مقدمه:

در این فصل از پژوهش به بررسی نانولوله‌های کربنی و کاربردهای آن، تعریف و تشریح واژگان و اصطلاحات پژوهش پرداخته میشود

۲-۱ مفهوم و تعریف نانولوله‌های کربنی :

کربن به چهار صورت مختلف در طبیعت یافت میشود که همه این چهار فرم جامد میباشند و در ساختار آنها اتمهای کربن بصورت کاملا منظم در کنار هم قرار گرفته اند

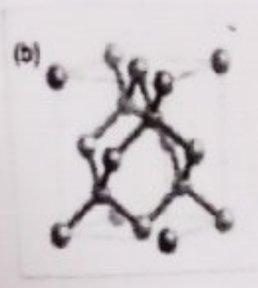
۱-گرافیت

۲-الماس

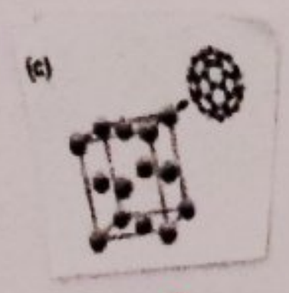
۳-نانولوله‌ها

۴-فولرن

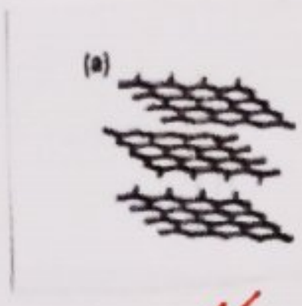
۳- نانولوله‌ها



۲- الماس

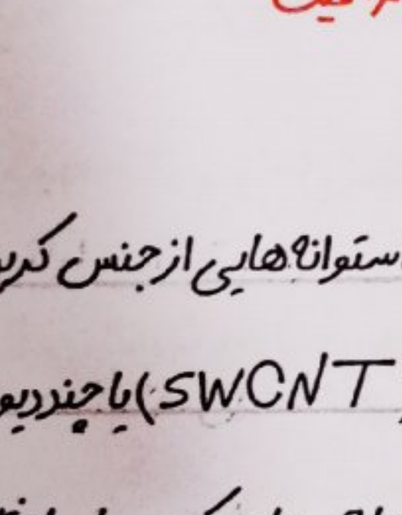


۴- فولرن

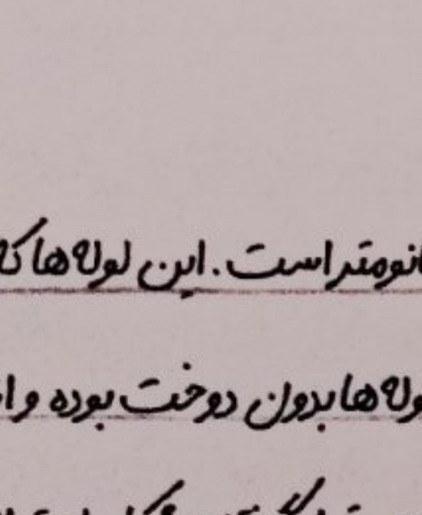


۱- گرافیت

نانولوله‌های کربنی (CNT) استوانه‌هایی از جنس کربن هستند که قطر دیواره آن ها در حد نانومتر است. این لوله‌ها که انتهای بازیا بسته دارند به صورت تک دیواره (SWCNT) یا چند دیواره (MWCNT) هستند. این لوله‌ها بدون درخت بوده و از یک یا چند لایه کربنی ساخته شده اند در این لوله‌ها اتم های کربن با ساختار شش ضلعی و حلقوی تو خالی کنار هم قرار گرفتند و شکل استوانه‌ای با ساختار داده اند



نانولوله تک دیواره (SWCNT)



نانولوله چند دیواره (MWCNT)

چون بین اتم های کربن در این ساختار پیوند قوی برقرار است و به علت داشتن ساختار نانو، رسانایی گرمایی و مقاومت کششی در این لوله ها بالاست. این مواد فلز بوده و خاصیت شبه رسانایی دارند. این لوله ها دارای تقارن مارپیچی و تقارن انتقالی در امتداد محور لوله و بعضی دارای تقارن مرکزی هستند. (از کتاب Ajayan ص ۳۹۱ و ۳۹۲) ۱۵

نانو لوله های کربنی دگر شکل هایی از کربن یا یک نانو ساختار هستند که نسبت طول به قطر آنها میتواند بزرگتر از یک میلیون باشد. این مولکول های کربن استوانه ای شکل خواص جدیدی دارند که در بسیاری از زمینه های نانو تکنولوژی مفید واقع میشوند. (بانشی و همکاران ص ۲ مقاله) ۱۳

نانو لوله های کربنی به دلیل خواص منحصر به فرد، کاربردهای گوناگونی دارند.

۲-۲ خالص سازی نانو لوله های کربنی و شرایط لازم برای استفاده از آن:

نانو لوله های کربنی به دلیل سطح آب گریز تمایل به تجمع دارند، بنابراین برای پراکندگی بهتر در محلول ها و پلیمرها سطح آن ها با گروه های عاملی مختلف اصلاح می شوند. برای حذف ناخالصی های حین سنتز، خالص سازی نانو لوله ها قبل از عامل دار سازی ضروری است.

