات نشر میدانی
- پیل های سوختی و باتریها

۲-۳-۲- انواع نانولوله ها

۲-۳-۱- نانولوله های کربنی (CNTS)

نانولوله های کربنی که در سال ۱۹۹۱ توسط سومیو ایچیمیا در شرکت NEC کشف شدند، در واقع لوله هایی از گرافیت می باشند (گرافیت شکلی از کربن است که از لایه های حاوی آرایش های شش ضلعی اتم های کربن تشکیل می شود). این نانوساختارها اندازه های مختلفی داشته و می توانند تک دیواره (SWNT) یا چند دیواره (MWNT) باشند که درمورد اخیر دسته ای از خواص جالب توجه را به همراه خود دارند.



شکل ۲-۲) تصویری شماتیک از نانولوله

یک خصوصیت مشهور نانولوله های کربنی ، استحکام کششی برجسته ی آنهاست، که نزدیک ۱۰۰ گیگاپاسکال یعنی بیش از ۱۰۰ برابر استحکام فولاد است. با این حال این مقیاس غلط انداز است؛ چرا که فولاد از تجمع بلورها و مواد افزودنی حاصل می شود و لذا مقایسه معنادارتر، مقایسه کردن مواد بزرگ مقیاس ساخته شده از نانولوله ها با فولاد خواهد بود. این مسأله خطر برون یابی خواص سطح مولکولی به جامدات توده را خاطر نشان می سازد (نانولوله مثل هم خانواده خود) ورقه های گرافیت) به یکدیگر نچسبیده و تنها بر اثر نیروهای ضعیف واندروالس جذب یکدیگر می شوند؛ به همین دلیل است که گرافیت به عنوان یک روان کننده خوب شناخته می شود). نانولوله

ها به دیگر مواد نیز به راحتی نمی چسبند. این مسأله بکارگیری خواص آنها در مواد توده ای را با مشکل مواجه می سازد. می توان با اصلاح شیمیایی نانولوله ها باعث چسبیدن آنها به یکدیگر شد، اما خلوص ساختاری آنها که باعث چنان استحکام عظیمی می شود، اولین چیزی است که باید بر روی آن مصالحه کرد.

نانولوله های کربنی دارای خواص الکتریکی جالبی نیز می باشند. آنها بسته به کایرالیته (یعنی نحوه پیچش ساختار گرافیتی به دور نانولوله) می توانند رسانا (نانولوله های "فلزی") یا نیمه رسانا باشند. نانولوله های کربنی تک دیواره در مصارف الکترونیکی با بیشترین توجه روبرو شده اند، اما هنوز نمی توان در روشهای تولید کنترل چندانی بر خصوصیات الکترونیکی نانولوله ها اعمال نمود. هدایت گرمایی نانولوله های کربنی در جهت لوله ها و نه عمود بر آنها باعث شده است که این ترکیبات قابلیت بالقوه ای در گودال های حرارتی در زمینه نانو الکترونیک از خود نشان دهند.

یکی از خواص نانولوله های کربنی که بیشترین توجه را به خود جلب کرده است، نشر میدانی است. قطعات نشر میدانی (FEDها) ساختارهایی هستند که تحت تأثیر میدان الکتریکی از خود الکترون منتشر می کنند. نانولوله های کربنی قادرند تحت تاثیر میدان های الکتریکی اندک جریان های بالایی را انتشار دهند.

مصارف FED مثل صفحات نمایشگر مسطح ممکن است نیازمند جایدی دقیق نانولوله ها باشند. برای دستیابی به این دقت، استفاده از روشهای رشد دهی مبتنی بر کاتالیست ها و رسوب دهی شیمیایی بخار شروع شده است. FED های نانولوله ای در سامانه های روشنایی نیز آزموده شده اند. به کمک رسوبدهی شیمیایی بخار فیلمی از نانولوله ها بر روی یک لوله نشانده می شود و الکترون های منتشر شده از یک سیم مسی واقع در درون آن، لوله را برای تابش تحریک می کنند. نانولوله های کربنی و خویشاوندشان "نانوشاخ ها" برای نگهداری هیدروژن و هیدروکربنها جهت استفاده پیل های سوختی مورد مطالعه قرار گرفته اند .

نانولوله ها کربنی قابلیت خود را برای دوبرابر کردن ظرفیت باتری های قابل شارژ لیتیوم به جای گرافیت نشان داده اند. همچنین نانولوله های کربنی تک دیواره می توانند کارایی پیلهای خورشیدی فتوولتاییک را با ارتقای قابل ملاحظه تحرک پذیری الکترونها در یک لایه کامپوزیت پلیمری بهبود دهند.

فرآیندهای تولید نانولوله های کربنی عبارت است از:

۱- تخلیه قوس الکتریکی :

در این روش جرقه ای که بین دو الکترود گرافیتی ایجاد می شود، کربن یک الکترود را کنده و به صورت دوده روی دیگری متراکم می سازد. فشار محفظه تبخیر و جریان مهمترین عوامل مؤثر در راندمان می باشند. این روش برای تولید انبوه نانولو له ها جهت استفاده در مواد کامپوزیتی مناسب است.

۲- تبخیر/سایش لیزری :

از لیزر برای تبخیر هدف گرافیتی در کوره ای به دمای 1200° و حاوی هلیوم یا نیتروژن با فشار بالا استفاده می شود. این روش برای تولید انبوه نانولوله ها جهت استفاده در مواد کامپوزیتی کاربرد دارد.

۳- رسوب دهی شیمیایی بخار به کمک حرارت :

کنترل موقعیت و رشد نانولوله ها با استفاده از نانوکاتالیست های نانوذره ای، قابلیت خلق نانولوله هایی با ساختار و وضعیت مورد نظر را فراهم می کند. سادگی روش باعث تولید انبوه آن خواهد شد.

۴- رسوب دهی شیمیایی بخار به کمک پلاسما (PCVD) :

از پلاسمای منوکسید کربن و هیدروکربن های مختلف برای ساخت نانولوله ها بر روی کاتالیست های قرار داده شده بر روی سطح (مانند روش حرارتی) استفاده می شود.

۵- رشد فاز بخار :

در این روش بدون استفاده از هیچ زیرلایه ای، تنها با مخلوط کردن هیدروکربنها و فلز کاتالیست در محفظه واکنش نانولوله ها ساخته می شوند.

۶- الکترولیز :

در اثر الکترولیز کلرید لیتیوم مذاب در یک محفظه گرافیتی- که آند یک بوته گرافیتی است- می توان MWNT ها را سنتز کرد.

۷- سنتز شعله :

احتراق متان باعث ایجاد شعله می شود و وارد نمودن هیدروکربن های دیگر و کاتالیست ها در آن باعث تولید SWNT و MWNT می شود.

نانولوله های کربنی به خاطر خواص منحصر به فرد خود کارایی زیادی دارند. برخی معتقدند نانولوله ها کارایی سنسورهای کوچک، دستگا ههای نوری و الکترونیکی، کاتالیست ها و باتریها و پیل های سوختی، پیل های خورشیدی و انتقال دهندهای دارویی را به طور فوق العاده ای بهبود می دهند. تقریباً ظرفیت باتری های لیتیم با نانولوله های کربنی دو برابر می شود، ترانزیستورهای کربنی در دهه آینده جایگزین ترانزیستورهای سیلیکونی می شوند، همچنین نانولوله ها در راکت های تنیس کاربرد دارند و آنها را سبکتر و محکم تر می سازند. تقویت جلیقه های ضد گلوله با مقدار کمی نانولوله کربنی توانایی آنها را در جذب انرژی گلوله دوبرابر می کند، همچنین از نانولوله های کربنی برای تهیه پلاستیک های ضد شعله استفاده می شود، نانو لوله های کربنی قادر به ذخیره سازی هیدروژن تا ۶۵٪ وزن خود هستند (ظرفیتی که پیل های سوختی هیدروژنی را به

دلیل موثر بودن و ارزان بودن جایگزین سوخته‌های فسیلی خواهد کرد.) همچنین سیم های با جنس CNT درست شده است که هدایت الکتریکی آن از سیم های مسی بیشتر است و قادر به انتقال جریانات با فشار قوی می باشند.

۲-۳-۲- نانوکامپوزیت های نانولوله ای کربنی

نانوکامپوزیت های نانولوله ای کربنی دارای نسبت استحکام به وزن بیشتری نسبت به کامپوزیت های موجود و کامپوزیت های مبتنی بر نانوذرات هستند. از نظر تئوری کاربرد نانولوله ها در کامپوزیت ها بدلیل استحکام کششی بالا مانع مصرف الیاف کربنی در کامپوزیتها خواهد شد. خواص رسانایی یا حفاظت در برابر اشعه نانولوله ها نیز می تواند برای کامپوزیت ها ارزشمند باشد. استحکام نانولوله ها در نساجی نیز پتانسیل هایی را به همراه دارد. نانولوله ها همچنین می توانند الیاف را رسانا سازند. این قابلیت می تواند کاربرد نظامی داشته باشد.

۲-۳-۲- نانولوله های نیتريد بور

نانولوله نیتريد بور ساختاری مشابه نانولوله های کربنی دارد و می تواند لایه های شش ضلعی مشابه گرافیت را شکل دهد. در مارس ۲۰۰۱ لورنس مارکس و همکارانش در دانشگاه نورث وسترن نیتريدبور را به شکل نانولوله در آوردند. نیتريد بور از نظر شیمیائی مخصوصاً در دماهای بالا بی اثرتر از کربن است. انتظار می رود نانولوله های نیتريد بور نیمه رسانا یا عایق باشند، اما خواص الکترونی آنها کمتر از نانولوله های کربنی قابل تنظیم است. همچنین این ترکیبات نشرکننده های میدانی بهتری نسبت به نانولوله های کربنی هستند. نانولوله هایی از جنس

تنگستن و گوگرد یا تنگستن و سلنیوم ساخته شده اند که مانند نانولوله های نیتريد بور انعطاف و ارتجاع کمتری نسبت به نانولوله های کربنی دارند.

۲-۳-۴- نانوکامپوزیت های نانولوله ای نیتريد بور

نانولوله های نیتريد بور می توانند در مواد کامپوزیتی کاربرد داشته باشند؛ چون دارای بخشی از استحکام نانولوله های کربنی بوده و مقاومت خیلی بالاتری نسبت به مواد شیمیایی و دماهای بالا دارند. مقاومت در دماهای بالا برای مصارف خاص هوافضا (مثل مقاومت در برابر حرارت بازگشت مجدد به جو) مطلوب می باشد.

۲-۳-۵- نانولوله های آلی

نانولوله های آلی از خودآرایی ترکیبات آلی به وجود می آیند. این نانوساختارها در زمینه های رسانش دارو، نانوراکتورهای شیمیایی و کانال های بیولوژیکی کاربرد دارند.

۲-۳-۶- نانوساختارهای الگوگرفته از نانولوله

با استفاده از نانولوله ها به عنوان قالب می توان نانوساختاره ایی با اشکال متفاوت ایجاد نمود. شکل کریستالی این نانوساختارها وابسته به قطر نانولوله است.

۲-۴- نانوحسگرها

۲-۴-۱- مقدمه

نانوحسگرها ابزار بسیار ریزی هستند که قادر به شناسایی و پاسخ به محرکهای فیزیکی در مقیاس نانو از قبیل محرکهای بیولوژیکی - شیمیائی - جابجائیهای بسیار جزئی - نیرو - صوت - جرم - حرارت و الکترومغناطیس می باشند. نانو حسگرها می توانند از جنس سیلیکونهای متخلخل باشند و برای شناسایی واکنشهای شیمیائی و بیولوژیکی با استفاده از روشهای طیف سنجی یا نوری بکار روند و یا می توانند از نوع نانو پروب ها بوده بعنوان گیرنده نوری بیولوژیکی - نوری شیمیایی و یا حسگرهای تصویری فضایی بکار روند و هم می توانند از نوع حسگرهای الکتریکی مکانیکی بوده و برای اندازه گیری تغییرات جرم مواد جذب شده روی ساختارهای رزونانسی استفاده شوند. با توجه به این موارد چند نمونه از نانوحسگرهای ساخته شده با خواص جالب معرفی می شوند :

۲-۴-۱-۱- غبارهای هوشمند

غبار هوشمند در واقع حسگر بسیار پیشرفته ای است که در سال ۱۹۹۹ در آمریکا ساخته شده است. این سنسورها را می توان نانو کامپیوترهای بسیار کوچک و سبکی دانست که قادرند ساعت ها بصورت معلق در هوا مانده و داده های حاصل از پردازش خود روی دما - فشار - رطوبت - میزان مواد شیمیایی موجود - نور و صدای محیط اطراف خود را تا فاصله ۲۰ کیلومتری مخابره کنند و امکان پایش مستمر وضعیت آلودگی هوا را در یک منطقه خاص فراهم آورند. این حسگرها در صورت نزدیک شدن بهم قادرند یک شبکه موقت محلی ایجاد کرده با هم تبادل اطلاعات نمایند و امکان تحلیل دقیقتر وضعیت آلودگی هوا را فراهم کنند. اندازه این حسگرها در حد میلی مترمکعب است. انرژی آنها از نور خورشید تامین می شود و تنها در روزهای آفتابی قابل استفاده اند. اما کار روی آنها برای تعبیه باطری با ظرفیت و حجم مناسب که بتواند در هوای ابری یا تاریکی هم قابل استفاده باشد همچنان ادامه دارد.

۲-۴-۱-۲- نانو حسگرهای گاز

در صنعت همیشه خطر نشت گازهای سمی وجود دارد. حسگرهای گازی رایج بسیار دیر موفق به شناسایی این گازها با غلظت پائین می شوند که این خود لزوم استفاده از حسگرهای سریع تر و دقیقتر را ایجاب می کرد. اولین نانوحسگر گاز در سال برای شناسایی دی اکسین باغلظت ۲۰۰۰ ppm ساخته شد. این حسگر شامل یک نانوتیوب چند دیواره است که قادر است تا ۱۰۳۴ برابر بیشتر از جاذبهایی مثل کربن فعال دی اکسین را بخود جذب کند و آنرا شناسایی نماید و یکسال بعد نانوحسگرهای گازی از همین نوع برای شناسایی دی اکسیدگوگرد، اکسیدنیتروژن و دی اکسیدکربن هم ساخته شدند. همزمان در آمریکا یک نانوحسگرگازی که در آن از نانو تیوب تک لایه استفاده می شد ساخته شد که قادر به تشخیص فوری و آنی آمونیاک و دی اکسید کربن در غلظت ۲۰ ppm بود.

با پیشرفت علم در دنیا و پیدایش تجهیزات الکترونیکی و تحولات عظیمی که در چند دهه ی اخیر و در خلال قرن بیستم به وقوع پیوست نیاز به ساخت حسگرهای دقیق تر، کوچکتر و دارای قابلیت های بیشتر احساس شد. امروزه از حسگرهایی با حساسیت بالا استفاده می شود به طوریکه در برابر مقادیر ناچیزی از گاز، گرما و یا تشعشع حساس اند. بالا بردن درجه ی حساسیت، بهره و دقت این حسگرها به کشف مواد و ابزارهای جدید نیاز دارد. نانو حسگرها، حسگرهایی در ابعاد نانومتری هستند که به خاطر کوچکی و نانومتری بودن ابعادشان از دقت و واکنش پذیری بسیار بالایی برخوردارند به طوری که حتی نسبت به حضور چند اتم از یک گاز هم عکس العمل نشان می دهند.

۲-۴-۱-۳- نانوحسگرهای فیزیکی

گروهی از محققان مؤسسه فناوری جورجیا به رهبری Walter De Heer با استفاده از ویژگی‌های منحصر به فرد الکتریکی و مکانیکی نانولوله‌ها، موفق به ساخت کوچک‌ترین ترازوی دنیا شده‌اند. آنها یک ذره کوچک را به انتهای یک نانولوله کربنی سوار و به سر دیگر آن، یک بار الکتریکی اعمال نمودند. نانولوله کربنی شبیه یک فنر قوی و انعطاف‌پذیر عمل نموده و بدون شکستن شروع به نوسان کرد. جرم ذره از تغییرات ایجاد شده در فرکانس ارتعاشی نانولوله، همراه و بدون ذره، محاسبه گردید. ممکن است بتوان از این روش برای اندازه‌گیری جرم تک‌مولکول‌های زیستی استفاده کرد.

الکترومترها : محققان مؤسسه فناوری کالیفرنیا گزارش نموده‌اند که توانسته‌اند یک الکترومتر مکانیکی زیرمیکرونی بسازند و خصوصیات آن را تغییر دهند.

این ابزار نسبت به بار کمتر از یک الکترون در واحد پهنای باند (حدود ۰,۱ الکترون بر هرتز در ۲,۶۱ مگاهرتز) حساس می‌باشد که بهتر از مقدار مشابه آن برای جدیدترین ابزارهای نیمه‌هادی است.

۲-۴-۱-۴- نانو حسگرهای شیمیایی

در چند سال گذشته چندین حسگر گاز مبتنی بر نانولوله‌ها گزارش شده‌اند. Modi و همکارانش یک حسگر گاز یونیزه مبتنی بر نانولوله کربنی را توسعه داده‌اند. از این حسگر می‌توان در کروماتوگرافی گازی بهره برد. حسگرهای هیدروژن مبتنی بر نانولوله تیتانیوم در شبکه‌ای از حسگرهای بی‌سیم مورد استفاده قرار گرفته است تا غلظت هیدروژن را در جو اندازه بگیرند. کنگ و همکارانش یک حسگر شیمیایی برای مولکول‌های گازی مانند NO_2 و NH_3 را توسعه داده‌اند که مبتنی بر سیم‌های مولکولی نانولوله‌ای است.

Thundat و Datskos از یک روش اشعه یونی برای تولید نانولرزانکها استفاده نموده‌اند و از یک روش تبدیل الکترونی برای اندازه‌گیری حرکات لرزانک استفاده نموده‌اند. حساسیت این روش می‌تواند تا اندازه‌ای باشد که بتوان مولکول‌های شیمیایی و زیستی را با آن تشخیص داد. همچنین می‌توان از نانوتسمه‌های ZnO که ساختار آنها تغییر یافته است، در حسگرهای نانولرزانک استفاده کرد.