نانو لوله های کربنی با دو روش فیزیکی و شیمیایی خالص سازی می شوند.

Department of P[illegible]ny
University of North Carolina at Chapel Hill
Chapel Hill, NC 27599-3255, USA
Zhou@physics.unc.edu

بخش اول فصل دوم

Abstract. Carbon nanotubes have attracted the fancy of many scientists worldwide. The small dimensions, strength and the remarkable physical properties of these structures make them a very unique material with a whole range of promising applications. In this review we describe some of the important materials science applications of carbon nanotubes. Specifically we discuss the electronic and electrochemical applications of nanotubes, nanotubes as mechanical reinforcements in high performance composites, nanotube-based field emitters, and their use as nanoprobes in metrology and biological and chemical investigations, and as templates for the creation of other nanostructures. Electronic properties and device applications of nanotubes are treated elsewhere in the book. The challenges that ensue in realizing some of these applications are also discussed from the point of view of manufacturing, processing, and cost considerations.

31°C Mostly cloudy
9:25
9/3/

1.2-(بانشی و همکاران).pdf - Adobe Acrobat Reader DC (32-bit)
File Edit View Sign Window Help
Home Tools 1.2-(بانشی و همکارا...
2 / 11 135%

محمدرضا بانشی*[1]، محمد علی‌پورطلب[1]، علی زارع گری[1]

بخش یکم از فصل دوم

چکیده

نانولوله‌های کربنی دگرشکل‌هایی از کربن با یک نانو ساختار هستند که نسبت طول به قطر آن‌ها می‌تواند بزرگ‌تر از ۱۰۰۰۰۰۰ باشد. این مولکول‌های کربن استوانه‌ای شکل خواص جدیدی دارند که در بسیاری از کاربردهای نانو تکنولوژی مفید واقع می‌شوند؛ بنابراین تمام محدوده‌ی خواص مهم برای تکنولوژی را پوشش می‌دهند. نانولوله‌ها به دو دسته‌ی تک جداره و چند جداره تقسیم می‌شوند و دانشمندان به‌ندرت شروع به استفاده از پتانسیل این ساختارها کرده‌اند. نانولوله‌ی کربنی نشان‌دهنده یک ماده است که ظرفیت بالایی را ارائه می‌دهد. در این مقاله به معرفی نانولوله‌های کربنی و انواع آن‌ها و همچنین بررسی خواص و برخی از کاربردهای آن‌ها پرداخته شده است؛ و هدف نمایاندن کاربردهای نانولوله‌های کربنی در زمینه‌های مختلفی ازجمله مهندسی ژنتیک، زیست پزشکی و ... می‌باشد. پس از مطالعه و بررسی تحقیقات از پیش انجام‌شده مشخص شد که با توجه به خواص فوق‌العاده نانولوله‌های کربنی در صورت امکان ساخت آن‌ها در کشور، گام بسیار مهمی در عرصه صنعت و پزشکی برداشته خواهد شد.

31°C Mostly cloudy
CamScanner

نانولوله‌های کربنی به دلیل خواص منحصربه‌فرد، کاربردهای گوناگونی دارند.

۲-۲ خالص سازی نانولوله‌های کربنی و شرایط لازم برای استفاده از آن:

نانولوله‌های کربنی به دلیل سطح آب گریز تمایل به تجمع دارند، بنابراین برای پراکندگی بهتر در محلول ها و پلیمرها سطح آن ها با گروه های عاملی مختلف اصلاح می شوند. برای حذف ناخالصی های حین سنتز، خالص سازی نانولوله‌ها قبل از عامل دارسازی ضروری است.

نانولوله‌های کربنی با دو روش فیزیکی و شیمیایی خالص سازی می شوند.

الف- روش فیزیکی: در روش فیزیکی چون اندازه، حلالیت و چگالی نسبی نانولوله‌ها و ناخالصی ها با هم متفاوت است براین اساس می توان آنها را از نانولوله‌ها جدا کرد. اما روش شیمیایی برخلاف روش فیزیکی غیر اکسیداسیونی است

خالص سازی روش های فیزیکی کامل نیست. لزاما معمولا روش های فیزیکی با همراه روش های شیمیایی انجام می شوند.

ب- روشهای شیمیایی: در حین خالص سازی شیمیایی، نانولوله‌های کربنی عامل دار نیز می شوند. عامل دارسازی نانولوله‌ها را می توان به دو دسته روش های کووالانسی و غیرکووالانسی طبقه‌بندی کرد. برای ایجاد گروه های عاملی اکسیژن دار اکسیداسیون شیمیایی متداول ترین روش است. عواملی از جمله دما، زمان، نوع و غلظت اکسنده ها و روش اکسیداسیون بر گروه های عاملی ایجاد شده تاثیرگذار می باشند

۲-۳ - انواع نانولوله‌های کربنی:

بخش دوم از فصل دو

خالص‌سازی و عامل‌دار کردن نانولوله های کربنی

خدیجه صفایی[1]، اکرم توکلی[2,*]، علی اکبر بابالو[3]

[1] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

[2] استادیار دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

[3] استاد دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران

دریافت: ۹۴/۱/۲۰ پذیرش: ۹۴/۷/۱

چکیده

نانولوله‌های کربنی به دلیل خواص منحصربه‌فرد، کاربردهای گوناگونی دارند. نانولوله‌های کربنی به دلیل سطح آب‌گریز تمایل به تجمع دارند، بنابراین برای پراکندگی بهتر در محلول‌ها و پلیمرها سطح آن‌ها با گروه‌های عاملی مختلف اصلاح می‌شوند. برای حذف ناخالصی‌های حین سنتز، خالص‌سازی[1] نانولوله‌ها قبل عامل‌دارسازی[2] ضروری است. نانولوله‌های کربنی با دو روش فیزیکی و شیمیایی خالص‌سازی می‌شوند. خالص‌سازی روش‌های فیزیکی کامل نیست. لذا معمولا روش‌های فیزیکی به همراه روش‌های شیمیایی انجام می‌شوند. در حین خالص‌سازی شیمیایی، نانولوله‌های کربنی عامل‌دار نیز می‌شوند. عامل‌دارسازی نانولوله‌ها را می‌توان به دو دسته روش‌های کووالانسی و غیرکووالانسی طبقه‌بندی کرد. برای ایجاد گروه‌های عاملی اکسیژن‌دار اکسیداسیون شیمیایی متداول‌ترین روش است. عواملی از جمله دما، زمان، نوع و غلظت اکسنده‌ها و روش اکسیداسیون بر گروه‌های عاملی ایجاد شده تاثیرگذار می‌باشند. لذا دراین تحقیق روش‌های خالص‌سازی و عامل‌دار کردن نانولوله‌های کربنی و عوامل موثر بر اکسیداسیون نانولوله‌ها بر اساس نتایج ارائه شده در منابع معتبر علمی، بررسی شده‌اند.

۳-۲- انواع نانولوله‌های کربنی :

نانولوله‌های کربنی به دو دسته تک جداره (SWCNT) و چند جداره (MWCNT) تقسیم میشوند

نانولوله‌های تک جداره: این نانولوله‌ها از دو قسمت بدنه و درپوش با خواص متفاوت فیزیکی و شیمیایی تشکیل

شده است. ساختار در پوش را اتم های کربنی که به شکل پنج یا شش ضلعی در کنار یکدیگر قرار گرفته اند تشکیل داده است قسمت دیگر تشکیل

دهنده ساختار یک SWCNT بوده استوانه ای شکل آن است که از یک صفحه گرافیتی با اندازه معلوم که در جهت مشخصی پیچیده شده

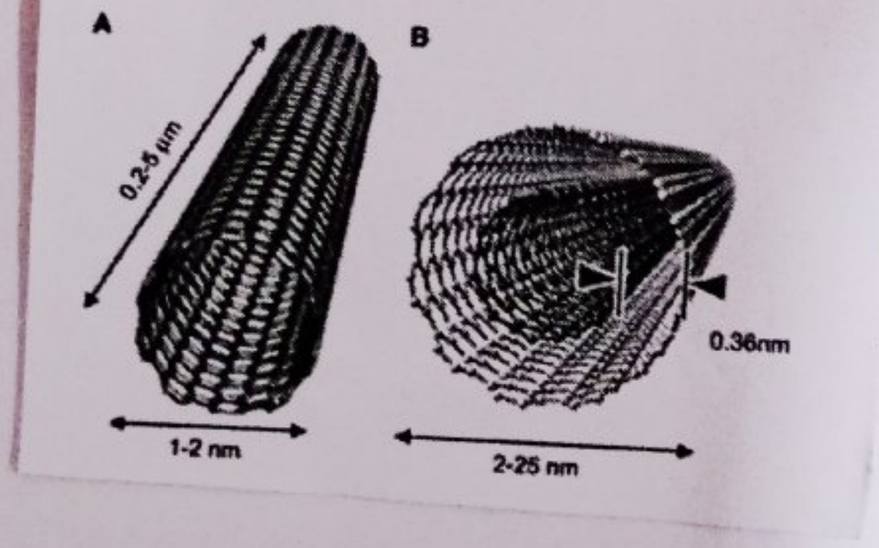
است بدست میاید (پایان نامه الهه رستگار، ص۱۳) ۱۳

نانولوله های کربنی چند جداره: این دسته از چند استوانه کربنی هم محور تو در تو ایجاد شده است نانولوله های چند جداره (MWCNT) را

میتوان بصورت دسته ای از نانولوله های هم مرکز با قطرهای متفاوت در نظر گرفت و قطر این ساختارها در مقایسه با نانولوله های تک

جداره بسیار متفاوت بوده که در نتیجه خواص آنها نیز متفاوت است. (ساده تر بین نانولوله چند جداره نانولوله دو جداره (DWCNT) است