۲-۴-۲- انواع نانو حسگرها براساس نوع ساختار

نانوحسگرها براساس نوع ساختارشان به سه دسته ی نقاط کوانتومی، نانولوله های کربنی و نانوایزرها تقسیم بندی می شوند :

۲-۴-۲-۱- استفاده از نقاط کوانتومی در تولید نانو حسگرها

نقاط کوانتومی به عنوان بلورهای نیمه هادی کوچک تعریف می شوند. با کنترل ابعاد نقاط کوانتومی، میدان الکترومغناطیسی نور را در رنگها و طول موجهای مختلف، منتشر می کند. به عنوان مثال، نقاط کوانتومی از جنس آرسنید کادمیوم با ابعاد ۳ نانومتر نور سبز منتشر می کند؛ درحالی که ذراتی به بزرگی ۵/۵ نانومتر از همان ماده نور قرمز منتشر می کند. به دلیل قابلیت تولید نور در طول موجهای خاص نقاط کوانتومی، این بلورهای ریز در ادوات نوری به کار می روند. دراین عرصه از نقاط کوانتومی در ساخت آشکار سازهای مادون قرمز، دیودهای انتشار دهنده ی نور، می توان استفاده نمود. آشکار سازهای مادون قرمز از اهمیت فوق العاده ای برخوردارند. مشکل اصلی این آشکار سازها مسئله ی خنک سازی آنهاست. برای خنک سازی این آشکار سازها از اکسیژن مایع و خنک سازی الکترونیکی استفاده می شود. این آشکار سازها برای عملکرد

صحیح باید در دماهای بسیار پائین، نزدیک به ۸۰ درجه کلوین کار کنند، بنابراین قابل استفاده در دمای اتاق نیستند، در صورتی که از آشکار سازهای ساخته شده با استفاده از نقاط کوانتومی می توان به راحتی در دمای اتاق استفاده کرد.

۲-۴-۲- استفاده از نانولوله ها در تولید نانوحسگرها

نانو لوله های کربنی تک دیواره و چند دیواره به علت داشتن خواص مکانیکی و الکترونیکی منحصر به فردشان کاربردهای متنوعی پیدا کردند که از جمله می توان به استفاده از آنها به عنوان حسگرهایی با دقت بسیار بالا برای تشخیص مواد در غلظت های بسیار پائین و با سرعت بالا اشاره کرد. به طور کلی کاربرد نانو لوله ها در حسگرها را می توان به دو دسته تقسیم کرد :

الف - نانولوله های کربنی به عنوان حسگرهای شیمیایی :

این حسگرها می توانند در دمای اتاق غلظت های بسیار کوچکی از مولکولهای گازی با حساسیت بسیار بالا را آشکارسازی کنند. حسگرهای شیمیایی شامل مجموعه ای از نانولوله های تک دیواره هستند و میتوانند مواد شیمیایی مانند دی اکسید نیتروژن (NO_2) و آمونیاک (NH_3) را آشکار کنند. هدایت الکتریکی یک نانولوله نیمه هادی تک دیواره که در مجاورت ppm ۲۰۰ از NO_2 قرارداد می شود، می تواند در مدت چند ثانیه تا سه برابر افزایش یابد و به ازای اضافه کردن فقط ۲٪ NH_3 هدایت دو برابر خواهد شد. حسگرهای تهیه شده از نانولوله های تک دیواره دارای حساسیت بالایی بوده و در دمای اتاق هم زمان واکنش سریعی دارند. این خصوصیات نتایج مهمی در کاربردهای تشخیصی دارند. در ادامه به بررسی بیشتر این حسگرها در شناسایی گازها پرداخته می شود.

ب- نانولوله های کربنی به عنوان حسگرهای مکانیکی :

هنگامی که یک نانولوله توسط جسمی به سمت بالا یا پائین حرکت می کند، هدایت الکتریکی آن تغییر می یابد. این تغییر در هدایت الکتریکی، با تغییر شکل مکانیکی نانولوله کاملاً متناسب است. این اندازه گیری به وضوح امکان استفاده از نانولوله ها را به عنوان حسگرهای مکانیکی نشان می دهد. یا می توان با استفاده از مواد واسط مانند پلیمرها در فاصله ی میان نانولوله های کربنی و سیستم، نانولوله های کربنی را برای ساخت بیو- حسگرها توسعه داد. شبیه سازی های دینامیکی نشان می دهد که برخی پلیمرها مانند پلی اتیلن می توانند به صورت شیمیایی با نانولوله کربنی پیوند یابند. همچنین مولکول بنزن نیز می تواند به وسیله ی پیوندهای واندروالس روی نانولوله ی کربنی جذب شود. این تحقیقات کاربردهای بسیار متنوع و وسیع نانولوله های کربنی را نشان می دهد. تحقیق در این زمینه هنوز در حال توسعه و پیشرفت است و مطمئناً در آینده ای نه چندان دور شاهد به کارگیری آنها در ابزارها و صنایع مختلف خواهیم بود.

۲-۴-۳- استفاده از نانو ابزارها در تولید نانوحسگرها

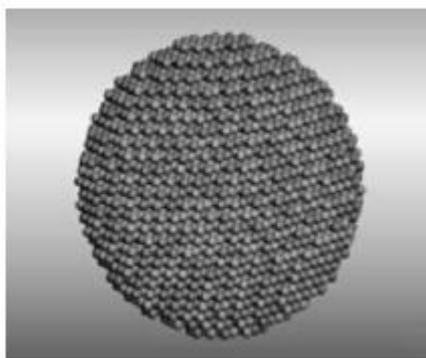
با استفاده از این حسگرها شناسایی مقادیر بسیار کم آلودگی شیمیایی یا ویروس و باکتری در سامانه ی کشاورزی و غذایی ممکن است. تحقیقات در زمینه ی نانو ابزارها جزء پژوهشهای علمی به روز دنیاست.

۲-۵- نانوخوشه ها

۲-۵-۱- مقدمه

یکی از مهم ترین خواص مواد، واکنش های سطحی آنهاست که این در مواد ریزدانه به مراتب بیشتر اهمیت دارند. هر چقدر یک ماده ریزتر باشد، درصد اتم های سطح نیز بیشتر خواهد بود و

لذا در حجم های مساوی بین دو ماده هر قدر ذرات تشکیل دهنده مواد بیشتر باشند، خواص سطحی بهتری خواهند داشت. در این راستا یک دسته از مواد که در فناوری نانو تولید و مورد توجه قرار گرفته است، خوشه هایی در اندازه نانومتر هستند. نانو خوشه ها یا نانو کریستال ها مجموعه ای از اتم ها هستند که تعداد اتم هایشان در محدوده چند اتم تا چند ده هزار اتم تغییر می کند. تصویر شماتیکی از یک نانو خوشه در شکل ۲-۳ مشاهده می شود.



شکل ۲-۳) تصویر شماتیکی از یک نانو خوشه

۲-۵-۲- نحوه تشکیل نانو خوشه ها

یکی از مهم ترین خصوصیات ذرات در ابعاد نانو، نسبت بسیار بالای سطح به حجم (کسر اتم های سطحی) آنهاست. بنابراین این کسر بسیار بالای اتم های سطحی به همراه اندازه و شکل بسیار کوچک نانو خوشه ها، سبب می شود خواص کاملاً متفاوتی نسبت به مواد حجیم از خود نشان دهند. تکامل تدریجی نانو خوشه ها در فاز مایع یا جامد شامل سه مرحله اساسی جوانه زنی، الحاق اتم ها و رشد می باشد.

وقتی غلظت توده های ساختمانی (اتم ها یا یون ها) از یک جامد به میزان کافی بالا رفت، مواد به صورت خوشه های کوچک در طول جوانه زنی همگن جمع می شوند. با تهیه پیوسته

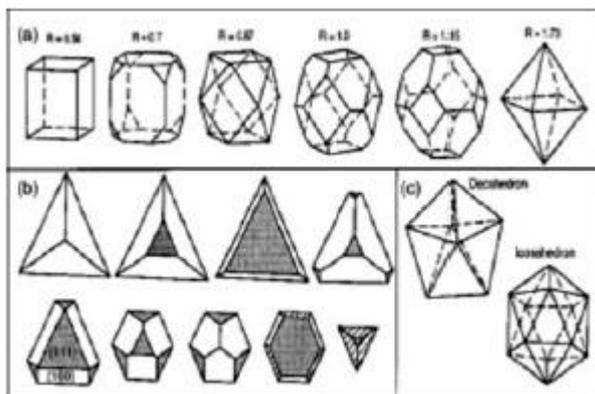
بلوک های ساختمانی خوشه ها ادغام و رشد می کنند. بنابر این ذرات نانو اغلب از یک خوشه از اتم ها با ساختار فشرده مکعبی یا هگزاگونال می باشند. چنین ساختاری می تواند از یک اتم مرکزی احاطه شده با یک لایه اول از ۱۲ اتم، لایه دوم ۴۲ اتم، لایه سوم ۹۲ اتم و غیره تشکیل شده باشد. تعداد اتم ها در لایه n ام، $10n^2 + 2$ می باشد. این اعداد در جدول یک مشاهده می شوند.

جدول ۱-۲) ارتباط بین تعداد نهایی اتم ها در خوشه های پوسته کامل و درصد اتم های سطحی

درصد اتم های سطحی	تعداد نهایی اتم ها	خوشه های پوسته کامل
۹۲	۱۳	یک پوسته 
۷۶	۵۵	دو پوسته 
۶۳	۱۴۷	سه پوسته 
۵۲	۳۰۹	چهار پوسته 
۴۵	۵۶۱	پنج پوسته 
۳۵	۱۴۱۵	هفت پوسته 

عدد همسایگی اتم های سطحی، ۹، یا کمتر از آن است که متفاوت از ذرات بزرگتر، یعنی با عدد همسایگی ۱۲ می باشد. با کاهش اندازه ذرات نانو، درصد اتم های سطح نیز افزایش پیدا می کند.

نقش بحرانی اندازه ذرات نانو در خواص فیزیکی از جمله دمای ذوب به طور تجربی اثبات شده است. به طور مثال شکل ۲-۴ رابطه اندازه ذرات و نقطه ذوب طلا را که به وسیله رینفنبگ و همکاران محاسبه شده نشان می دهد. ظاهراً نقطه ذوب طلا از ۱۰۶۳ درجه سانتیگراد تا حدود ۳۳۰ درجه سانتیگراد برای ذرات با کمتر از ۵ نانومتر کاهش می یابد.



شکل ۲-۴) ارتباط بین اندازه ذرات طلا و نقطه ذوب آن

به هر حال مکانیزم تشکیل ذرات نانو در شکل هندسی، ترکیب و خواص ماده تولید شده مؤثر است. برای اکثر نانوذرات فلزی ساختارهای مجزایی تولید شده که مشابه ساختار کریستالی بالک نمی باشد. این ساختارها عبارتند از: اکتاهدرال مکعبی، ایکوزاهدرال و دکاهدرال.

۲-۵-۳- خواص نانوخوشه ها

توجه خاصی که در دهه اخیر، چه به لحاظ صنعتی و چه به لحاظ تحقیقاتی به نانوخوشه ها معطوف شده است، به دلیل خواص ویژه مغناطیسی، نوری و الکتریکی قابل توجه آنهاست.

۲-۵-۳-۱- نسبت سطح به حجم

نسبت بالای سطح به حجم در نانوخوشه ها سبب می شود انرژی سطحی نقش مهمی در تعیین خواص آنها و حتی ساختار آنها ایفا کند.

۲-۵-۳- واکنش پذیری شیمیایی

واکنش پذیری خوشه های فلزی به دلیل ارتباط آنها با واکنش ها و فرآیندهای تهیه مواد، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. وقتی ذرات در یک فاز گازی یا در یک زمینه خنثی معلق می شوند، معمولاً نشان دهنده واکنش پذیری بیشتر آنها نسبت به خوشه های فلزی با لیگاندهای متفاوت می باشد.

۲-۵-۳- کاهش دمای تغییرات فازی

بیشترین مطالعه بر روی ذوب نانوخوشه ها صورت گرفته است. این مساله نشانگر آن است که دمای ذوب نانومواد برای خوشه های با ابعاد چند آنگستروم با کاهش اندازه خوشه کاهش می یابد.

۲-۵-۳- خواص نوری

خاصیت ویژه یک محلول کلوئیدی که از نانوخوشه های فلزی هستند، خواص نوری آنها است. وابستگی رنگ محلول به اندازه ذرات کلوئیدی سبب شده است که دانشمندان با به کارگیری معادله ماکسول با شرایط مرزی خاص برای ذرات کروی، طیف جذبی خوشه های کوچک AU را

بدست آورند. همچنین دانشمندان دریافته اند که نانوساختارهای متخلخل Si، نور مرئی شدیدی تابش می کنند و تابش نور از تک خوشه ها هم دیده شده است.

۲-۵-۳-۵- خواص مغناطیسی

خواص مغناطیسی نانوخوشه ها می تواند متفاوت از خواص مواد توده ای باشد. مثلا خوشه های Na، pd،Rh و k فرو مغناطیس اند، این در حالیست که شکل توده ای همین عناصر پارامغناطیس می باشد. یا اینکه خوشه های Fe، Ge و Ni در نتیجه اندازه کوچک خوشه ها، سوپر پارامغناطیس هستند در حالی که شکل توده ای این خوشه ها فرومغناطیس هستند.

۲-۵-۳-۶- خواص الکتریکی

عوامل خواص الکتریکی، خواص نوری و خواص مغناطیسی یک جامد بلورین، به پارامترهای چون ضخامت و فاصله لایه های انرژی بستگی دارد. این لایه ها به وسیله الکترون ها اشغال شده اند. اخیرا برای به تصویر کشیدن توزیع فضایی لایه های الکترونی در حالت عادی و برانگیخته در نانوخوشه های InAs از روش اسپکتروسکوپی مکنوتوئیلینگ استفاده می شود.

۲-۵-۴- انواع روش های تولید نانوخوشه ها

روش های متنوعی برای تولید نانوخوشه ها وجود دارد که به توضیح مختصری از این روش ها اکتفا می شود:

۲-۵-۴-۱- ساخت خوشه فاز گازی

این روش شامل فرآیندهایی است که در آن خوشه ابتدا در فاز گازی تشکیل می شود، سپس بر روی یک جامد رسوب می کند. به همین دلیل به این خوشه ها pre-formed می گویند. زمینه رسوب در خوشه های pre-formed می تواند گرافیت، Si و یا هر ماده خنثی و بی اثر باشد. هسته گذاری ذرات جدید از یک فاز پیوسته می تواند به صورت همگن یا ناهمگن صورت گیرد. هسته گذاری ناهمگن از فاز بخار می تواند بر روی هسته خارجی یا ذرات گرد و غبار اتفاق بیفتد. هسته گذاری همگن بدون هیچ ذره یا یون خارجی به وجود می آید. در تشکیل قطره، دو انرژی آزاد با هم در رقابت هستند. انرژی آزاد سطح ناشی از تشکیل فصل مشترک بین قطره مایع و بخار که انرژی مثبت است و انرژی آزاد توده بخار فوق اشباع که به تشکیل قطره کمک می کند.

روش های زیر برای ساختار نانوخوشه ها به کار می روند:

(۱) انبساط به صورت فوران آزاد؛

(۲) پرتوهای تبخیر لیزری خوشه؛

(۳) فتولیزری ترکیبات آلی فلزی؛

۲-۵-۴-۲- ساخت کلوئیدی نانو خوشه ها

یک روش بسیار کارآمد ساخت کلوئید Au، احیای یک نمک فلزی در یک محلول آبی شامل لیگاند است که خوشه های ساخته شده به وسیله این روش، معادل خوشه های Au تولید شده در فاز گازی است.

۲-۵-۴-۳- کنترل فعل و انفعالات خوشه - صفحه و خوشه - خوشه

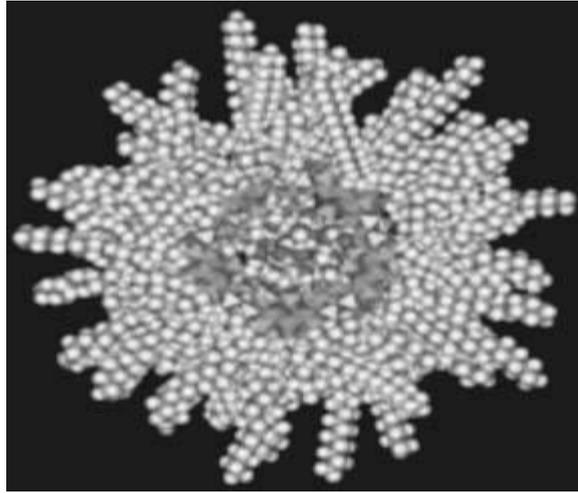
دانشمندان همواره در پی استحکام بخشیدن به اتصالات خوشه ها به صفحات فرعی بوده اند. یکی از راهکارهای این امر، استفاده از مولکول های دی تیول بوده که در انتهای زنجیره آلی دارای یک گروه حاوی گوگرد می باشد. یک انتهای زنجیره به صفحه فرعی (Au) متصل می شود و یک سر آن به طور شیمیایی به یک خوشه ساده پیوند می یابد. روش دیگر جهت تشکیل لایه های محکم از خوشه ها، اتصال دادن خوشه ها به یکدیگر است.

۲-۵-۴-۴- هیبریدهای بیومولکول خوشه

یکی از پیشرفت های جالب در علم نانوخوشه ها، استفاده از DNA به عنوان پل اتصالی جهت متصل کردن خوشه ها به یکدیگر است. اساس این روش به کار بردن فرآیندهای شناسایی مولکولی بیوشیمیایی است که زمینه جفت شدن رشته های DNA را برای کنترل توده ای شدن خوشه ها فراهم می آورد.

۲-۵-۴-۵- کلوئید های فلزی عبوری

اخیرا گروهی از دانشمندان توانسته اند به طریق جدیدی نانوذراتی از کبالت به قطر تقریبی ۶ نانومتر بسازند. در این روش نانوذرات کبالت به وسیله تری اکتیل فسفین پوشش داده شده و در پیریدیل پخش می شوند. سپس بر روی یک زمینه تبخیر می شوند تا ابر شبکه هایی را تشکیل دهند(در شکل ۲-۵ تصویر شبیه سازی شده ای از یک خوشه کلوئیدی نمایش داده شده است).