(پایان نامه الهه رستگار، ص۱۶) ۱۲



نانولوله تک جداره (DWCNT)

نانولوله چند جداره (MWCNT)

۲-۴ تاریخچه کشف نانولوله کربنی:

کشف نانولوله های کربنی یکی از اتفاقات مهم در حوزه فناوری نانو است. نانولوله های کربنی اولین بار توسط (سومیو ایجیما) در سال ۱۹۹۱

و به صورت کاملا اتفاقی کشف شدند

ایجیما در حال مطالعه سطوح الکترودهای کربنی با استفاده از روش تخلیه قوس الکتریکی بود که با نانولوله های کربنی مواجه شد

(پوریاشکاری و همکاران، صفحه ۹) ۱۵

۱-۴-انواع نانو تیوب های کربنی

بخش 3-2 فصل دوم

۱-۴-۱- نانو تیوب های کربنی تک جداره *SWNTs*

یک نانو تیوب تک دیواره از دو قسمت بدنه و درپوش با خواص متفاوت فیزیکی و شیمیایی تشکیل شده است. ساختار درپوش نشات گرفته، و مشابه یک فلورین کوچکتر همچون C_{60} می باشد. اتم های کربنی که به شکل پنج و شش ضلعی در کنار یکدیگر قرار گرفته اند، ساختار درپوش را می سازند.ترکیب یک پنج ضلعی و پنج شش ضلعی در اطراف آن ، قوس لازم برای شکل گیری یک درپوش بسته ی گنبدی شکل را ایجاد می کند. قانون دوم، قانون پنج ضلعی مجزا می باشدکه می گوید فاصله ی بین پنج ضلعی ها روی پوسته ی فلورین جهت کاهش تنش سطحی و حصول یک قوس موضعی حتی المقدور نرم، به حداکثر ممکن می رسد تا ساختار پایدار تری را نتیجه دهد. کوچکترین ساختار پایداری که بدین نحو می تواند شکل گیرد، مولکول C_{60} و بعد از آن مولکول C_{70} می باشد و به همین ترتیب فلورین های بزرگتر. خاصیت مشترک دیگر بین تمام فلورین ها این است که تمام آن ها از تعداد اتم های کربن تشکیل شده اندکه تعداد آن ها زوج است. زیرا اضافه کردن یک شش ضلعی به یک ساختار موجود به معنای اضافه کردن دو اتم کربن می باشد. قسمت دیگر تشکیل دهنده ی ساختار یک *SWNT* ، بدنه ی استوانه ای شکل آن می باشد که از یک صفحه ی گرافینی با اندازه معلوم که در جهت مشخصی پیچیده شده است به دست می آید. از آنجایی که حاصل باید، یک تقارن استوانه ای باشد، برای به دست آوردن یک استوانه ی بسته فقط می توان صفحات را در جهات خاصی پیچاند.

۱-۴-۲- نانو تیوب ی کربنی چند جداره (MWNTs)

نانو تیوب های کربنی چند جداره از چند استوانه ی کربنی هم محور تو در تو ایجاد می شوند. نانو تیوب های چند دیواره(MWNTs) را می توان به صورت دسته ای از نانو تیوب های هم مرکز با قطر های متفاوت در نظر گرفت. طول و قطر این ساختار ها در مقایسه با نانو تیوب های تک دیواره بسیار متفاوت بوده که در نتیجه، خواص آن ها نیز بسیار متفاوت می باشد.

31°C Mostly cloudy

۲-۴ تاریخچه کشف نانولوله کربنی :

کشف نانولوله‌های کربنی یکی از اتفاقات مهم در حوزه فناوری نانو است. نانولوله‌های کربنی اولین بار توسط (سومیو ایجیما) در سال ۱۹۹۱

و به صورت کاملا اتفاقی کشف شدند

ایجیما در حال مطالعه سطوح الکترودهای کربنی با استفاده از روش تخلیه قوس الکتریکی بود که با نانولوله‌های کربنی مواجه شد

(پویا شاری و همکاران صفحه مقاله ۱۵)

Add to
Edit & Create

۱. دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی شیمی ، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند تبریز
۲. دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی شیمی ، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه ایلام
۳. دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی شیمی دانشگاه صنعتی سهند تبریز، استاد مدعو دانشگاه پیام نور ارومیه

بخش چهارم فصل دوم

چکیده

کشف نانولوله‌های کربنی یکی از اتفاقات مهم حوزه فناوری‌نانو است. نانولوله‌های کربنی اولین بار توسط «سومیو ایجیما» در سال ۱۹۹۱ و به‌صورت کاملاً اتفاقی کشف شدند. ایجیما در حال مطالعه سطوح الکترودهای کربنی با استفاده از روش تخلیه قوس الکتریکی بود که با نانولوله‌های کربنی مواجه شد. در یک نانولوله کربنی، اتم‌های کربن در ساختاری استوانه‌ای شکل، آرایش یافته‌اند؛ یعنی این ماده یک لوله توخالی است که جنس دیواره‌اش از اتم‌های کربن است. آرایش اتم‌های کربن در دیواره این ساختار استوانه‌ای، دقیقاً مشابه آرایش کربن در صفحات گرافن است. در گرافن، شش‌ضلعی‌های منظم کربنی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و یک صفحه را تشکیل می‌دهند. انبوهی از این صفحه‌های کربنی از طریق پیوندهای ضعیف واندروالس به هم پیوند می‌خورند و گرافیت را تشکیل