شکل ۲-۵) تصویر شماتیکی از یک خوشه کلوئیدی

۲-۵-۴-۶- خوشه های نیمه رسانای ساخته شده به شکل کلوئیدی

معمول ترین روش در ساخت کلوئیدهای گروه II-VI و III-VI شامل تزریق معرف هایی به داخل یک محلول داغ می باشد که این معرف ها دربردارنده اجزای اصلی خوشه هستند. به این ترتیب مولکول های آنها پوشش دار می شوند و در نتیجه خوشه های جوانه زده استوار و تثبیت می شوند.

۲-۶- نانو سیسم ها

۲-۶-۱- مقدمه

نانوسیسم، یک نانو ساختار دوبعدی است و به دلیل اینکه در این ابعاد اثرات کوانتومی مهم هستند، این سیسم ها، سیسم های کوانتومی نیز نامیده می شوند نانو سیسم ها برای ساخت مدارات الکتریکی در اندازه های کوچک استفاده می شوند.

روش های عمده که برای ساخت نانوسیم ها وجود دارد عبارت است از:

۱- با لیتوگرافی یا چاپ روی یک سطح (لیتوگرافی نرم).

۲- با فرآیند رشد شیمیایی در یک محیط گازی یا مایع: استفاده از نانوذرات به عنوان کاتالیست

این

فرآیند رشد شیمیایی را فوق العاده بهبود می دهد.

۳- با خودآرایی برای رشد مستقیم یک نانوسیم روی یک سطح (موازی با سطح): این راهکار آرایه

هایی از نانوسیمها را مستقیماً بر روی سطح شکل می دهد، که فقط چند نانومتر قطر داشته و ده نانومتر یا کمتر با هم فاصله دارند.

۴- نانوسیم ها با حکاکی شیمیایی سیم های بزرگتر و یا با بمباران یک سیم بزرگتر توسط ذرات

پرانرژی

دیگر (اتم یا مولکول) نیز تولید می شوند

۵- روش دیگر تولید نانوسیم ها برجسته کردن سطح یک فلز نزدیک به نقطه ذوب با استفاده از

نوک پروب STM و منقبض کردن آنها است.

۶- برای سنتز نانوسیم روش سنتز بخار مایع جامد (VLS) نیز کاربرد دارد، در این روش از ذرات

تجزیه شده توسط لیزر و یا از محصولات گازی استفاده می کنیم.

نانوسیم ها از فلزات، نیمه هادی ها و انواع پلیمرها ساخته شده اند. کار روی نانوسیم ها هنوز

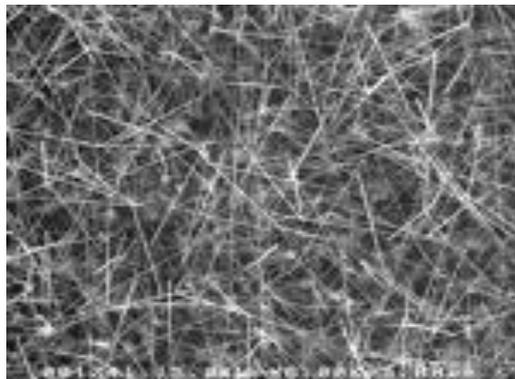
تا حد زیادی در مرحله تحقیق قرار دارد. مشکل اتصالات هنوز بر سر راه کسانی است که قصد

ساخت قطعات پیچیده تجاری از نانوسیمها را دارند، اما این ساختارها نسبت به نانولوله ها از نظر

قابلیت تولید انبوه حاصل از راهکار خودآرایی رجحان دارند. اگر بتوان ساختارهای مفیدی را به

صورت خودآرایی ایجاد نمود، با موانع تولید تجاری ساختارهای کارا، که افراد امیدوار به تجاری

سازی الکترونیک نانولوله ای با آن مواجهند، روبرو نخواهیم شد. به نظر می رسد نانوسیم ها می توانند در کامپیوترها و سایر دستگاههای محاسبه گر کاربرد داشته باشند. در راستای دستیابی به قطعات الکترونیکی نانومقیاس پیچیده، برای اتصال دهی آنها به سیمهای نانومقیاس نیاز داریم. علاوه بر این خود نانوسیمها نیز میتوانند مبنای اجزای الکترونیکی همچون حافظه باشند.



شکل ۲-۶) تصویر شماتیکی از نانوسیم ها

۲-۶-۲- خواص نانوسیم ها

برخی نانوسیم ها یک رفتار رسانایی کاملاً غیرکلاسیک را نشان می دهند. این نانوسیم ها شامل نانولوله های کربنی فلزی (رسانا) و برخی از نانوسیم های نیمه رسانا می شوند که توسط گروه چارلز لیبر در هاروارد توسعه یافته اند. آنها رساناهای پرتابه ای نامیده می شوند (چون الکترونهای گذرنده از سیم بسیار شبیه گلوله پرتاب شده در لوله تفنگ اند). اولین مشخصه یک رسانای پرتابه ای ثابت بودن مقاومت آن نسبت به طول است، که با رسانایی عادی در الکترونیک روزمره ما- که مقاومت متناسب با طول افزایش می یابد- متفاوت است. رسانایی نانوسیم ها در حالتی که بین دو الکتروود قرار می گیرد بررسی می شود، رسانایی این ترکیبات به ابعادشان وابسته است.

نانوسیم ها شکل های ویژه ای دارند. بعضی اوقات اشکال غیر کریستالی و در موارد دیگر حالت مارپیچی به خود می گیرند. عدم کریستالی بودن آنها به دلیل یک بعدی بودنشان است. همچنین نانوسیم ها به دلیل طبیعت خواص الکتریکی خود که در حضور مواد خاص دچار تغییر می شوند، قابلیت استفاده به عنوان سنسور را دارند.

نانوسیم ها را می توان در ساخت غشاهای جداسازی گازها و سیستم های میکروآنالیز، تولید سیستم های میکروالکترومکانیکی (MEMS) و تجهیزات آشکارسازی امواج رادیویی بکار برد. دیویدهای نورافشان نانومقیاس به سادگی از تقاطع دو نوع نانوسیم ایجاد شده اند. یک لیزر ابتدایی از نانوسیمهای اکسید روی ساخته شده است (که البته آنها را نانوالیاف نیز می توان نامید). همچنین قابلیت نانوسیم های فلزی در قطعات قابل تنظیم مایکروویو نشان داده شده است.

نانوسیم های فلزی نانوسیم های فلزی در نانو قطعات الکترونیکی و الکتریکی به عنوان اتصال دهنده کاربرد دارند. این نانوساختارها همچنین می توانند به عنوان حافظه نیز عمل کنند. نانو سیم های آلی علاوه بر مواد فلزی و نیمه رسانا، ساخت نانوسیم از مواد آلی نیز تحت بررسی می باشد. اخیراً ماده ای موسوم به الیگوفنیلین وینیلین موجب امیدواری در ساخت نانوسیم ها آلی شده است.

نانوسیم های پلیمری ویژگی این سیم ها نظیر رسانایی، مقاومت و هدایت گرمایی به ساختار مونومر و طرز آرایش آن بستگی دارد. نانوسیم های نیمه هادی نانوسیم های نیمه هادی مرسوم ترکیبات سیلیکون و گالیوم هستند. خواص این ترکیبات تحت تاثیر محیط تغییر می کند، این پدیده باعث می شود نانوسیم های نیمه هادی در زمینه هایی نظیر حسگرها کاربرد داشته باشند.

۲-۷- آئروژل ها

۲-۷-۱- مقدمه

آئروژل ها دسته ای از مواد با سطوح ویژه خیلی بالا و دانسیته بسیار کم (گاهی فقط چهار برابر سنگین تر از هوا) هستند. این ترکیبات از طریق فرآیندهای سل ژل ساخته می شوند. هنگامی که سل (محلول) در یک قالب ریخته شود، ژلی مرطوب شکل می گیرد. با خشک کردن و فرآورش حرارتی، ژل حاصله به ذرات شیشه ای یا سرامیکی متراکم تبدیل می شود. اگر در شرایط فوق بحرانی مایع موجود در ژل مرطوب خارج شود، آئروژل بدست می آید.

استفاده از آئروژل ها به عنوان غشا در فرآیندهای جداسازی و فیلتراسیون تحت بررسی است. همچنین آئروژل ها در فضا پیمایها برای به جمع آوری غبار بین ستاره ای بکار می روند. این ترکیبات برای استفاده در شیشه های دوجداره به عنوان لایه پرکن به جای هوا مورد آزمایش قرار گرفته اند.

۲-۷-۲- تاریخچه آئروژل ها

اولین مورد از آئروژل هادر سال ۱۹۳۱ به وسیله آقای steven s.kistler^۲ در دانشگاه pacific در کالیفرنیا ساخته شد. در آن زمان سعی ایشان بر اثبات وجود شبکه های جامد در درون ساختار ژل بود. یک روش برای اثبات این نظریه، برداشت فاز مایع از فاز مرطوب ژل بدون اینکه ساختار جامد از بین برود مطرح بوده است. واژه آئروژل برای اولین بار به وسیله kistler به کار گرفته شد.

اولین ژل های مورد مطالعه به وسیله kistler سیلیکاژل است که از فرایند تراکمی سیلیکات سدیم در شرایط اسیدی تشکیل می شود. چند سال بعد آقای kistler آئروژل خود را مشخصه سازی نمود و سپس موفق شد آئروژل های دیگری از جمله آلومینا، تنگستن، اکسید آهن، اکسید

قلع، نیکل تارتارات، سلولز، نیترات سلولز، ژلاتین، آگار(پلی ساکاریدها) و ... را بسازد. چند سال بعد kistler از دانشگاه جدا شد و با شرکتی با نام Monsanto شروع به همکاری نمود. این شرکت بازاریابی خود را جهت فروش آئروژل آغاز نمود. در آن زمان آئروژل های ارائه شده از جنس سیلیکا بود که به صورت گرانول به عنوان افزودنی یا عامل تیکسوتروپیک(به پدیده کاهش ویسکوزیته ظاهری سیالات تحت تنش برشی ثابت با گذشت زمان تیکسوتروپیکی گفته می شود) در لوازم آرایشی و خمیردندان مورد استفاده قرار می گرفت. در سه دهه بعد، اقدامات مهم و حائز اهمیتی بر روی آئروژل ها انجام نشد تا اینکه سرانجام در سال ۱۹۶۰ با تولید ارزان سیلیکا به فرم بخار بازار آئروژل رو به کاهش گذاشت و شرکت Monsanto تولید آئروژل را متوقف نمود. آئروژل ها تا سال ۱۹۷۰ به فراموشی سپرده شد. در سال ۱۹۷۰ آقای Stanislaus teichner و همکارانش از دانشگاه claud Bernard در لیون فرانسه موفق شدند روش جدیدی به غیر از روش kistler برای تهیه آئروژل کشف کنند و آن را روش سل - ژل نامیدند.

در این روش آلکوکسی سیلان با سیلیکات سدیم، که به وسیله kistler استفاده می شد، جایگزین شد. با ظهور روش ارائه شده به وسیله آقای teichner پیشرفت های جدیدی در علم آئروژل و فناوری ساخت آن حاصل شد و محققان زیادی به مطالعه در این زمینه روی آوردند. چند نمونه از اقدامات انجام شده به شرح زیر است:

۱- در سال ۱۹۸۰، دو عدد دکتور جهت شناسایی پرتو چرنکوف (Cherenkov radiation) (چرنکوف نشان داد که نوری از مواد مجاور یک منبع رادیواکتیو منتشر می شود که همیشه به صورت آبی فام - سفید است که طیف آن پیوسته است و سپس پرتوایی را با توجه به حرکت ذرات در میداین الکترکی و مغناطیسی بررسی کرد) با نام های tasso در دانشگاه هامبورگ و cern در دانشگاه lund سوئد بر پایه سیلیکا آئروژل ساخته شد.

۲- اولین واحد پایلوت ساخت سیلیکا آئروژل در دانشگاه lund سوئد راه اندازی شد.

۳- در سال ۱۹۸۰، آقای Larry Hrubesh و همکارانش در آزمایشگاه ملی لیومور که وابسته به دانشگاه برکلی در آمریکا است، موفق به ساخت سیلیکا آئروژل با کمترین چگالی (gr/cm^3) شدند. (۰,۰۰۳)

۴- در سال ۱۹۸۱، آقای Rick Pekala از آزمایشگاه LLNL موفق به ساخت آئروژل های آلی با روش ساخت آئروژل معدنی شد. آئروژل های ملامین - فرمالدئید و رزورسینول - فرمالدئید نمونه هایی از آئروژل های آلی هستند.

۵- در سال ۱۹۸۳، آقای Arlon Hunt و همکارانش در دانشگاه Berkeley توانستند تترا اتیل ارتوسیلیکات (TEOS) را جایگزین تترا متیل ارتوسیلیکات که سمی است، نمایند.

۶- در سال ۱۹۸۳، شرکت آلمانی BASF گرامول های سیلیکا آئروژل را با نام تجاری BASOGEL، با روش جدید جایگزینی دی اکسید کربن تولید نمود و تا سال ۱۹۹۶ نیز ادامه داشت.

۷- در سال ۱۹۸۵، اولین سمپوزیوم بین المللی آئروژل به وسیله پرفسور Jochen Fricke در Wurzburg آلمان برگزار شد.

۸- در سال ۱۹۸۹، اتوکلاو ۳۰۰ لیتری با نام تجاری Thermalux به وسیله آقای Arlon Hunt و همکارانش از Richmond California جهت ساخت صنعتی سیلیکا آئروژل ساخته شد اما متاسفانه در سال ۱۹۹۲ فعالیتش متوقف شد.

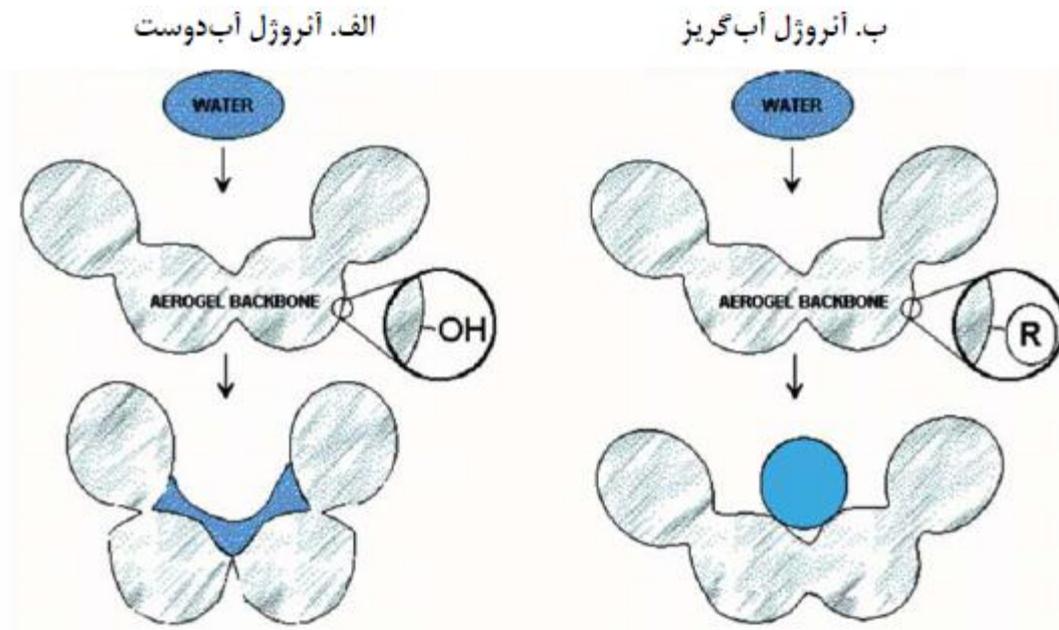
۹- در سال ۱۹۹۴، شرکت Aerojet در آمریکا با کمک دانشگاه Berkeley، آزمایشگاه LLNL و دیگر مراکز اقدام به تولید صنعتی انواع آئروژل های معدنی و آلی با روش جدید و مقرون به صرفه نمود.

به دلیل انجام مطالعات، تحقیقات و اقدامات صنعتی و نیمه صنعتی که در دهه ۷۰ و ۸۰ بر روی آئروژل ها صورت گرفت، این دوره را عصر رنسانس آئروژل نامیدند.

۲-۷-۳- شیمی سطح آئروژل

سیلیکا آئروژل حاوی ذراتی به قطر ۵-۲ نانومتر هستند. این ترکیبات دارای نسبت سطح به حجم بسیار بالا و مساحت سطح ویژه بالا هستند. شیمی سطح داخلی (Interior Surface) در آئروژل ها نقش اساسی را در بروز رفتارهای بی نظیر فیزیکی و شیمیایی آنها، ایفا می کند. ماهیت سطح سیلیکا آئروژل ها تا حد زیادی به شرایط تهیه آنها بستگی دارد. به عنوان مثال اگر آئروژل از طریق فرآیند خشک کردن به وسیله الکل تهیه گردد، گروه های آلکوکسی (OR) تشکیل دهنده سطح آن است و در این حالت سطح آئروژل خاصیت آب گریزی (Hydrophobic) پیدا می کند. اگر تهیه آئروژل از طریق فرآیند دی اکسید کربن باشد، آنگاه سطح آئروژل را گروه های هیدروکسیل (OH) فرا می گیرد و خاصیت آب دوست (Hydrophilic) پیدا خواهد کرد و

مستقیماً می تواند رطوبت هوا را جذب نماید. البته با حرارت دادن می توان رطوبت جذب شده را از ساختار آئروژل حذف نمود. شکل ۲-۷ به خوبی خاصیت آب دوست و آب گریزی را در ساختار آئروژل با گروه های عاملی مختلف نشان می دهد.



شکل ۷-۲) برهمکنش آب و ساختار آنروژل

۴-۷-۲- خواص فیزیکی و شیمیایی آنروژل ها

۱-۴-۷-۲- خواص نوری

خواص نوری آنروژل ها به شرایط تولید آنها بستگی دارد. این مواد در روشنایی به رنگ زرد و در تاریکی به رنگ آبی دیده می شوند. روش های مختلف حذف حلال، حذف آب یا رطوبت از ساختار آنروژل و شرایط واکنش از جمله پارامترهای مهم و موثر در خاصیت نوری آنروژل ها مطرح هستند.

۲-۴-۷-۲- خواص مکانیکی

شکنندگی، انعطاف پذیری و پایداری ابعادی از جمله پارامترهای مهم در خواص مکانیکی آنروژل ها هستند. استحکام فشاری (Compressive strength) سیلیکا آنروژل ها در حدود $0.15 - 0.3 \frac{N}{mm^2}$ ، فشار الاستیک (Elastic Compression) در حدود ۲ - ۴ درصد و استحکام

کششی (Tensile Strength) نیز در حدود $0.02 \frac{N}{mm^2}$ است. آئروژل هایی که از طریق کاتالیزور اسیدی یا خنثی تهیه می شوند نسبت به آئروژل هایی که به وسیله کاتالیزور بازی سنتز می شوند، دو برابر سفتی بیشتری دارند.

۲-۷-۴-۳- خواص آکوستیک

ساختار شبکه ای ویژه آئروژل ها در کارائی آکوستیک آنها بسیار موثر است و تا حدودی به خواص الاستیکی آنها نیز بستگی دارد. سرعت صوت در سیلیکا آئروژل ها در حدود 100-300 m/s است که کمترین مقدار خطا در میان مواد جامد معدنی است. این مقدار در شیشه کوارتز 5000 m/s است. البته قابل ذکر است که سیلیکا آئروژل ها کمترین مقدار امپدانس آکوستیک (مقدار مقاومت در مقابل جریان متناوب سینوسی است که مرب.ط به انتشار امواج صوتی در یک رسانه صوتی است) را نسبت به مواد جامد دارا هستند.

۲-۷-۴-۴- هدایت گرمائی

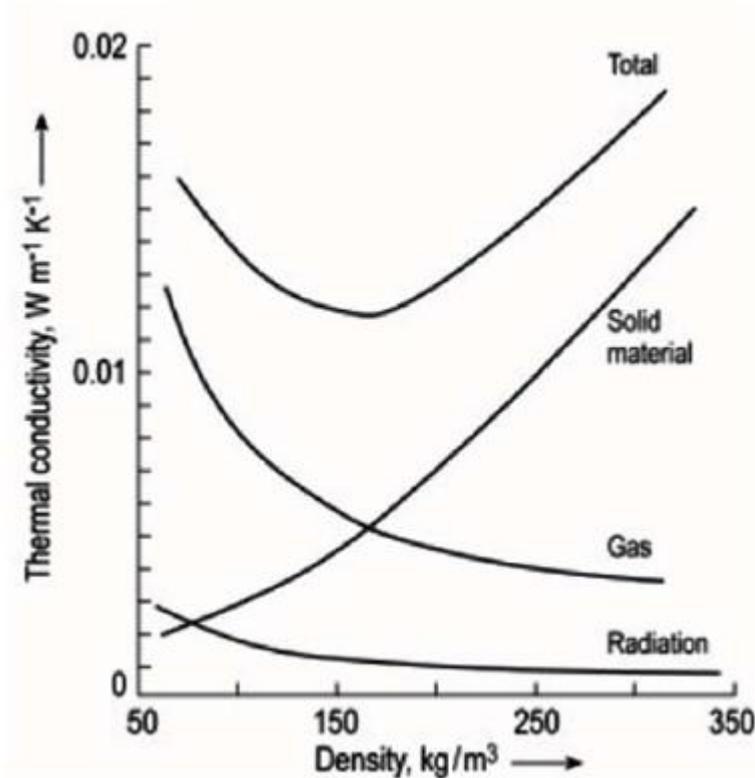
هدایت گرمائی آئروژل ها تابعی از پارامترهای زیر است:

۱- انتقال گرما به وسیله فاز جامد

۲- انتقال گرما به وسیله فاز گازی

۳- انتقال گرما به وسیله بازتابش

شکل زیر سهم هر یک از عوامل مذکور را به صورت تابعی از چگالی نشان می دهد.



شکل ۸-۲) ساز و کار هدایت گرمایی آئروژل ها

همانطور که از شکل ۸-۲ پیداست هدایت گرمایی فاز جامد با افزایش چگالی، افزایش می یابد در حالی که هدایت گرمایی فاز گازی با افزایش چگالی، کاهش می یابد و انتقال گرما از طریق تشعشع مستقل از چگالی آئروژل است. کمترین مقدار هدایت گرمایی آئروژل ها در چگالی $0.15 \frac{g}{cm^3}$ است.

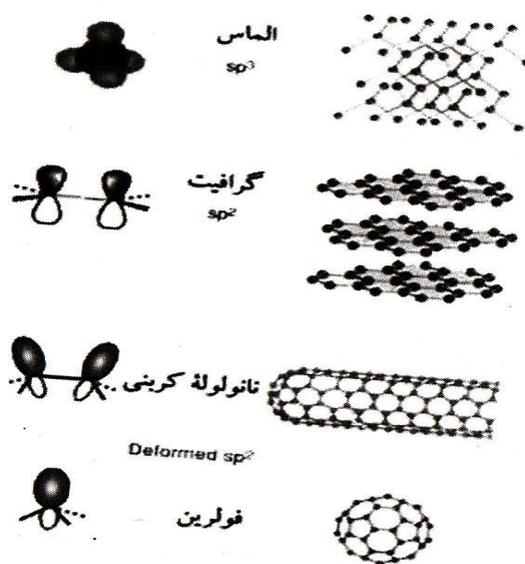
۸-۲- فولرین ها

۸-۲-۱- مقدمه

کربن در طبیعت ساختارهای مختلفی دارد. الماس و گرافیت از ساختارهای معروف آن هستند. در الماس، هر اتم کربن با چهار اتم کربن دیگر پیوند برقرار کرده است. در گرافیت،

اتم‌های کربن در لایه‌های مجزایی با هم پیوند برقرار کرده‌اند. این لایه‌ها روی هم قرار گرفته و با پیوند ضعیفی به هم متصل شده‌اند. هر کدام از لایه‌های موجود در گرافیت را گرافین^۳ می‌نامند.

پایه‌ی فولرین‌ها صفحات موجود در گرافیت هستند با این تفاوت که در ساختار اتمی فولرین‌ها، به جای شش‌ضلعی‌های منظم موجود در صفحات گرافین، یک سری شش‌ضلعی و پنج‌ضلعی‌های منظم وجود دارد که به صورت یک در میان در کنار هم قرار گرفته و کره‌ی فولرین را تشکیل داده‌اند. قرارگیری این پنج‌ضلعی و شش‌ضلعی‌ها در کنار هم برای شکل دادن یک ساختار کروی ضروری است. در حقیقت بدون حضور پنج‌ضلعی‌ها در ساختار گرافین نمی‌توان از صفحات گرافین ساختارهای کروی به دست آورد [۱۱].



شکل ۲-۹) هیبریداسیون اتم‌های کربن در ساختار الماس، گرافیت، نانولوله‌ی کربنی و فولرین [۱۰].

برای نام‌گذاری فولرین‌ها از یک حرف C استفاده می‌شود که نمایانگر اتم کربن موجود در ساختار فولرین است. بعد از حرف C تعداد اتم‌های کربن موجود در واحد شبکه‌ی کروی فولرین ذکر می‌شود. تعداد اتم‌ها در فولرین‌های تولید شده تا کنون از ۲۸ عدد تا صدها اتم کربن است.

^۱ - Graphene

معروف‌ترین و در عین حال پایدارترین ساختاری که از فولرین‌ها تولید شده، نوع C₆₀ است. به این ساختار اصطلاحاً باکی‌بال^۴ و یا باک مینسترفولرین^۵ گفته می‌شود [۱۱و۴].

۲-۸-۲- روش‌های تولید فولرین‌ها

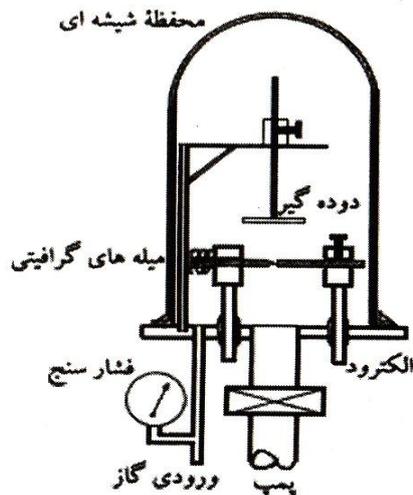
روش‌های مختلفی برای تولید فولرین‌ها در مقالات مختلف ذکر شده است. بسیاری از این روش‌ها از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و یا محصول به دست‌آمده از آنها خواص مطلوبی ندارد. بنابراین در ادامه‌ی بحث برخی از روش‌های اقتصادی و بهینه برای تولید فولرین‌ها بررسی می‌شود.

۲-۸-۲-۱- حرارت‌دهی از طریق مقاومت الکتریکی

این روش بر پایه‌ی روش تولید فیلم‌های کربنی آمورف در یک تبخیرکننده‌ی تحت خلأ است. این دستگاه در شکل ۲-۱۰ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود این دستگاه شامل یک ظرف شیشه‌ای به شکل زنگ کلیسا است که به یک سیستم پمپاژ متصل است. گاز مورد استفاده در این آزمایش از طریق همین پمپ وارد محفظه می‌شود.

⁴ - Buckyball

⁵ - Buckminsterfullerene



شکل ۲-۱۰) دستگاه تولید کننده‌ی فولرین که توسط کرتسمر ساخته شد [۱۴].

درون ظرف شیشه‌ای و در مدخل ورودی گاز، دو میله‌ی گرافیتی به هم متصل شده‌اند. این دو میله به واسطه‌ی اعمال فشار از یک فنر، همواره در تماس با یکدیگر هستند. نوک یکی از میله‌های گرافیتی به صورت مخروط تیز شده و نوک میله‌ی دیگر به صورت تخت است. این میله‌های گرافیتی به یک الکتروود مسی متصل شده‌اند. برای جلوگیری از اکسیداسیون و شکل‌گیری مواد زائد، گاز هلیوم با فشار ۱۴۰ torr وارد محفظه می‌شود. بعد از اعمال ولتاژ بین دو میله‌ی گرافیتی، جریان الکتریکی از میله‌های گرافیتی عبور کرده و در محل تماس دو میله‌ی گرافیتی گرمای زیادی ایجاد خواهد شد که منجر به درخشندگی زیادی در محل تماس می‌شود. حرارت تولیدی در این منطقه دمایی بین ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ درجه‌ی سانتیگراد تولید می‌کند. این دما برای تولید ساختارهای کروی فولرین بسیار مناسب است. در نهایت در اثر این امر دوده‌ای در منطقه‌ی تماس تولید شده و به وسیله‌ی عمل جابجائی به مناطق سردتر دستگاه منتقل شده و در آنجا رسوب می‌کند. بعد از انجام واکنش، مواد دوده‌ای شکلی در ظرف شیشه‌ای تولید می‌شود که احتمالاً حاوی ساختارهای کربنی دیگری غیر از فولرین‌ها نیز خواهد بود. برای جداسازی فولرین‌ها از این مواد، حلال‌هایی مانند تولوئن ($C_6H_5CH_3$) استفاده می‌شود. راندمان تولید در این روش بین ۱۰ تا ۱۵ درصد است. [4] مزیت عمده‌ی تولید فولرین‌ها از این طریق، اصول ساده‌ی ساخت دستگاه مورد نظر است. این مزیت همراه با هزینه‌ی ساخت پایین، این روش را به یکی از مهم‌ترین روش‌های تولید فولرین‌ها مبدل کرده است [۱۴-۱۲].

۲-۸-۲-۲- حرارت دهی از طریق قوس الکتریکی

روش تبخیر گرافیت از طریق تخلیه‌ی قوس بین دو میله‌ی گرافیتی به وسیله‌ی دانشمندی به نام اسملی^۶ ابداع شد و توسعه یافت. در روش حرارت‌دهی از طریق مقاومت الکتریکی اگر دو میله‌ی گرافیتی در فاصله‌ی بسیار نزدیک از هم قرار گیرند و با هم در تماس نباشند، به جای ایجاد مقاومت الکتریکی در محل تماس میله‌های گرافیتی، یک قوس الکتریکی بین این دو برقرار شده و حرارت به این طریق بین دو میله ایجاد می‌شود. این فرایند اساس روش تولید فولرین‌ها از طریق قوس الکتریکی است (شکل ۱۱-۲). برای حفظ فاصله بین میله‌های گرافیتی، در حین مصرف شدن آنها از یک فنر استفاده می‌شود. اگر فاصله‌ی بین میله‌های گرافیتی زیاد شود قوس از بین می‌رود و اگر دو میله با هم مماس شوند، قوس تماسی بین آنها تولید شده و منجر به تبخیر نامناسب گرافیت خواهد شد.



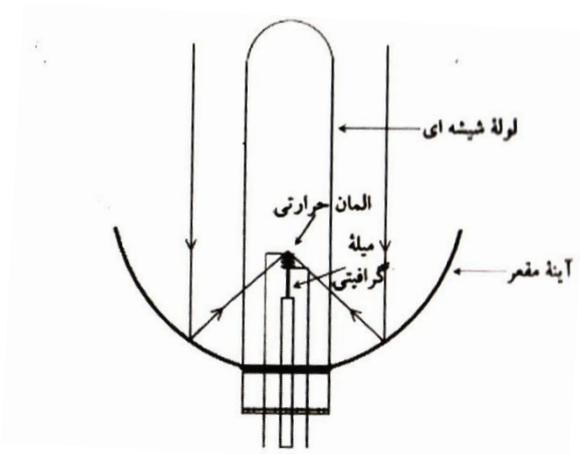
شکل ۱۱-۲) قوس استاتیک ناشی از پلاسمای گاز هلیوم بین دو میله‌ی گرافیتی [۱۳].

⁶ - Smalley

راندمان چنین روشی حدود ۱۵٪ است. با افزایش قطر میله‌های گرافیتی راندمان تولید کاهش می‌یابد. علت این پدیده، حساسیت فولرین‌ها نسبت به اشعه‌های ماوراءبنفش است. در حین برقراری قوس الکتریکی، در مرکز پلاسمای تولید شده توسط قوس، پرتوهای ماوراءبنفش با شدت بالایی تولید می‌شوند. فولرین‌های تولید شده که از این منطقه عبور می‌کنند، در اثر تماس با این پرتوها آسیب دیده و از بین می‌روند. بنابراین هر چه قطر میله‌ها افزایش یابد، منطقه‌ی پرتوافکنی ماوراءبنفش گسترده‌تر شده و فولرین‌های بیشتری تخریب می‌شوند و راندمان کاهش می‌یابد [۱۴].

۲-۸-۲-۳- تولید کننده‌های خورشیدی^۷

مشکل پرتوهای ماوراءبنفش که در روش‌های قبل بحث شد، توسط این روش حل شده است. در این روش به جای استفاده از جریان برق برای تولید حرارت، از انرژی خورشید استفاده می‌شود. بنابراین فولرین‌های تولید شده در این روش کمتر از روش‌های قبلی در معرض پرتوهای ماوراءبنفش قرار می‌گیرند. دستگاه این روش در شکل (۲-۴) مشاهده می‌گردد.



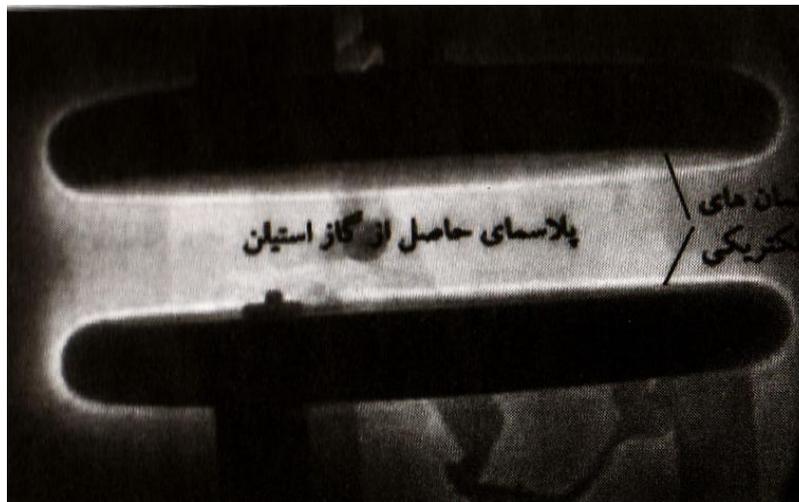
شکل ۲-۱۲) دستگاه تولید خورشیدی فولرین‌ها [۱۲].

⁷ - Solar Generators

در این دستگاه نور خورشید توسط یک آینه‌ی مقعر روی نوک یک میله‌ی گرافیتی متمرکز می‌شود. این میله‌ی گرافیتی درون یک ظرف شیشه‌ی پیرکس قرار دارد. برای کاهش اتلاف حرارت توسط میله‌ی گرافیتی در فاصله‌ی کمی از میله‌ی گرافیتی، یک المان پیشگرم‌کننده، میله‌ی گرافیتی را گرم می‌کند. محفظه‌ی شیشه‌ای توسط گاز آرگون با فشار ۵۰ torr پر می‌شود. گاز آرگون درون این محفظه در نزدیکی المان حرارتی پیشگرم‌کننده گرم شده و توسط مکانیزم جابجائی، مواد تولید شده در آزمایش را به پایین ظرف هدایت می‌کند. به علاوه این گاز همانند روش‌های قبلی وظیفه‌ی خنک کردن سیستم و جلوگیری از واکنش‌های ناخواسته را نیز بر عهده دارد. دوده‌های تولید شده در این روش از طریق عمل جابجائی گاز، به مناطق پایین‌تر محفظه حرکت کرده و روی دیواره‌ی آن رسوب می‌کنند [۱۴-۱۲].

۲-۸-۲-۴- حرارت‌دهی به روش القائی

فولرین‌ها را می‌توان از طریق حرارت‌دهی القائی نمونه‌های کربنی نیز تولید نمود. در این روش میله‌ی گرافیتی روی یک نگهدارنده از جنس نیتريد بور قرار داده شده و به وسیله‌ی یک المان الکتریکی تبخیر می‌شود. تبخیر در دمای ۲۷۰۰ درجه‌ی سانتیگراد در اتمسفر هلیوم صورت می‌گیرد. برای تأمین چنین دمایی از جریان‌های متناوب با فرکانس‌های رادیویی استفاده می‌شود. این روش یک فرایند تولید پیوسته‌ی فولرین‌ها است. سرعت تولید هم در این روش مناسب است. به طوری که در مدت ۱۰ دقیقه، ۱ گرم گرافیت تبخیر و حدود ۸۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم فولرین به دست خواهد آمد.