۲-۵ خواص نانولوله‌های کربنی:

در نانولوله‌های کربنی مولکولهای کربن به شکل استوانه‌ای هستند همانطور که گفته شده بود که خواص منحصربفردی دارند که باعث میشود نانولوله‌های کربنی در مناطق مختلف مورد استفاده قرار گیرند آنها خواصی مانند:

۱) واکنش پذیری شیمیایی:

به دلیل وجود انحنا و قوسی شکل بودن سطح نانولوله کربنی، آنها واکنش پذیری بهتری در مقایسه با صفحه گرافیتی دارند. واکنش پذیری نانولوله های کربنی مستقیماً به بهم ریختن توازن اوربیتال پی آنهاکه در اثر انحنای سطحی ایجاد میشود، بستگی دارد.

بنابراین، باید بین جداره (بدنه) و در پوش نانولوله تمایز قائل شد. به همین دلیل نانولوله های با قطر کمتر، از واکنش پذیری بیشتری برخوردارند.

تعدیل شیمیایی پیوندهای کووالانسی در جداره یا در پوش نیز امکان پذیر است.

به عنوان مثال، قابلیت حل پذیری نانولوله های کربنی در حلال های مختلف را میتوان به این ترتیب کنترل کرد. (ص ۲۶، رضا تعلی پایان نامه)

۱۴

۲) استحکام و مقاومت:

نانولوله های کربنی، هم از نظر مقاومت کششی و هم از نظر ضریب کشسانی، یکی از محکمترین موادی اند که تاکنون شناخته شده اند. در نتیجه، این ترکیبات برای کاربرد در مواد مرکب که به خواص ناهمگون نیاز دارند، بسیار مناسب اند (ص ۲۶، رضا تعلی، پایان نامه) ۱۴

۳) خواص حرکتی:

نانولوله های کربنی چند جداره، نانولوله های هم محوری اند که دقیقاً داخل یکدیگر قرار گرفته اند و دارای خاصیتی برجسته اند به این ترتیب که نانولوله در هسته مرکزی میتواند درون لوله بیرونی، بدون هیچ اصطکاکی بلغزد و یک یاتاقان خطی و یا چرخشی ایده آل اتمی را به وجود می آورد این، یکی از اولین مثالهای واقعی نانوفناوری مولکولی است (جایگذاری دقیق اتمها برای ساخت ماشین های مفید). این خاصیت، هم اکنون برای ساخت کوچکترین موتور چرخشی جهان و یک نانورنوستات استفاده میشود در کاربردهای آینده دورنمای جالبی نظیر نوسان سازهای مکانیکی گیگاهرتزی به چشم میخورد (پایان نامه رضا تعلی (مهندسی - نفت) ص ۴۶) ۱۴

۲-۷-۵-۱ واکنش‌پذیری شیمیایی

به دلیل وجود انحنا و قوسی شکل بودن سطح نانولوله کربنی، آن‌ها واکنش‌پذیری بهتری در مقایسه با صفحه گرافیتی دارند. واکنش‌پذیری نانولوله‌های کربنی مستقیماً به هم ریختن توازن اوربیتال پی[1] آن‌ها که اثر انحنای سطحی ایجاد می‌شود، بستگی دارد. بنابراین، باید بین جداره (بدنه) و درپوش نانولوله تمایز قائل شد. به همین دلیل نانولوله‌های با قطر کمتر، از واکنش‌پذیری بیشتری برخوردارند. تعدیل شیمیایی پیوندهای کووالانسی در جداره یا درپوش نیز امکان‌پذیر است. به‌عنوان‌مثال، قابلیت حل‌پذیری نانولوله‌های کربنی در حلال‌های مختلف را می‌توان به‌این‌ترتیب کنترل کرد. [۴۶]

۲-۷-۵-۲ استحکام و مقاومت

نانولوله‌های کربنی، هم ازنظر مقاومت کششی و هم ازنظر ضریب کشسانی، یکی از محکم‌ترین موادی‌اند که تاکنون شناخته‌شده‌اند. درنتیجه، این ترکیبات برای کاربرد در مواد مرکب که به خواص نامعمول نیاز دارند، بسیار مناسب‌اند. [۴۷]