شکل ۲-۱۳) پلاسمای تولیدی در اثر اعمال امواج مغناطیسی با فرکانس رادیویی به گاز استیلن [۱۲].

بعدها طی آزمایش‌های مختلفی اثبات شد که به وسیله‌ی قرار دادن عناصر فلزی درون فولرین‌ها می‌توان هدایت الکتریکی و همچنین استحکام آنها را به حد چشم‌گیری بهبود بخشید.

در آزمایش‌های مختلف تا کنون عناصر مختلفی همچون دیسپروزیوم، یوروپیوم، نئودیمیوم، سریوم، تیتانیوم، استرانسیوم، کلسیم، تربیم، گادولینیوم و ایتریم^۸ درون فولرین قرار داده شده‌اند اما تحقیقات نظری در این رابطه هنوز به خوبی انجام نشده است [۱۲].

برای قرار دادن عناصر فلزی درون فولرین‌ها از میله‌های گرافیتی کامپوزیتی استفاده می‌شود. مثلاً برای قرار دادن لانتانیم درون فولرین‌ها از میله‌های گرافیت-اکسید لانتانیم استفاده شده است. البته روش‌های دیگری نیز پیشنهاد شده است که از نظر علمی هنوز ثابت نشده‌اند. مثلاً یکی از این روش‌ها مخلوط کردن فولرین‌ها و مواد مورد نظر برای جاسازی درون فولرین‌ها با هم و حرارت‌دهی این مخلوط است [۱۴-۱۲].

۲-۸-۳- مکانیزم شکل‌گیری فولرین‌ها

⁸ - Dy, Eu, Nd, Pr, Cr, Ti, Sr, Ca, Tb, Gd, Y

یکی از علت‌های پایداری نسبی فولرین‌ها، پیروی این ساختارهای کروی از قانون پنج‌ضلعی‌های منفرد^۹ است. این قانون بیان می‌کند که در یک ساختار اتمی چنانچه پنج‌ضلعی‌های اتمی توسط شش‌ضلعی‌هایی از هم جدا شده باشند، چنین ساختاری پایداری نسبی خوبی خواهد داشت و در غیر این صورت ناپایدار خواهد بود. فولرین C_{60} تقریباً کوچک‌ترین ساختار کربنی است که از این قانون به خوبی پیروی می‌کند. این پایداری بدان معناست که فولرین‌های بزرگ‌تر مانند C_{62} با از دست دادن ۲ اتم کربن و آرایش مجدد، به مولکول C_{60} تبدیل می‌شوند [۱۰].

مکانیزم‌های مختلفی در مورد شکل‌گیری فولرین‌ها از گرافیت در مقالات مختلف ذکر شده است. اما اطلاعات در دسترس در این مورد بسیار کمیاب است. در یکی از این مکانیزم‌ها تولید فولرین‌ها از طریق گرافیت را شامل ۳ مرحله‌ی اصلی دانسته‌اند که عبارتند از:

(۱) تبخیر گرافیت و تشکیل کربن اتمی

(۲) تشکیل حلقه‌های زنجیری کربنی و رشد این زنجیرها

(۳) آنیل^{۱۰} فولرین‌ها

اولین مرحله‌ی تشکیل فولرین‌ها تبخیر گرافیت است. در اثر حرارت ایجاد شده در عملیات تبخیر، گرافیت به اتم‌های مجزای کربن تجزیه می‌شود. در مرحله‌ی بعدی اتم‌های کربن برای کاهش انرژی کل سیستم در کنار هم تجمع یافته و به هم متصل می‌شوند و کلاسترهای کربنی را تشکیل می‌دهند. این کلاسترها به شکل حلقه‌های زنجیره‌ای کربن هستند. این زنجیره‌های کربنی حاوی پنج‌ضلعی‌ها و شش‌ضلعی‌های مختلفی در کنار هم هستند که آرایش منظمی ندارند. طی مرحله‌ی آنیل این پنج‌ضلعی‌ها و شش‌ضلعی‌ها در کنار هم به صورت یک در میان قرار می‌گیرند و بنابراین کروی فولرین شکل می‌گیرد. در واقع با کنار هم قرار گرفتن پنج‌ضلعی و شش‌ضلعی‌ها به

⁹ - Isolated Pentagon Rule (IPR)

¹⁰ - Anneal

صورت یک در میان، در سطح زنجیره‌های کربنی یک انحنای ایجاد شده و آنها را تبدیل به کره‌ی فولرین می‌نماید [۱۳].

فصل ۳

کاربردهای نانو مواد

۳-۱-۱- نانوکاتالیست ها

۳-۱-۱- کاربرد نانوکاتالیست ها در فرآیندهای پالایش

۳-۱-۱-۱- تصفیه کاتالیستی

✓ آشکارسازی مسرهای واکنش گوگرد زدایی به کمک هیدروژن توسط میکروسکوپ

تونلی

✓ مطالعه در جای رادیو ایزوتوپ نواحی فعال کاتالیست های سولفید مولبیدن -

کبالت و مکانیزم گوگرد زدایی با هیدروژن تیوفن

✓ کاتالیست سولفید مولبیدن - نیکل (Ni-Mo) با پایه زئولیتی جدید (USY) برای

کاربرد در محیط زیست

✓ کاتالیست دی اکسید تیتانیوم نانوکریستالی برای پاک کردن آب از ضایعات آلی

۳-۱-۱-۲- تبدیل کاتالیستی

✓ طراحی یک کاتالیست آلیاژی سطحی نیکل - آهن برای رفرمینگ بخار

✓ رفرمینگ دی اکسید کربن توسط کاتالیست های دو فلزی پایه دار

۳-۱-۱-۳- هیدروکراکینگ

✓ آماده سازی و کاتالیستی کردن نانو ذرات دو فلزی ساختار وارونه هسته - پوسته

پالادیوم - طلا

✓ کاتالیست های نیکل، مولبیدن و نیکل - مولبیدن بر پایه نیویا

۳-۱-۲- کاربردهای دیگر نانو کاتالیست ها در فرایندهای مختلف

تحقیقات آزمایشگاهی وسیعی در مورد فرایندهای شیمیایی مختلف انجام شده است. از میان این تحقیقات، نانو کاتالیست های مربوط به فرایند پالایش نفت، فرایندهای پتروشیمی و واکنش های مختلف پلیمریزاسیون، بیشتر مورد توجه تحقیقات صنعتی هستند. همچنین در بعضی واکنش های حساس مورد استفاده در صنایع داروسازی نیز تحقیقات وسیعی در جریان است. در این تحقیقات علاوه بر فعالیت بالای نانوکاتالیست، انتخاب گری بالای آن نیز از اهمیت اساسی برخوردار می باشد.

۳-۱-۲-۱- حذف واکنش های جانبی، ارتقای راندمان سیستم، رفع مشکلات زیست

محیطی

مهمترین دستاورد فناوری نانو در علم کاتالیست، یکسان سازی اندازه و توزیع حفرات و منافذ فعال کاتالیستی است. چرا که اگر بتوان به توزیعی یکسان از اندازه و خواص متمرکز فعال دست یافت، دیگر به ازای خوراک ورودی یکسان و یکنواخت، با واکنش های متفاوت روبرو نخواهیم بود. این بدان معنی است که دیگر محصولات جانبی نخواهیم داشت و متحمل هزینه های طراحی و

ساخت واحدهای جداسازی نیز نخواهیم شد. از طرفی مسائل و مشکلات زیست محیطی نیز که عمدتاً ناشی از محصولات جانبی است، حل خواهد شد.

۳-۱-۲-۲- حل معضل برش های سنگین نفتی به وسیله نانو کاتالیست ها

برش سنگین نفتی، به خودی خود قیمت بسیار کمی دارد، ضمن آنکه در شرایط فعلی حتی برای از بین بردن آن نیز هزینه می شود. اما این برش های سنگین قابلیت آن را دارد که به فرآورده های سبکتر و با ارزش تبدیل شود. یکی از این راه های تبدیل، کراکینگ های کاتالیستی است که با کاتالیست های جامد انجام می گیرد. در روش های جدیدی که اخیراً روی آن تحقیق می کنیم، می توان کاتالیست مورد نظر را در یک فاز مایع مانند آب حل نمود، سپس ذرات آب را در حد نانومتری در فاز سنگین نفتی پخش (Disperse) نمود. بالا بردن حرارت در این سیستم منجر به انفجار ذرات آب و آزاد شدن کاتالیست می شود. هیدروژن نوزادی که به وسیله کاتالیست ایجاد می شود، منجر به کراکینگ خواهد شد.

۳-۱-۲-۳- کنترل اندازه منافذ نانوتیوبهای کربنی

کشور ما در حال حاضر توانایی تولید نانوتیوب های کربنی در چند کیلوگرم در روز را داراست و قابلیت افزایش میزان تولید نیز وجود دارد، اما بحث اصلی کنترل اندازه منافذ این محصول است. اگر چه نانولوله های کربنی کاربرد وسیعی به عنوان پایه کاتالیست دارند، اما هر فرایندی به یک اندازه خاص از این منافذ نیازمند است. باید پارامترهای موثر بر اندازه منافذ تخلخل های نانولوله های کربنی در نظر گرفته شده و دانش فنی لازم را برای کنترل آن به دست آید.

۳-۱-۲-۴- بهبود فرایندهای تبدیلات گازی به کمک نانوکاتالیست ها

تبدیلات گازی در کشور ما، به دلیل فراوانی و ارزانی گاز در کشور از جمله فرآیندهایی است که بسیار مورد توجه است. پیشرفت های فزاینده در این مسیر مرهون حضور نانوکاتالیست ها است که عمدتاً پایه نانولوله کربنی دارند. به طور مثال بازدهی فرآیند فیشر - تروپش که مهمترین فرآیند تبدیل گازی است با استفاده از کاتالیست ها در حدود دو برابر می شود.

۳-۱-۲-۵- استفاده از نانو متخلخل های مهماندار در جداسازی گازها

از این مواد می توان در جداسازی گازها سود جست. به این شکل که در حفره های یک ماده نانو متخلخل، یک مهمان ارگانیک قرار داده می شود. این ماده مهمان در حفره ها تحریک پذیر بوده و اندازه، مقدار حجم و پلاریته آنها قابل تغییر می باشد. بنابراین میزان حجم اشغالی حفره تغییر می کند. این مواد مهمان با انقباض خود می توانند گاز را به داخل حفره راه داده سپس با تغییر شرایط و حجیم شدن، گاز وارد شده به درون حفره را از آن برانند.

۳-۱-۲-۶- کاهش آلاینده های حاصل از سوخت های دیزلی با کمک نانوکاتالیست های

ارزان

نوعی از نانوذرات نقره با ساختار hollandite اثر زیادی بر کنترل آلاینده های حاصل از سوخت های دیزلی دارند. محققان آزمایشگاه ملی pn روشی ارزان برای سنتز نانو ذرات نقره توسعه داده اند. این مواد ویژگی های بی نظیر کاتالیستی دارند و می توانند به طور کامل مونو اکسید

نیتروژن، مونواکسید کربن و ها را اکسید کنند. این نانو ذرات باعث کاهش آلودگی آلاینده های موتورهای دیزلی می شوند. محققان pnnl همچنین کشف کرده اند که این نانو ذرات در دماهای پایین جاذب بسیار عالی برای اکسیدهای گوگرد می باشند. بر خلاف بیشتر کاتالیست های اکسیدی که توسط اکسیدهای گوگرد مسموم می شوند این نانو ذرات حتی با جذب مقادیر زیاد اکسیدهای گوگرد فعالیت کاتالیستی خود را حفظ می کنند.

۳-۱-۲-۷- تبدیل نفت خام سنگین به سبک با استفاده از فرآیند هیدروکانورژن

این فرآیند ترکیبی از هیدروژناسیون و کراکینگ کاتالیستی است که به منظور تبدیل ته مانده های سنگین نفت خام به ترکیبات سبک تر مورد استفاده قرار می گیرد. هیدروکانورژن فرآیند شکست کاتالیستی در حضور نانوکاتالیزور و هیدروژن است که از درصد تبدیل بالای (حدود ۹۵ درصد) برخوردار است و چون در فشار عملیاتی پایین انجام می گیرد، تمامی فلزات سنگین را حذف و گوگرد را به حداقل می رساند که به این ترتیب نفت سنگین که از درجه API پایینی برخوردار است به نفت سبک با درجه API بالا تبدیل می شود. این فرآیند که نخستین فرآیند نانوتکنولوژی در نوع خود است که هم اکنون در مرحله افزایش مقیاس به واحد صنعتی است دارای مزایای فنی زیر است :

۱- تشکیل نشدن کک و حذف تمامی فلزات سنگین

۲- کاهش حداقل ۶۰ درصد از گوگرد

۳- قابلیت بازیابی کاتالیست تا ۹۵ درصد

۴- نبود واکنش های پلیمریزاسیون

۵- سادگی عملیات نسبت به شرایط مشابه

۶- انعطاف پذیری بالا نسبت به شدت جریان و ترکیبات فلزات گوگرد

۷- تولید بخار مورد نیاز واحد از بخش بازیابی کاتالیست

۸- ضریب بالای بازدهی سرمایه و هزینه پایین کاتالیست

۹- این فرایند از نظر زیست محیطی در مقایسه با فرآیندهای مشابه که کاتالیست های دورریز آنها حاوی فلزات سنگین هستند، یک فرآیند پاک محسوب می شود.

۳-۱-۲-۸- جداسازی ترکیبات گوگردی از بنزین

ترکیبات گوگردی به خاطر بوی نامطبوع آنها و آلودگی زیست محیطی که ایجاد می کنند، مطلوب نیستند. این ترکیبات در حین سوختن و سرد شدن روی جداره دستگاه ها نشسته و باعث خوردگی می شوند. بنابراین جداسازی ترکیبات مذکور از سوخت موتورهای احتراقی ضروری است. فناوری شیرین سازی و گوگرد زدایی بنزین و دیگر محصولات نفت به نوع ترکیبات گوگردی که بایستی حذف شوند بستگی دارد. پنج فرآیند اساسی برای گوگردزدایی وجود دارد که عبارتند از: واکنش های اکسیداسیون، استخراج حلال، جذب سطحی، کاتالیزور فلزی و گوگردزدایی با هیدروژن.

همانطور که بیان شد، یکی از روش هایی که برای جداسازی این ترکیبات استفاده می شود، استفاده از کاتالیزور فلزی است. برای بالا بردن بازدهی این فرآیند می توان عملکرد کاتالیست را بهبود بخشید. نانولوله های کربنی به علت شکل هندسی لوله ای، تو خالی بودن، بی اثر بودن از لحاظ شیمیایی، ابعاد بسیار کوچک، داشتن سطوح صاف و خواص سطحی ویژه می توانند می توانند به عنوان پایه کاتالیست در این فرآیند عمل کنند. در تحقیقاتی که انجام شده است، حذف

ترکیبات گوگردی از بنزین توسط کاتالیست با پایه نانولوله های کربنی در شرایط ناپیوسته توسط دستگاه GC مورد مطالعه قرار گرفته است.

۳-۱-۲-۹- کاربرد نانوکاتالیست در افزایش عدد اکتان بنزین

با توجه به مصرف زیاد بنزین در دنیا و نیز حجم عظیم آلودگی های حاصل از مصرف این فرآورده که ناشی از وجود ترکیبات الفینی و گوگردی در آن است، ارائه راهکارهایی جهت کاهش حضور این ترکیبات در بنزین ضروری می باشد. از آنجایی که فرآیند کراکینگ کاتالیزوری بستر سیال یکی از اصلی ترین فرآیندهای تولید بنزین در اکثر پالایشگاه ها به حساب می آید، از این رو توجه به بهینه سازی این واحد جهت کاهش ترکیبات مضر در کنار تولید بیشتر، اهمیتی دوچندان خواهد داشت.

تا کنون بررسی های زیادی نیز بر روی بهبود عملکرد این واحد صورت گرفته است که در این بررسی ها، بالاترین توانایی در کاهش ترکیبات الفینی موجود در بنزین خروجی، ۱۸ درصد حجمی بوده است. در سالهای اخیر فناوری ساخت و به کارگیری کاتالیست های زئولیتی بسیار مورد توجه بوده و تحقیقات فراوانی نیز در به کارگیری این کاتالیست ها در ابعاد نانو انجام گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیقات نشان می دهد که به کارگیری نانوکاتالیست ها در فرآیند مذکور، خواص فوق العاده ای را در کاتالیست ها (از جمله فعالیت و پایداری بسیار شدیدتر) سبب می شود.

نانوکاتالیست های تقویت شده به علت سادگی فرآیند، هزینه اندک، تبدیل بالا و کاهش مصرف هیدروژن می توانند تحول شگرفی را در فرآیند کراکینگ کاتالیزوری بستر سیال ایجاد کنند. این نانوکاتالیست های تقویت شده علاوه بر مزایای فوق، در شرایطی کاملا فعال و پایدار می توانند عدد اکتان بنزین را بالا برده و ترکیبات الفینی و گوگردی را در بنزین نهایی به طور چشم گیری کاهش دهند که اثرات مثبت زیست محیطی نیز به دنبال خواهد داشت.

۳-۲- نانو کامپوزیت ها

کاربرد نانوکامپوزیت ها در تهیه بخش های خارجی خودرو بر پایه الفین های گرمانرم نظیر پروپیلن، فیلم های بسته بندی نایلونی، بطری های نگهداری مواد نوشیدنی، لوله های پلیمری، پوشش های کابل و سیم و غیره در حال گسترش است.

شرکت آرگون خواص عبوردهی نانوکامپوزیت های در بسته بندی را تا حدود ۲۵۰۰ درصد اصلاح می کند. یک نوع جدید از این موم ها از جنس نانوکامپوزیت است که می تواند به خوبی کاغذ، جهت روکش تجهیزات استفاده گردد.

از دیگر زمینه های کاربرد نانوکامپوزیت ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

ضد حریق کردن پلاستیک ها، تهیه الیاف و فیلم ها، کاربردهای الکتریکی، سامانه های انتقال دارو، مهندسی بافت، ساختمان سازی، لوازم خانگی و ...