۲-۷-۵-۳ خواص حرکتی

نانولوله‌های کربنی چند جداره، نانولوله‌های هم‌محوری‌اند که دقیقاً داخل یکدیگر قرارگرفته‌اند و دارای خاصیتی برجسته‌اند. به‌این‌ترتیب که نانولوله در هسته مرکزی می‌تواند درون لوله بیرونی، بدون هیچ اصطکاکی بلغزد و یک یاتاقان خطی و یا چرخشی ایده‌آل اتمی را به وجود می‌آورد. این، یکی از اولین مثال‌های واقعی نانوفناوری مولکولی است (جاگذاری دقیق اتم‌ها برای ساخت ماشین‌های مفید). این خاصیت، هم‌اکنون برای ساخت کوچک‌ترین موتور چرخشی جهان[1] و یک نانوژنوسنات[2] استفاده می‌شود. در کاربردهای آینده دورنمای جالبی نظیر نوسان‌سازهای مکانیکی گیگاهرتزی به چشم می‌خورد. [۴۸]

CamScanner

۴) خواص حرارتی :

هدایت حرارتی نانولوله‌های کربنی در جهت محور طولی ممکن است بیشترین مقدار را در بین مواد داشته باشد. البته میزان هدایت حرارتی الماس و گرافیت هم بسیار زیاد میباشد.

به علت تشابه ساختاری زیادی که بین نانولوله‌های کربنی و گرافیت وجود دارد، این ساختارها از لحاظ خواص حرارتی شبیه به یکدیگر میباشند تنها تفاوت آنها این است که نانولوله‌ها فقط در امتداد محورشان رسانای گرما هستند و در جهت عمود بر محورشان هدایت حرارتی ضعیف تری دارند و حتی در برخی موارد در جهت عمود بر محورشان عایق هستند و به این ترتیب میتوانند گرما را از مسیرهای هدایت شده انتقال دهند. (مصدی میرنژاد صفحه ۳۱) ۲۱

۵) خاصیت مغناطیسی :

با قرار دادن یک نانولوله در زیر لایه مغناطیسی یا با افزودن الکترون یا حفره به نانولوله میتوان خاصیت مغناطیسی در آن ایجاد نمود این خاصیت باعث میشود که بتوان ساخت وسایلی را پیشبینی نمود که در آنها اتصالات مغناطیسی و الکتریکی از هم جدا شده اند. اتصال مغناطیسی را میتوان برای قطبی کردن مغناطیسی نانولوله‌ها بکار برد و از اتصال های غیر مغناطیسی برای الکترودهای ولتاژ- جریان استفاده نمود. (مصدی میرنژاد (طراحی کاربردی) صفحه ۳۰) ۲۱

که حساسیت زیادی به اعمال نیروهای بسیار کوچک دارند.

- **خواص حرارتی**

هدایت حرارتی نانو لوله‌های کربنی در جهت محور طولی ممکن است بیشترین مقدار را در بین مواد داشته باشد. البته میزان هدایت حرارتی الماس و گرافیت هم بسیار زیاد می‌باشد. به علت تشابه ساختاری زیادی که بین نانو لوله‌های کربنی و گرافیت وجود دارد، این ساختارها از لحاظ خواص حرارتی شبیه به یکدیگر می‌باشند. تنها تفاوت آن‌ها این است که نانو لوله‌ها فقط در امتداد محورشان رسانای گرما هستند و در جهت عمود بر محورشان هدایت حرارتی ضعیف‌تری دارند و حتی در برخی موارد در جهت عمود بر محورشان عایق هستند و به این ترتیب میتوانند گرما را از مسیرهای هدایت شده انتقال دهند.

- **چگالی سطحی بسیار بالا**

نانو لوله‌ها دارای چگالی سطحی بسیار بالایی هستند که این خاصیت آن‌ها باعث استحکام بالای نانو لوله‌ها می‌شود. می‌توان گفت که این خاصیت در اثر ریز بودن قابل توجه آن‌ها پدیدار می‌شود.

31°C Mostly cou
CamScanner

df - Adobe Acrobat Reader DC (32-bit)
Window Help
5--(مهدی میرنژاد (4...
48 / 192
139%

ساختمان مولکولی آنها می‌باشد که ساختار باند، انرژی متفاوت و در نتیجه شکاف باند متفاوتی را منتج می‌شود.

نانولوله های فلزی چگالی جریانی هزاران برابر بیشتر از فلزاتی چون نقره و مس دارند.

بخش پنجم خواص فصل دوم

- **خاصیت مغناطیسی**

با قرار دادن یک نانو لوله در زیر لایه مغناطیسی یا با افزودن الکترون یا حفره به نانو لوله، می‌توان خاصیت مغناطیسی در آن ایجاد نمود. این خاصیت باعث می‌شود که بتوان ساخت وسایلی را پیش بینی نمود که در آن‌ها اتصالات مغناطیسی و الکتریکی از هم جدا شده‌اند. اتصال مغناطیسی را می‌توان برای قطبی کردن مغناطیسی نانو لوله‌ها به کار برد و از اتصال‌های غیر مغناطیسی برای الکترودهای ولتاژ- جریان استفاده نمود.

- **گسیل و جذب نور**

نانو لوله‌ها می‌توانند نور مادون قرمز را جذب و دفع نمایند. همچنین، تزریق هم‌زمان الکترون از یک سر و تزریق حفره از سر دیگر نانو لوله کربنی موجب می‌شود که نوری با طول موج ۱/۵ میکرومتر از نانو لوله منتشر شود.