۳-۳- نانو لوله ها

کشف نانوله های چند دیواره در سال ۱۹۹۱، موجب شده است که فعالیت های تحقیقاتی گسترده ای در علوم به بحث نانو ساختارهای کربنی و کاربردهای آنها اختصاص یابد. دلیل عمده ی این مسئله تکامل ساختاری مورد انتظار آنها، اندازه کوچک، چگالی کم، سختی بالا، استحکام بالا (استحکام کششی خارجی ترین جداره ی یک نانولوله کربنی چند دیواره تقریباً ۱۰۰ برابر بیشتر از آلومینیوم است) و خواص عالی الکتریکی آنهاست. در نتیجه نانولوله های کربنی ممکن است به طور گسترده در تقویت مواد، صفحه نمایش مسطح با انتشار میدانی، حسگرهای شیمیایی، دارو رسانی و علم نانو الکترونیک کاربرد یابند. در ادامه به مواردی از کاربردهای نانولوله های کربنی اشاره خواهد شد.

۳-۳-۱- به عنوان تقویت کننده در کامپوزیت ها

نانولوله ها یکی از مستحکم ترین مواد به شمار می روند. این موضوع، کاربرد نانولوله های کربنی را به عنوان ماده ی پرکننده در تولید نانوکامپوزیت ها به خوبی روشن می سازد. کامپوزیت های با پایه نانولوله ی کربنی دارای نسبت استحکام به وزن بالا هستند و مصارف گسترده ای را در صنعت خواهند داشت.

۳-۳-۲- استفاده در نمایشگرهای تشعشع میدانی

یکی از مشکلات دستگاه های نشر میدان امروزی، عدم پایداری میدان های تولیدی در بازه های زمانی طولانی است. این مشکل را می توان با استفاده از نانولوله کربنی حل نمود. بیش از ۷۰۰ مقاله تحقیقاتی در رابطه با کاربردهای نشر میدان نانولوله های کربنی منتشر شده است. این آمار بیانگر اهمیت موضوع است. برای مثال، مزایای استفاده از نمایشگرهای تولید شده با نانولوله ی کربنی نسبت به نمایشگرهای کریستال مایع، سرعت واکنش بالاتر نسبت به محرک های الکتریکی، مصرف انرژی کمتر، درخشندگی مناسب تر، میدان مغناطیسی پایین در هنگام روشن کردن دستگاه و دمای کاری بالاتر است .

بر پایه همین مزیت ها، شرکت هایی مانند سامسونگ و NEC نمایشگرهای رنگی با استفاده از نانولوله کربنی را تولید کرده است. تلویزیون های ساخته شده با این تکنولوژی در اوایل سال ۲۰۰۶ روانه بازار شد.

۳-۳-۳- ساختار تو خالی نانولوله و کاربرد به عنوان ذخیره کننده و پیل سوختی

به طور مثال، با قرار دادن فلزات درون نانولوله ها می توان خواص الکتریکی این مواد را بهبود بخشید. تحقیقات نشان داده است که نانولوله های باز، مثل یک نی توخالی عمل می کنند. این نی های مولکولی می توانند به وسیله عمل موئینگی و تحت شرایط خاص، برخی عناصر را به درون خود بکشند .

همچنین نانولوله های کربنی برای ذخیره نمودن سوخت های آلکانی و هیدروژن و ایجاد پیل های سوختی نیز مورد بررسی قرار گرفته اند. ذخیره ی هیدروژن در داخل نانولوله های کربنی تک دیواره امکان پذیر است. ظرفیت جذب هیدروژن نانولوله های تک دیواره ساخته شده حدود ۳ تا ۵ درصد وزنی نانولوله هاست. بنابراین در مقایسه با دیگر انواع ذخیره سازهای هیدروژن نظیر سیستم هیدروژن مایع، هیدروژن فشرده، هیدریدهای فلزی و سوپرکربن اکتیو، سیستم نانولوله ای کربنی و خصوصاً نانولوله های تک دیواره، بهترین انتخاب برای اهداف مورد نظر بوده و می تواند به عنوان سیستمی سبک، فشرده، نسبتاً ارزان، ایمن و با قابلیت استفاده مجدد در ذخیره سازی هیدروژن مورد استفاده قرار گیرد

نانولوله ها، ساختارهای کربنی توخالی هستند. بنابراین، امکان قرار دادن مواد خارجی در داخل آنها وجود دارد.

۳-۳-۴- ساخت نانوماشین ها با استفاده از نانولوله های کربنی

نانولوله های کربنی همچنین برای استفاده در ساخت نانوماشین ها پیشنهاد شده اند. نانولوله ها به طور مناسبی با ساختارهای مختلف جانشین شده اند که می توانند به عنوان محورها در نانو ماشین ها عمل کنند. ممکن است، نانولوله های مختلف با همدیگر تشکیل چرخدنده دهند تا حرکت چرخشی مختلفی را انتقال دهند. این امر از طریق ساختن دنده های چرخدنده (استخلاف ها) بر روی نانولوله ها می تواند انجام شود.

۳-۳-۵- تهیه الیاف از نانو لوله های کربنی

پژوهشگران موسسه نانو تک در تگزاس در زمینه تهیه الیاف از نانو لوله های کربنی به پیشرفت های چشمگیری دست یافته اند این الیاف محکم و فوق العاده انعطاف پذیر بوده و از نظر حرارتی و الکتریکی رساناست. از این الیاف برای تولید نخ های فلایمینی استفاده می کنند و می توانند جایگزین الیاف معمولی در زمینه فیلترها، جلیقه های نجات، لباس های ضد اشتعال، منسوجات الکترونیکی، ساخت ماهیچه های مصنوعی و ابر خازن ها شوند این الیاف به علت ویژگی های نانو لوله های کربنی به عنوان موادی دوستدار محیط زیست که به مصرف بهینه ی انرژی نیز کمک می نمایند شناخته شده اند.

۳-۳-۶- نانو کامپوزیت های کربنی

نانو کامپوزیت های نانولوله ای کربنی دارای استحکام بیشتری نسبت کامپوزیت های موجود و کامپوزیت های مبتنی بر نانو ذرات هستند از نظر تئوری کاربرد نانو لوله ها در کامپوزیتها به دلیل استحکام کششی بالا مانع مصرف الیاف کربنی در کامپوزیتها خواهد شد. خواص رسانایی یا حفاظت در برابر اشعه نانولوله ها می تواند برای کامپوزیت ها ارزشمند باشد.

۳-۴-۲- نانو حسگرها

۳-۴-۱- نانو حسگرها و کنترل آلودگی هوا

یکی از نیازهای مهم و اساسی در ارتباط با کنترل آلودگی محیط زیست، پایش مستمر آلودگی هواست. با استفاده از نانوحسگرها پیشرفت مؤثری در زمینه ی کنترل آلودگی هوا صورت

گرفته است. یکی از این راهکارها اختراع غبارهای هوشمند می باشد. غبارهای هوشمند مجموعه ای از حسگرهای پیشرفته به صورت نانو رایانه های بسیار سبک هستند که به راحتی ساعتها در هوا معلق باقی می مانند. این ذرات بسیار ریز از سیلیکون ساخته می شوند و می توانند از طریق بی سیم موجود در خود اطلاعات موجود در خود را به یک پایگاه مرکزی منتقل کنند. سرعت این انتقال حدود یک کیلو بایت در ثانیه است. هم چنین حسگرهایی از جنس نانولوله های تک لایه ساخته شده اند که می توانند مولکولهای گازهای سمی را جذب کنند و همچنین آنها قادر به شناسایی تعداد معدودی از گازهای مهلک موجود در محیط هستند. محققان معتقدند این نانوحسگرها برای شناسایی گازهای بیوشیمیایی جنگی و آلاینده های هوا کاربرد خواهند داشت.

۳-۴-۲- نانوحسگرها و مبارزه با انتشار گازهای سمی

انتشار و پخش گازهای مهلک و سمی یکی از خطرات روزمره زندگی صنعتی است. متأسفانه هشدار دهنده های موجود در صنعت اغلب بسیار دیر موفق به شناسایی این گونه گازهای نشتی می شوند. نانوحسگرها که از نانوتیوب های تک لایه به ضخامت حدود یک نانومتر ساخته شده اند و می توانند مولکول های گازهای سمی را جذب کنند. آنها هم چنین قادر به شناسایی تعداد معدودی از مولکول های گازهای مهلک در محیط هستند. محققان مدعی اند که این حسگرها برای شناسایی به هنگام گازهای بیوشیمیایی جنگی، آلاینده های هوا و حتی مولکول های آلی موجود در فضا کاربرد خواهند داشت.

۳-۴-۳- نانو حسگرهای pH

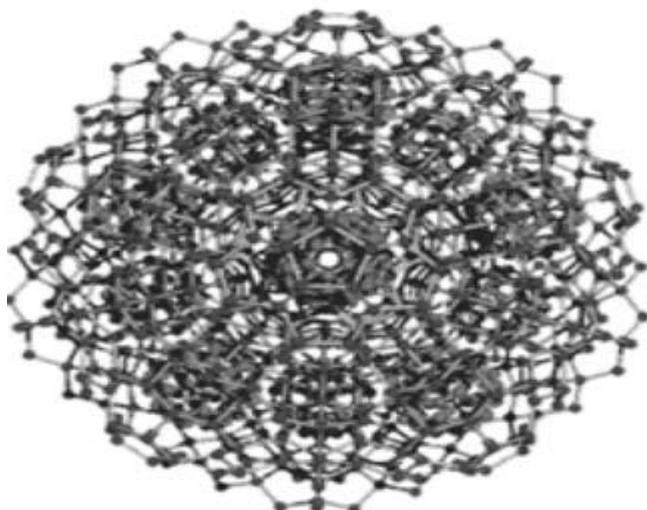
در سال ۲۰۰۱ اولین نمونه برای نشان دادن قابلیت ابزارهای مبتنی بر اثر میدانی نانوسیمها جهت شناسایی گونه‌های محلول ساخته شد. این ابزار یک نمونه از حسگرهای pH برای اندازه‌گیری غلظت یون‌های هیدروژن بود. گروه‌های آمینی و سیلانول از گیرنده‌های یون هیدروژن می‌باشند و این کار را با پروتونه شدن و حذف پروتون انجام داده، باعث تغییر بار سطحی نانوسیمها می‌شوند. این ابزار نانوسیمی Si نوع P، افزایش تدریجی رسانایی را به عنوان pH محلول نشان می‌دهد. افزایش تقریباً خطی رسانایی با pH، از نقطه نظر حسگری که در اثر حضور دو گروه گیرنده، که تحت شرایط pH متفاوت پروتونه و دپروتونه می‌شوند، پدیده جذاب و جالبی است. گیرنده‌های سطحی در تعیین پاسخ حسگرهای نانوسیمی نقش مهمی ایفا می‌کنند. فقط گروه‌های سیلانول می‌توانند به عنوان گیرنده‌های یون هیدروژن در این مورد عمل کنند.

اندازه‌گیری رسانایی به عنوان یک تابع pH، دو ناحیه پاسخ متفاوت را نشان می‌دهد که بر خلاف سطوح نانوسیمی که دارای دو گروه آمینو و سیلانول می‌باشند، تغییرات رسانایی در pH پایین (۲ تا ۶) کوچک بوده اما در pH های بالا (۶ تا ۹) بزرگ‌تر می‌باشد. بنابراین تغییرات وابستگی pH به رسانایی، کاملاً موافق با اندازه‌گیری‌های پیشین وابستگی pH به دانستیه بار سطحی حاصل از سیلیکا می‌باشد. این مقایسه‌ها در آزمایش‌های اخیر به طور کاملاً واضح نشان می‌دهد که مکانسیم حسگری در واقع نتیجه اثرات میدانی مشابه برای اعمال یک ولتاژ در الکترودهای گیت فیزیکی می‌باشد.

۳-۵- نانوخوشه‌ها

نانوبلورها به دلیل سطح آزاد زیاد، دارای کاربردهای زیادی نیز می‌باشند. برای مثال نانوبلورهای AL-Zn به خاطر شکل پذیری بالایی که در دمای اتاق دارند در میراگرها کاربرد دارند.

این شکل پذیری بالا به خاطر سرعت کار سختی پایین این آلیاژ است که این مقدار نسبت به فولادهای با تنش تسلیم پایین خیلی بیشتر است. از آنجایی که این نانوبلورها عناصر زیست مخربی مثل pb ندارند، لذا سازگار با محیط زیست نیز هستند.



شکل ۳-۱) تصویر شماتیکی از زئولیت

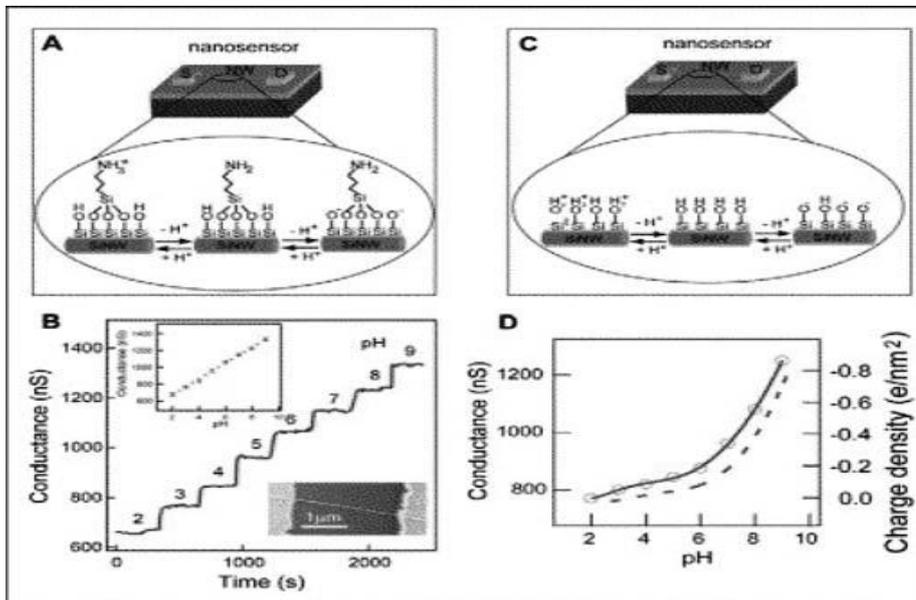
کاربرد دیگر نانوخوشه ها در آلیاژهای رسوب سختی شونده Al-Cu و Al-Zn-Mg است، به این صورت که در مراحل میانی پیرولیز رسوب های نانومتری به صورت خوشه های اتمی تشکیل می شوند که این جوانه ها به جز این که خود مانعی بر سر راه نابجایی هستند، عاملی برای جوانه زنی دیگر خوشه ها نیز می باشند. به این ترتیب با افزایش موانع بر سر نابجایی ها استحکام افزایش می یابد. در شکل ۳-۱ تصویر شماتیکی از یک خوشه زئولیت کلوئیدی که قابلیت حبس کردن اتم ها را درون خود دارد نمایش داده شده است.

۳-۶- نانو سیم ها

۳-۶-۱- مطالعه موردی سنجش PH

بهترین مثال برای نمایش قابلیت و توانایی ابزارهای نانوسیمی با اثر میدانی برای شناسایی مواد و عناصر در محلول های مایع در سال ۲۰۰۱ برای سنجش غلظت یون H یا سنجش PH به نمایش گذاشته شد. یک ابزار نانوسیمی SI نوع P با تغییر دادن سطح اکید سیلیکون به کمک ۳ - آمینو پروپیل تری اکسی سیلان به یک حسگر بدل شده است. این ماده اخیر اتصال گروه های آمینی در سطح نانوسیم و در جوار گروه های سیلانول طبیعی اکسید سیلیکون را باعث می گردد. (شکل ۳-۲-A).

بخش های آمینی و سیلانولی به عنوان گیرنده های یون های هیدروژن عمل می کنند و در واکنش های پروتون دهی و پروتون گیری شرکت می کنند. در نتیجه، شارژ و بار الکتریکی خالص و کلی سطوح نانوسیم ها را تغییر می دهد. همانطور که در شکل ۳-۲ - B نشان داده شده است، ابزارهای نانو سیمی سیلیکونی نوع P همزمان با افزایش تدریجی PH محلول از ۲ به ۹ که از طریق دستگاه ریزسیالی منتقل می گردد، افزایش تدریجی در رسانش خویش را به نمایش می گذارد. افزایش تقریباً خطی در رسانش با افزایش PH در جایگاه یک حسگر جالب و قابل توجه بوده که ناشی از حضور دو گروه گیرنده ای است که در دامنه های مختلفی از PH پروتون گیری و پروتون دهی می کنند. از دیدگاه مکانیکی، افزایش در رسانش همگام با افزایش PH متناسب است با کاهش (افزایش) در بار مثبت (منفی) سطح، که از طریق تجمع حامل های بار سبب روشن شدن ترانزیستور FET نوع P می گردد.



شکل ۲-۳ حسگرهای PH نانوسیمی

نقش کلیدی که حسگرهای محیطی در مشخص کردن پاسخ حسگرهای نانوسیمی بازی می کنند با بررسی دقیق پاسخ PH بدون تغییر در لایه سطحی اکسید سیلیکون مورد ارزیابی بیشتر قرار گرفته است. همانطور که در شکل ۲-۳- C نمایش داده شده، تنها گروه سیلانول می تواند به عنوان یک گیرنده هیدروژنی در این مورد عمل نماید. اندازه گیری رسانش به عنوان تابعی از PH که در شکل ۲-۳- D نشان داده شده، بر خلاف سطوح نانوسیمی که حاوی هر دو نوع گیرنده آمینو و سیلانول می باشند، دو الگوی پاسخ متفاوتی را ارائه می دهد به طوری که رسانش در PH کم (۲ تا ۶) پایین بوده، لیکن در دامنه PH بالا (۶ تا ۹) بیشتر و بالاتر بوده و قابل مقایسه با شکل 1 - B می باشد.

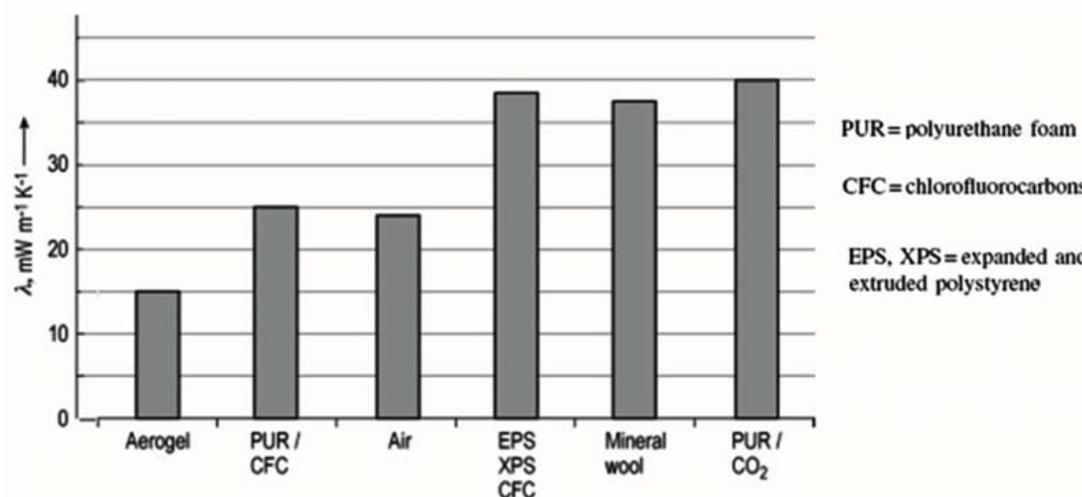
علاوه بر آن، تغییرات رسانشی وابسته به PH مطابقت عالی با اندازه گیری های قبلی چگالی شارژ سطحی متکی به PH در نمونه سیلیکا دارد. این مقایسه در آزمایش های اولیه به وضوح نشان داد که سازوکار حسگری بی شک نتیجه یک اثر میدانی مشابه با اعمال ولتاژ، با استفاده از یک الکتروود گیت فیزیکی می باشد.

۳-۷- آئروژل ها

سیلیکا آئروژل ها پتانسیل زیادی جهت استفاده در زمینه های مختلف را دارا هستند. برخی از کاربردهای این مواد به شرح زیر است:

۳-۷-۱- عایق حرارتی

آئروژل ها کمترین مقدار هدایت گرمائی را نسبت به دیگر عایق ها دارند. شکل ۳-۳ گویای این مطلب است.



شکل ۳-۳) مقایسه کارایی عایق حرارتی آئروژل با برخی از عایق های تجاری

از جمله مزایای دیگر آئروژل ها، آتش گیر نبودن و شفاف بودن آنهاست. این عایق ها در سیستم های گرمایش و سرمایش، باتری های با کاربرد دمای بالا، عایق لوله ها، مخازن تحت گرما و سرما، لوله آگزوز ماشین، به عنوان پوشش جاذب انرژی خورشید در سلول های خورشیدی جهت ذخیره سازی انرژی و ... می توانند به کار برده شوند.

۳-۷-۲- کاربرد کاتالیزوری

اکسیدهایی که برای عملکرد کاتالیزوری مناسب باشند، به فرم آئروژل می توانند سنتز شوند. آئروژل ها به صورت پودر، گرانول و ساختار مونولیت (این مونولیت که در واقع بستری با سطح ویژه زیاد برای قرارگیری مواد کاتالیزوری است معمولا به شکل استوانه ای با سطح مقطع دایره یا بیضی است) می توانند تهیه شوند. کاربرد کاتالیزوری این ترکیبات از سال ۱۹۷۴ مورد تحقیق و بررسی بوده است. برخی از واکنش هایی که آئروژل ها نقش کاتالیزوری ایفا کرده است عبارتند از: نیترو اکسیداسیون هیدروکربن ها به نیتریل ها، هیدروژناسیون نیتروبنزن ها به آنیلین پلیمریزاسیون اتیلن یا پروپیلن، کاتالیزور احتراق در آگروز اتومبیل.

۳-۷-۳- کاربردهای الکتریکی و الکترونیکی

آئروژل های کربنی گزینه مناسبی جهت استفاده در ساختار الکتروود باتری ها و حسگر خازن ها هستند، زیرا مقاومت الکتریکی پائینی از خود نشان می دهند. بالا بودن مساحت سطح در واحد حجم آئروژل ها باعث می شود تا بار الکتریکی بیشتری ذخیره شود و این عملکرد برای حسگرهای خازن بسیار مناسب است. آئروژل های آلی و آئروژل های از نوع اکسید فلزی مواد بسیار مناسبی برای کاربردهای دی الکتریک پایین هستند و می توان از آنها در تهیه عایق های ولتاژ بالا استفاده نمود. فیلم های آئروژل نیز برای ساخت میکروالکترونیک ها مناسب هستند. خاصیت دی الکتریک پایین آئروژل ها باعث بالا رفتن سرعت مدارهای الکتریکی می شود و همچنین ثابت دی الکتریک آئروژل ها قابل کنترل است زیرا با کنترل درجه تخلخل و چگالی این مواد می توان ثابت دی الکتریک را نیز به دلخواه تغییر داد.

۳-۷-۴- کاربردهای آکوستیک

آئروژل ها امیدانس آکوستیک بسیار پایینی دارند و به عنوان کاندیدای مناسبی برای ساخت تجهیزات جاذب صدا و ضربه مطرح هستند. کارآئی عایق آکوستیکی کامپوزیت های سیلیکا آئروژل در محدوده فرکانس پائین، بسیار عالی است.

۳-۷-۵- کاربردهای اپتیکی

امکان استفاده از آئروژل ها در محدوده طول موج های ۱۰۰-۲۰ نانومتر به عنوان فیلترهای نوری وجود دارد. همچنین در ساختار لیزرها و منابع نور رادیولومینسانس نیز کاربرد دارند. فیلم های آئروژل می توانند به عنوان پوشش اپتیک بر روی سلول های خورشیدی نصب شوند زیرا ضریب شکست پایینی دارند. در ضمن این فیلم ها را به لایه خارجی فیبرهای نوری نیز اعمال می کنند تا کارآئی جذب نور و ضریب انتشار بهبود یابد.

۳-۸- برخی از خواص و کاربردهای فولرین ها

همانطور که اشاره شد، پایدارترین و فراوانترین فولرین ها انواع C_{60} و C_{70} هستند. بنابراین بیشتر خواص ذکر شده در مورد فولرین ها نیز روی این دو نوع فولرین متمرکز شده است.

گرمای تشکیل مولکول های C_{60} و C_{70} به ترتیب برابر با $۱/۱۶ \text{ kcal.mol}^{-1}$ و kcal.mol^{-1} ۹/۶۵ است. بنابراین فولرین ها نسبت به ساختارهای دیگر کربنی مثل الماس یا گرافیت از نظر ترمودینامیکی ناپایدارتر هستند چرا که گرمای تشکیل گرافیت و الماس به ترتیب حدود صفر و $۰/۴ \text{ kcal.mol}^{-1}$ است. با افزایش قطر فولرین ها خواص کلی آنها با خواص گرافیت نزدیک تر می شود. برخی از خواص فیزیکی فولرین های C_{60} و C_{70} در جدول (۲-۱) ارائه شده است.

جدول ۳-۲. برخی از خواص فیزیکی C₆₀ و C₇₀ [۱۲].

کمیت (واحد)	مقدار برای C ₆₀	مقدار برای C ₇₀
حجم مولکولی (cm ³)		۱/۸۷×۱۰ ^{-۲۲}
انرژی پیوند اتم‌های کربن (eV)		۷/۴۰
اولین انرژی یونیزاسیون (eV)		۷/۵۸
متوسط فاصله‌ی بین اتم‌های کربن (آنگستروم)		۱/۴۱

فولرین‌ها از نظر مکانیکی مولکول‌های بیش از حد قوی هستند و تحمل فشارهای بسیار زیاد را دارند، به طوری که پس از تحمل فشاری حدود ۳۰۰۰ اتمسفر به شکل اولیه‌ی خود (ساختار کروی فولرین) برمی‌گردند. اخیراً از این خاصیت در تولید کامپوزیت‌ها استفاده شده است. به این ترتیب که فولرین‌ها را به عنوان ماده‌ی پرکننده وارد ماده‌ی زمینه کرده و به این ترتیب تنش تسلیم کامپوزیت‌ها را بهبود می‌بخشند.

مولکول‌های فولرین به وسیله‌ی پیوندهای ضعیفی که ناشی از نیروهای واندروالس بین آنهاست به هم می‌چسبند. این نیروهای نگهدارنده‌ی فولرین‌ها در کنار هم مشابه نیروهای موجود بین لایه‌های موجود در گرافیت است. به عنوان مثال اخیراً از فولرین‌ها به جای گرافیت در کاربردهای روان کاری در مقیاس نانومتری استفاده شده است.

فولرین‌ها در برابر نور بسیار حساس بوده و با تغییر طول موج نور خواص الکتریکی این مواد به شدت تغییر می‌کند. بنابراین کاربردهای فوتونیک زیادی برای این مواد در آینده متصور شده است [۱۳و۴].

فصل ۴

نانو مواد در صنایع مختلف

۴-۱- نانو کاتالیست ها در صنایع مختلف

۴-۱-۱- نانو کاتالیست ها در پتروشیمی

وجود کاتالیزورهای کارا و انتخاب پذیر به معنای کاهش تصاعدی هزینه های جاری و ثابت واحدهای پتروشیمی است. در فرآیندهای کاتالیزوری مختلف معمولا از پایه های بسیار متخلخلی استفاده می شود که اندازه آنها در حد نانومتر است. با این وجود تنها مواد موسوم به زئولیت، اندازه حفره کاملا تعریف شده ای دارند. مواد نانوحفره ای منظم نه تنها باعث انتخاب پذیری واکنش های شیمیایی می شوند، بلکه به عنوان پایه های ارزانی برای جذب یا فیلتراسیون مولکول پیچیده به حساب می آیند. در صورتی که پایه های نانوحفره ای به خوبی توسعه یابند، می توان از یکی دیگر از امکانات فناوری نانو یعنی نانو خوشه ها در کاتالیزور سود جست. خوشه هایی که از ۱۲ تا ۵۰ اتم تشکیل شده باشند، خواصی متفاوت با اتم های منفرد و توده ای دارند. این خوشه ها با عنوان اتم های مجازی می توانند خواصی را از خود بروز دهند که هیچ یک از عناصر جدول تناوبی نداشته باشند. از این رو از نانوخوشه ها می توان به عنوان کاتالیزورهایی با خواص نوین استفاده کرد.

۴-۱-۲- نانو کاتالیست ها در محیط زیست

از زمینه های دیگر کاربردهای مواد نانو ساختاری، استفاده از آنها بعنوان کاتالیزورهای زیست محیطی برای تصفیه خروجی آگزوز اتوموبیلها و پالایش آب و هواست. استاندارد مربوط به گازهای خروجی از آگزوز اتوموبیل ها روزبه روز سخت گیرانه تر و دقیق تر می شود. از این رو نیاز به کاتالیزورهای پیشرفته تر از پیش احساس می شود. کاتالیزورهای رایج که اغلب پایه پلاتینی دارند، اگرچه راندمانشان کافی است اما بسیار گران قیمت هستند. به همین جهت، کاتالیزورهای نانو ساختاری بعنوان جایگزین ارزان قیمت کاتالیزورهای یاد شده مورد

توجه هستند. سرعت و راندمان بالای کاتالیستهای نانویی باعث اقتصادی تر شدن این فرآیند ها شده است. شرکتهای تولید و فرآوری محصولات شیمیایی و نفتی از کاتالیزورهای نانوساختاری برای حذف مواد آلوده کننده استفاده می کنند. نانوذرات دارای سطح بیشتری بوده و فعالیت کاتالیزوری بیشتری را بوجود می آورند.

۲-۴-۲- نانوکامپوزیت ها در صنایع مختلف

۲-۴-۱- کاربرد نانو کامپوزیتها در مته های حفاری و حفاری اکتشافی صنایع بالادستی

نفت

در فرآیند اکتشاف نفت پس از انجام مطالعات زمین شناختی سطح الارضی و نمونه گیری های در عمق کم (تا ۱۰ متر) و انجام لرزه نگاری، به حفر چاه اکتشافی در جایی که تصور می شود نفت وجود دارد اقدام می شود. در حفاری اکتشافی ممکن است به نفت دست یافته شود و یا اینکه در تشخیص محل مخزن اشتباهی رخ دهد. با توجه به عدم شناخت کامل از منطقه، در حفاری اکتشافی خطرات بیشتری نهفته است زیرا احتمال هرزروی کامل گل حفاری و متعاقب آن گیر کردن ابزارهای حفاری درون چاه و یا احتمال برخورد با لایه های غیرعادی پرفشار که منجر به فوران چاه می شود، وجود دارد. مته که در پایین ترین قسمت رشته حفاری یک چاه در حال حفر قرار دارد، وظیفه خرد کردن سنگ ها را بر عهده دارد.



شکل ۴-۱) انواعی از مته های حفاری

بیشترین تنش وارده در عملیات حفاری، به مته‌های حفاری است. مته‌های حفاری، جزء قسمت‌هایی از رشته حفاری هستند که مرتباً در حال فرسایش می‌باشند و پس از حفر یک متر از مشخص، کارایی خود را از دست می‌دهند و بایستی جایگزین شوند. بنابراین مواد جدیدی که مته‌ها را در برابر خوردگی فرسایش مقاوم‌تر نمایند در این بخش بسیار مفید هستند.

کاربرد اصلی نانوتکنولوژی در مته‌های حفاری به صورت نانوپوشش می‌باشد. این پوشش‌ها را با توجه به سختی آنها، به دو گروه مجزا تقسیم می‌کنند: (۱) پوشش‌های سخت که دارای سختی کوچکتر از ۴۰ GPa می‌باشند و (۲) پوشش‌های ابر سخت که دارای سختی بیشتر از ۴۰ GPa می‌باشند. تعداد پوشش‌های سخت در مقایسه با پوشش‌های ابرسخت مانند نیتريد بور (دارای ساختار مکعبی (BN - c))، الماس واره‌های بی شکل (DLC)، نیتريد‌های کربن بی شکل (α -CNx) و الماس‌های پلی کریستال، بسیار زیاد است. و این پوشش‌های ابرسخت از لحاظ ترمودینامیکی به شدت ناپایدار هستند. این ناپایداری گاهاً باعث حل شدن یکی از عناصر ترکیب درون ماده ریز پایه خواهد شد.

پوشش‌های ابرسخت چند لایه‌ی نانومتری هستند که به طور معمول از دو لایه مختلف ساخته شده‌اند. ضخامت این لایه‌ها در محدوده ۵ تا ۱۰ نانومتر است. این لایه‌های دوتایی می‌توانند لایه‌های فلزی، نیتريدی، یا اکسیدی یا ترکیبی از فلز و دیگر ترکیبات باشند.

با توجه به ترکیب شیمیایی، پوشش‌های سخت ابرسخت به ۵ گروه تقسیم بندی می‌گردند:

(۱) ابرسخت‌های فلزی که سختی پوشش‌های ابرسخت فلزی بسیار کم است.

(۲) ابرسخت‌های نیتريدی که سختی این پوشش‌ها در محدوده ۴۵ تا ۵۵ گیگا پاسکال می‌باشد.

(۳) ابرسخت‌های کربیدی که سختی این پوشش‌ها در محدوده نیز در محدوده ۴۵ تا ۵۵ گیگا

پاسکال می‌باشد.

(۴) ابرسخت‌ها اکسیدی

۵) ابر ساختارهای نیتريدی - کربيدی يا ابر ساختارهای اکسيد / فلزی.

منتهی اين پوشش ها در مقایسه با پوشش های نانوکامپوزیتی در راستای پوشش، تغییرات سختی دارد چرا که نفوذ بين فازي اجزای لایه های مجاور باعث کاهش سختی آن در دماهای بالا خواهد شد که اين مشکل از طریق تولید پوشش های نانوکامپوزیتی برطرف شده است.

۲-۲-۴- نانوکامپوزیت ها و صنایع بسته بندی

با استفاده از فناوری نانو و از جمله نانوکامپوزیت می توان خواص مواد غذایی را بهبود بخشید. اهداف پژوهشگران برای به کارگیری فناوری نانو در صنعت بسته بندی به طور کلی عبارتند از:

ارتباط موثرتر با مصرف کننده

بسته بندی هایی که راحت تر باز شده، مصرف آنها راحت تر بوده و اتلاف آن ها کمتر است.

بسته بندی هایی که کار آن ها فقط پوشاندن محصول نبوده و علاوه بر محافظت از آن، اطلاعاتی را نیز در اختیار مصرف کننده قرار می دهند.

تولید محصولاتی با استفاده راحت تر و موثرتر

محصولات گرم/خنک

کمک به نگهداری

بررسی کیفیت و سالم بودن محصولات غذایی

کمک به جلوگیری از بروز خطا

امکان ردگیری محصول و تولیدکننده

جلوگیری از جعل و تقلب

۳-۴- نانو لوله ها در صنایع گوناگون

۳-۴-۱- استفاده از نانولوله های تک دیواره در صنعت الکترونیک

نانولوله ها به میزان قابل توجهی سخت و قوی بوده و هادی جریان الکتریسیته و گرما می باشند. این خواص سبب استفاده از این مواد در صنعت الکترونیک شده است.

نانولوله های کربنی سیم های مولکولی بزرگی هستند که الکترون می تواند آزادانه در آن حرکت کند و رفتار آنها پیچیده است. در این راستا رفتار نانولوله های چند دیواره بسیار پیچیده تر از تک دیواره است زیرا لایه های کناری روی یکدیگر تأثیر می گذارند. مدل سازی چنین اثراتی از موضوعات تحقیقاتی در حال حاضر می باشد. محققان امیدوارند که ابعاد سیم ها یا قطعات را از طریق جایگزینی با نانولوله به حدود نانومتر یا کمتر برسانند. این قطعات در کنار مدارات الکترونیکی می توانند خیلی سریع تر و با توان کمتر از مدارات کنونی کار کنند.

لامپ های تولید شده با نانولوله های کربنی هزینه تولید کمتری دارند. به علاوه عمر طولانی تر و ثبات رنگ بیشتر نسبت به لامپ های معمولی، از مزایای دیگر این لامپ هاست.

۳-۴-۲- کاربرد های پزشکی

کربن به عنوان یک بیوسرامیک در بيو فناوری کاربرد های وسیعی یافته و در حال حاضر نیز مطالعاتی در باره فعال سازی شیمیایی نانو لوله ها برای ساخت هیبرید های نانولوله - مولکول جهت کاربرد در داربست ها رشد سلول وبافت ویبوسنسور ها با کارایی بالا انجام گرفته است این

نانولوله ها میتوانند به عنوان داربست بافت سلول ها عصبی ایفای نقش نمایند از دیگر کاربردهای آن در زمینه پزشکی میتوان به درمان آسیب دیدگی مغز- دارو رسانی به سلولهای آسیب دیده ، از بین بردن تومور های سرطانی و ژن درمانی اشاره کرد.