CamScanner

استفاده نمود. (مصدی میرنژاد (طراحی کاربردی) ص۱۰۵) ۲۱

۶) خواص الکتریکی :

نه تنها نانولوله های کربنی بسیار قوی هستند، بلکه آنها دارای خواص الکتریکی بسیار جالبی می باشند. یک ورق گرافیت نیمه فلز نشان دهنده این است که دارای خواصی بین نیمه هادی (مانند سیلیکون در ترانزیستورهای کامپیوتری، جایی که الکترون ها حرکت محدود دارند) و فلز (مانند مس مورد استفاده در سیم ها، جایی که الکترون ها می توانند آزادانه حرکت کنند) می باشد. هنگامی که یک ورق گرافیت به شکل یک نانولوله در می آید، نه تنها اتم های کربنی باید در محیط لوله قرار داشته باشند، بلکه توابع موج مکانیکی کوانتومی الکترون ها نیز باید هماهنگ باشد.

به دلیل تقارن و ساختار منحصر به فرد گرافیت، خواص الکتریکی نانولوله به شدت تحت تأثیر ساختار نانولوله است. بسته به بردار کایرال آنها، نانولوله های کربنی به طور کلی می توانند نیمه هادی یا فلزی باشند. تفاوت در هدایت الکتریکی به دلیل ساختمان مولکولی آنهاست که ساختار باند انرژی متفاوت و در نتیجه شکاف باند متفاوتی را نتیجه می دهد. مقاومت این نانولوله ها توسط قواعد کوانتوم مکانیکی تعیین میگردد. و اثبات شده که از طول نانولوله مستقل است انتظار میرود نانولوله های فلزی، جگالی جریانی هزاران برابر بیشتر از فلزاتی نظیر مس و نقره داشته باشند

(برداشت از الهه رستگار و رضا لعلی ص۲۷)

۱۴

ص۱۹

۱۲

۲-۷-۵-۴ خواص الکتریکی

به دلیل تقارن و ساختار منحصربه‌فرد گرافیت، خواص الکتریکی نانولوله به‌شدت تحت تأثیر ساختار نانولوله است. بسته به بردار کایرال آن‌ها، نانولوله‌های کربنی به قطری کم می‌توانند نیمه‌هادی یا فلزی باشند. تفاوت در هدایت الکتریکی به دلیل ساختمان مولکولی آن‌هاست که ساختار باند انرژی متفاوت و درنتیجه شکاف باند متفاوتی را نتیجه می‌دهد. تفاوت در هدایت الکتریکی را به‌سادگی می‌توان از خواص صفحات گرافیتی استخراج کرد. ثابت‌شده است که یک نانولوله (m, n) در صورتی فلزی است که $m = n$ یا مضرب صحیحی از سه باشد $(m - n = 3i)$. مقاومت این نانولوله‌ها توسط قواعد کوانتوم مکانیکی تعیین می‌گردد. و اثبات‌شده که از طول نانولوله مستقل است. (۴۹) انتظار می‌رود نانولوله‌های فلزی، چگالی جریانی هزاران برابر بیشتر از فلزاتی نظیر مس و نقره داشته باشند. در شکل ۲-۲۰ کاربرد الکتریکی نانولوله‌ها را می‌بینید. [۵۰]

کایرال

31°C Mostly clou
CamScanner

۷) خواص مکانیکی :

نانولوله ها دارای پیوندهای محکمی در بین اتم هایشان می باشند و به همین علت در برابر نیروهای کششی مقاومت و استحکام زیادی از خود نشان می دهند. به عنوان مثال نیروی لازم برای شکستن یک نانولوله ی کربنی چند برابر نیرویی است که برای شکستن یک قطعه فولاد با ضخامتی معادل یک نانولوله احتیاج دارد. اما جالب است که بدانید پیوندهای بین اتمی در نانولوله ها علاوه بر ایجاد استحکام بالا، شکل پذیری آسان و حتی پیچش را در آنها میسر می سازد. در حالی که فولاد تنها در برابر نیروهای کششی دارای مقاومت است و برای پیچش انعطاف پذیری لازم را ندارد.

در بررسی کاربرد نانولوله ها و به کارگیری خواص آنها، می توانیم با استفاده از این ترکیبات به عنوان رشته (Fibre) مواد مرکب، اشاره کنیم؛ به چنین موادی، کامپوزیت میگویند. ملموس ترین مثال کامپوزیت کاه گل است.

کاه گل مخلوطی از کاه و گل است که در آن، کاه به عنوان رشته هایی که استحکام و انعطاف پذیری بهتری نسبت به گل دارد، پراکنده شده است تا مانع از ترک خوردن آن شود. گل را اصطلاحا زمینه (Matrix) مینامیم. نانولوله ها نیز چون استحکام و شکل پذیری خوبی دارند در مواد مرکب با زمینه های فلزی، پلیمری و سرامیکی استفاده میشوند. اما مهمترین فاکتوری که باعث برگزیدن نانولوله به عنوان رشته در مواد مرکب (کامپوزیت) شده است، وزن کم آن است، در حالی که استحکام آن بالاست. از مهمترین موارد استفادهٔ چنین مواد مرکبی میتوان به این موارد اشاره کرد: بدنه هواپیما / هلیکوپتر / زره راکتهای تنیس و....