۴-۳-۳- کاربرد ها در صنعت نفت

استفاده از نانو لوله های کربنی به عنوان نانو کاتالیست برای جذب و ذخیره سازی گاز طبیعی و هیدروژن، سولفورزدایی از نفت خام و تولید سوخت (جی تی ال)

۴-۴- نانو حسگرها در صنایع گوناگون

نانوحسگرها و حسگرهای توانمند شده با فناوری نانو کاربردهای مختلفی در صنایع گوناگون مانند حمل و نقل، ارتباطات، ساخت و ساز و تسهیلات رفاهی، پزشکی، سلامتی، و دفاعی دارند. از میان این حسگرها می توان به حسگرهای نانوسیمی که مواد شیمیایی و زیستی را تشخیص می دهند، نانوحسگرهایی که در سلول های خونی قرار داده شده و بسیار سریع آسیب های ناشی از تشعشع را در فضاوردان تشخیص می دهند و نانوپوسته هایی که تومورها را تشخیص داده و از بین می برند، اشاره کرد. در بخش نظامی و امنیت ملی نیز احتیاج به حسگرهای بسیار حساسی است که بتوانند به صورت گسترده توزیع شوند تا به کمک آنها بتوان تشعشعات و بیوسم های زیستی را مورد بررسی قرار داد. در زمینه پزشکی نیاز به حسگرهای بسیار حساسی به صورت آزمایشگاه هایی بر روی تراشه است که بتوانند کوچک ترین علائم نشان دهنده سرطان را شناسایی کنند. در صنایع هوافضا احتیاج به نانوحسگرهایی است که در بدنه هواپیماها به عنوان سیستم هشداردهنده ثابت قرار بگیرند و مشخص کنند که چه زمانی هواپیما احتیاج به تعمیرات دارد .

در صنایع اتومبیل می‌توان از نانوحسگرها برای مصرف بهینه سوخت استفاده کرد. همچنین در اتومبیل‌های گران‌قیمت می‌توان برای بهبود وضعیت صندلی و وضعیت کنترل‌های موجود به تناسب حالت‌های مختلف بدن، این نانوحسگرها را مورد استفاده قرار داد. در بخش نظامی و امنیت ملی نیز احتیاج به حسگرهای بسیار حساسی است که بتوانند به صورت گسترده توزیع شوند تا به کمک آنها بتوان تشعشعات و بیوسم‌های زیستی را مورد بررسی قرار داد. در زمینه پزشکی نیاز به حسگرهای بسیار حساسی به صورت آزمایشگاه‌هایی بر روی تراشه است که بتوانند کوچک‌ترین علائم نشان‌دهنده سرطان را شناسایی کنند. در صنایع هوافضا احتیاج به نانوحسگرهایی است که در بدنه هواپیماها به عنوان سیستم هشداردهنده ثابت قرار بگیرند و مشخص کنند که چه زمانی هواپیما احتیاج به تعمیرات دارد. تشخیص گونه‌های شیمیایی و زیستی از اساسی‌ترین فعالیت‌ها در عرصه‌های علوم زیستی و پزشکی می‌باشد. از این رو، توسعه ابزار جدیدی که قادر به آنالیز مستقیم، حساس و سریع این گونه‌ها باشد، می‌تواند جهشی در روش‌های تشخیص ایجاد کند. ادوات مبتنی بر نانوسیم‌ها دسته‌ای قوی و عمومی از حسگرهای الکتریکی و بسیار حساس می‌باشند، که می‌توانند گونه‌های شیمیایی و زیستی را به طور مستقیم شناسایی کنند.

نانوساختارهایی مانند نانوسیم‌ها و نانوبلورها، فرصت‌های بی‌نظیری و جدیدی را در این عرصه بین رشته‌ای ارائه می‌کنند. اندازه این نانوساختارها در حد گونه‌های شیمیایی و زیستی می‌باشند و در نتیجه می‌توانند پیام‌هایی عالی برای تشخیص ایجاد کنند، که این کارها توسط ابزار ماکروسکوپی غیرممکن می‌باشد. نانوسیم‌ها و نانوبلورهای معدنی به علت ویژگی‌های الکتریکی و نوری بی‌نظیرشان، می‌توانند در حسگری به کار روند. میزان رنگ قابل تنظیم نانوبلورهای نیمه‌رسانا به همراه نشر قوی و گسترده این مواد، باعث ایجاد فرصت‌های جدید برای برچسب زنی و شناسایی نوری گونه‌های زیستی خواهد شد. ویژگی‌های کلیدزنی نوری نانوسیم‌های نیمه‌رسانا، باعث ایجاد نوعی حسگری مستقیم می‌شود.

۴-۴-۱- کاربرد نانو حسگرها در صنایع بالادستی نفت

یکی از تکنیکهای رایج در اکتشاف نفت و گاز، لرزه نگاری (Seismic) است. لرزه نگاری عبارتست از ایجاد انفجار در نقاط مختلف روی زمین و ثبت لرزه‌های ایجاد شده. ساختار کلی لایه‌های زمین و مخزن بدست آورده می‌شود. این فرآیند بر اساس تفاوت سرعت حرکت صوت در لایه‌های مختلف انجام می‌گیرد. لرزه‌نگاری به صورت یک بعدی، دو بعدی، و سه بعدی انجام می‌شود. از این طریق می‌توان تشخیص داد که لایه‌های مختلف حاوی گاز، نفت یا آب هستند. لرزه‌نگاری چهاربعدی همان لرزه‌نگاری سه‌بعدی است که در زمان‌های مختلف انجام می‌شود و از طریق آن می‌توان نحوه پیشروی سیالات مختلف را تشخیص داد. به نظر می‌رسد با کاربرد نانوتکنولوژی در ایجاد حسگرهای جدید می‌توان ثبت لرزه‌ها را به صورت دقیق‌تر انجام داد زیرا امکان وارد کردن نانو سنسورها در لایه‌های مختلف زمین و ثبت لرزه‌ها از موقعیت‌های متنوع‌تر وجود دارد.

در این بخش یک نوع حسگرهای صوتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، که ژئوفون نام دارد. این حسگرها با ثبت اطلاعات به صورت صوتی و بازیابی آنها پس از عملیات لرزه‌نگاری مورد استفاده قرار می‌گیرند. نانوتکنولوژی می‌تواند علاوه بر پیشرفت فوق با نانو ساختار کردن ژئوفون‌ها به عملکرد سریع و ثبت اطلاعات صوتی دقیق‌تر منجر گردد.

محققان نشان دادند که یکی از انواع سنسورهای میکرو الکترومکانیکی کربنی کارآیی مناسبی در گستره وسیعی از بیومواد و مواد شیمیایی دارد. با استفاده از روش تولید این حسگرها می‌توان ساختارهای کربنی میکروالکترومکانیکی با "ضریب طول" بزرگ‌تر از ۱۰ تولید کرد.

باتکنیک تولید MEMS - C می‌توان گستره وسیعی از MEMS ها و NEMS ها با "ضریب

طول" بالا که قابلیت شارژ / دشارژ شدن توسط یون Li را دارند، تولید کرد. این سیستم‌ها پتانسیل

تولید آرایه باتری‌هایی از مواد هوشمند قابل سوئیچ را خواهند داشت. تکنیک تولید C – NEMS ها با استفاده از نانو ساخت و با کنترل روش پیرولیز می‌باشد.

نیاز به مینیاتوری کردن ساختارها، سرعت‌های بالاتر، اتلاف حرارت بهتر، مصرف توان کمتر و سازگاری بیشتر با محیط زیست در تولید این سنسورها باعث اقبال عمومی زیاد آنها شده است .

آقای "جونگ‌کیم" از دانشگاه تگزاس در کنفرانس نانوتکنولوژی انجمن مهندسين برق آمریکا تکنولوژی "شناوری مغناطیسی با دقت بالا" را که در بسیاری از زمینه‌های تحقیقاتی نانوتکنولوژی و سایر تکنولوژی‌هایی که براساس اندازه‌گیری دقیق حرکات و نیروها کار می‌کنند، مورد بررسی قرار داده است. این تکنولوژی‌ها شامل ساختن ساختارهای نانومقیاس، کاربری در مقیاس اتمی، سرهم‌بندی میکروقطعات و آشکارسازهای حرکات لرزه‌ای می‌باشند. با توجه به کاربرد گسترده تکنولوژی مورد نظر در علوم و مهندسی نانو، کاربرد آن در فعالیت‌های بالادستی نفت از جمله لرزه‌نگاری نیز محتمل است.

همچنین شرکت‌های BP و Shell نیز برای کشف و استخراج میدان‌های جدید نفت و گاز از تکنولوژی‌های نانو در تصویر برداری لرزه‌ای و لرزه‌نگاری چهاربعدی استفاده می‌کنند.

۴-۲- کاربرد نانو حسگرها در صنایع فضا

فناوری نانو در ماموریت‌های فضایی آینده نقش مهمی خواهد داشت. نانو حسگرها، موادی بسیار بهبود یافته با عملکرد بالا، یا سیستم‌های پیشران بسیار کارآمد، تنها نمونه‌ای از کاربرد فناوری نانو هستند.

به گزارش پایگاه اینترنتی فناوری نانو، حفاظت در برابر تابش از کاربردهای اساسی فناوری نانو در سفرهای فضایی است . به گفته دانشمندان ناسا، خطر قرار گرفتن در معرض تابش‌های فضایی مهم‌ترین عامل محدودکننده طول مدت سفرهای فضایی است و لذا هم اکنون تحقیقات فراوانی به‌طور خاص در این زمینه در حال انجام است.

طراحان سفینه‌های فضایی به این منظور و نیز رفع مشکلاتی مانند بی وزنی و دوام ساختار، به دنبال موادی هستند که بتواند به آنها در توسعه و ساخت روکش چند کاره بدنه سفینه‌های فضایی (نانو حسگرهایی که بتواند حفاظت موثری در برابر تابشهای فضایی ایجاد کرده و ذخیره انرژی خوبی هم داشته باشد) کمک کند. به اعتقاد دانشمندان نانو مواد پیشرفته‌ای مانند نانولوله‌های ایزوتوپی غنی شده با بور می‌تواند برای این منظور کاملاً مناسب باشد. تابشهای فضایی به لحاظ کمی کاملاً با آنچه بشر در روی زمین با آن مواجه است تفاوت دارد. یک فضاورد به محض خروج از میدان مغناطیسی و اتمسفر محافظ زمین، در معرض تابش‌های یونیزه‌کننده‌ای به صورت ذرات اتمی باردار قرار می‌گیرد که با سرعتی نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کنند.

این ذرات پر انرژی (HZE) دارای بار زیادی بوده و بیشترین خطر را برای انسان در فضا دارند. قرار گرفتن طولانی مدت در برابر این تابشها موجب آسیب دیدن دی ان ای (DNA) و بروز سرطان می‌شود. بور یکی از مواد محافظی است که دانشمندان مشغول بررسی قابلیت آن هستند. در واقع دانشمندان از دهه (۱۹۳۰) نسبت به توانایی این ماده در به دام اندازی نوترون‌ها آگاهی داشتند و در شمارشگر "گایگر" از آن به عنوان محافظ تابش و نیز لایه محافظ راکتورهای هسته‌ای استفاده می‌کردند.

نانولوله‌های بور به دلیل داشتن ساختاری مشابه با نانولوله‌های شناخته شده کربنی‌ها بسیاری از خواص عالی آنها را داشته و حتی نسبت به آنها از برخی خواص بهتری مانند پایداری شیمیایی بالا، مقاومت اکسیداسیون بالا در دماهای بالا برخوردارند و یک نیمه هادی پایدار با شکاف باندی پهن به شمار می‌آیند.

به همین دلیل می‌توان آنها را به صورت روان‌کننده جامد در کاربردهای دما بالا یا محیطهای خورنده‌ای مانند باتری‌ها، پیل‌های سوختی، ابر خازن‌ها و ماشینهای پر سرعت به کار برد. محققان برای اولین بار موفق شدند ترکیبی با بازدهی بالا و به مقدار زیاد از این نانولوله‌ها را با استفاده از روش آسیاب توپی یا فرآیند گداخت تولید کنند. آنها در مقاله خود با عنوان "غنی‌سازی نانولوله‌ها

با ایزوتوپ نیتريد بور" به نقش ویژه آسیاب تویی پراثری در کاهش دمای نیتراسیون، که در نهایت به رشد لوله‌های نازک استوانه‌ای منجر می‌شود، اشاره کرده‌اند. از جمله کاربردهای ویژه این ماده می‌توان به حفاظت در برابر تابش، مواد چندکاره برای ذخیره انرژی، حفاظت محیط زیست، صنایع هسته‌ای، حسگرها و نیز بدنه خارجی سفینه‌های فضایی، کاربردهای نوترون در پزشکی و تشخیص و درمان سرطان اشاره کرد. چندین سال قبل ناسا از محققان خواسته بود تا نمونه نانولوله‌هایی را بسازند تا به‌طور آزمایشی در ایستگاه‌های فضایی مورد استفاده قرار گیرد و هم‌اکنون محققان در حال مذاکره برای کاربردهای احتمالی آنها در مأموریت‌های فضایی و نیز کاربردهای احتمالی نانولوله‌های بور هستند.

در حال حاضر آزمایش‌های تابشی روی این نانولوله‌ها در حال انجام است. از نانولوله‌های بورمی‌توان نه تنها در صنایع فضایی، بلکه در موارد متعدد دیگری مانند حفاظهای تابشی محکم، ارزان و سبک استفاده کرد. به جز این کاربرد، نانو در عصر فضا کاربردهای دیگری هم دارد برای مثال نانو روبات‌ها به خاطر وزن کم و مصرف انرژی پایین و ... در چند سال آینده کاربرد گسترده‌ای در عصر فضا پیدا خواهند کرد. اما نانو روبات چیست؟ نانو روبات مجموعه از نانو تیوپها و نانو کامپیوترها و نانو حسگرها است که به صورت هماهنگ عمل میکنند و یک روبات را به وجود می‌آورند به این روبات‌ها Swarms گفته میشود.

کاربرد دیگر نانو در علم فضا حل یک معضل بزرگ در ماهواره‌ها و فضاپیماهاست. میدانیم که فضاپیماها به خاطر تابش مستقیم نور خورشید بسیار گرم میشوند و بدنه فضاپیما منبسط میشود در حالی که سطح داخلی و دیگر قسمتهایی که رو به نور نیست کمتر از سطح رو به نور خورشید منبسط میشوند. با استفاده از مواد هوشمند (که به وسیله علم نانو ایجاد میشوند) و با استفاده از کامپیوترهایی در همین ابعاد، اختلاف فشار ایجاد شده برطرف می‌شود.

از نانو همچنین در ساخت لباس فضانوردان استفاده خواهد شد لباس فضانوردان در عین داشتن مقاومت بالا و جذب نکردن و عبور ندادن پرتو‌ها و تشعشعات کیهانی باید راحت و سبک

باشد و علم نانو ساخت چنین موادی را ممکن ساخته است. از دیگر استفاده های نانو تکنولوژی میتوان از بالابر های فضایی نام برد و همچنین در به وجود آوردن محیطی مناسب در کرات دیگر برای رشد گیاهان کاربرد نانوحسگر ها مسلم شده است.

- [1]. Charles P., Poole Jr, Frank J. Owens, *Introduction to Nanotechnology*, John Wiley & Sons Inc, 2003.
- [2]. <http://www.newmaterials.com>.
- [3]. Mark A. Ratner, Daniel Ratner, *Nanotechnology: a Gentle Introduction to the Big Idea*, Prentice Hall Professional Technical Reference, 2003.
- [4]. <http://www.irannano.org>.
- [5]. <http://www.nanotechwwb.org>.
- [6]. P. Moriarty, *Nanostructured materials*, Phys. 64, 2001.
- [7]. M. Di Ventra, *Introduction to Nanoscale Science and Technology*, Springer, 2004.
- [8]. Henrik Bruus, *Introduction to Nanotechnology*, Mic Technical University of Denmark, 2004.
- [9]. T. Sheetza, J. Vidalb, T. D. Pearsonc, K. Lozano, *Nanotechnology: Awareness and societal concerns*, Technology in Society 27, 2005.
- [10]. M. Meyyappan, *Carbon Nanotubes Science and Application*, CRC Press, 2005.
- [11]. <http://www.aftab.ir>
- [12]. Huger o. Pierson, *Handbook of Carbon, Graphite, Diamond, and Fullerenes: Properties, Processing, and Application*, Noyes Publications, 1993.
- [13]. A. Hirsch, M. Brettreich, *Fullerenes*, Cientifica Ltd., 2003.
- [14]. Karl M. Kadish, Rodney S. Ruoff, *Fullerenes: Chemistry, Physics and Technology*, John Wiley & Sons Inc., 2000.
- [15]. M. Meyyappan, *Carbon Nanotubes Science and Application*, CRC Press, 2005.
- [16]. Valentin N. Popov, *Carbon Nanotubes: Properties and Application*, Matter Sci. Eng. R 43, 2004.
- [17]. <http://www.pa.msu.edu/cmp/csc/nanotube.html>
- [18]. M. Terrones, *Carbon Nanotubes: Synthesis and Properties, electronic devices and other emerging application*, International Materials Reviews, 49, 2004.
- [19]. <http://www.enano.blogtak.com/post-17613.html>

- [20]. N. Demoney, O. Stephan, N. Brun, C. Colliex, A. Loiseau, H. Pascard, *Filling carbon nanotubes with metals by the arc-discharge method: key role of sulfure*, Euro. Phys. J. B 4, 1998.
- [21]. K. Graham, M. Ouyang, T. Raether, T. Grafe, B. McDonald, *paul Knauf Polymeric Nanofibers in Air Filtration Applications*, MN 55440, 2003.
- [22]. C. Shin, G. G. Chase, D.H. Reneker, *Recycled Expanded Polystyrene Nanofibers Applied in Filter Media*, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 262, 2005
- [23]. <http://www.azonano.com>
- [24]. <http://www.nanocor.com>
- [25]. <http://www.nano.ir>