همانطور که بیان کردیم نانولوله های کربنی یکی از مستحکم ترین مواد به شمار می روند و از این نظر، بهترین الیاف تولید شده از گرافیت می باشد (ادعه رستگار، پایان نامه صفحه ۱۹ و ۲۰) ۱۲

۸) استحکام :

نانو تیوب های کربنی یکی از محکم ترین موادی هستند که تا حال برای انسان شناخته شده است، هم از بعد مقاومت کششی و هم از بعد ضریب کشسانی. این استحکام برگرفته از پیوندهای کووالانسی sp2 بین اتم های کربن می باشد. ضریب یانگ نانو تیوب های کربنی در راستای محورشان بسیار زیاد است. نانو تیوب ها در کل به دلیل طول بسیار زیادشان از قابلیت انعطاف پذیری بالایی برخوردارند در نتیجه این ترکیبات برای کاربرد در مواد مرکبی که به خواص ناهمگون نیاز دارند بسیار مناسب هستند (ادعه رستگار، پایان نامه صفحه ۲۱) ۱۲

۱-۵-۲-خواص مکانیکی

نانولوله‌ها دارای پیوندهای محکمی در بین اتم‌هایشان می باشند وبه همین علت در برابر نیروهای کششی مقاومت واستحکام زیادی از خود نشان می دهند به عنوان مثال نیروی لازم برای شکستن یک نانولوله ی کربنی چند برابر نیرویی است که برای شکستن یک قطعه فولاد با ضخامتی معادل یک نانو لوله احتیاج داریم .اما جالب است که بدانیم پیوندهای بین اتمی در نانولوله‌ها علاوه بر ایجاداستحکام بالا، شکل‌پذیری آسان و حتی پیچش را درآنها میسر می سازد. در حالی که فولاد تنها دربرابر نیروهای کششی دارای مقاومت است و برای پیچش انعطاف پذیری لازم را ندارد . در بررسی

کپی و یا ارائه این پایان نامه و نتایج پژوهش‌ها، پیاده‌سازی‌ها و داده‌های تحقیقات تکمیلی و صنعتی از حقوق پدیدآور آن در اجرای آیین‌نامه مالکیت فکری دانشگاه علم و صنعت ایران مصوب ۱۳۹۵/۶/۲۹ هیئت محترم امناء دانشگاه علم و صنعت ایران و با رعایت کامل حقوق پدیدآور آن با رعایت کامل حقوق پدیدآور آن و تنها برای اهداف علمی، آموزشی، پژوهشی و بدون هیچ گونه حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط نشر و تکثیر

کاربرد نانولوله‌ها و به کار گیری خواص آنها ، می توانیم به استفاده از این ترکیبات به عنوان «رشته»[1] در مواد مرکب ، اشاره کنیم؛ به چنین موادی ،کامپوزیت می گویند. ملموس‌ترین مثال کامپوزیت «کاه‌گل» است. کاه‌گل مخلوطی از «کاه» و «گل» است که در آن، کاه به عنوان رشته‌هایی که استحکام و انعطاف‌پذیری بهتری نسبت به گل دارد ، پراکنده شده است تا مانع از ترک‌خوردن آن شود. گل را اصطلاحا «زمینه»[2] می نامیم . نانولوله ها نیز چون استحکام و شکل‌پذیری خوبی دارند در مواد مرکب با زمینه‌های فلزی، پلیمری و سرامیکی استفاده می‌شوند. اما مهم‌ترین فاکتوری که باعث برگزیدن نانولوله به عنوان رشته در مواد مرکب (کامپوزیت) شده است، وزن کم آن است، در

یانامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادهها، پایان‌نامه‌ها و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در
ده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربو

فصل دوم صفحه 10

۱-۵-۳- استحکام

نانو تیوب های کربنی یکی از محکم ترین موادی هستند که تا حال برای انسان شناخته شده است، هم از بعد مقاومت کششی و هم از بعد ضریب کشسانی. این استحکام برگرفته از پیوند های کووالانسی sp^2 بین اتم های کربن می باشد. ضریب یانگ نانو تیوب های کربنی در راستای محورشان بسیار زیاد است. نانو تیوب ها در کل به دلیل طول بسیار زیادشان از قابلیت انعطاف پذیری بالایی برخوردارند. در نتیجه، این ترکیبات برای کاربرد در مواد مرکبی که به خواص ناهمگون نیاز دارند بسیار مناسب هستند.

در سال ۲۰۰۰ مقاومت کششی یک $MWNT$ برابر GPa ۶۳ گزارش شد. به عنوان مقایسه مقاومت

۶-۲ کاربردهای نانولوله‌های کربنی:

در زیر به توضیح برخی از کاربردهای نانولوله‌های کربنی در زمینه‌های مختلف میپردازیم:

۱- کاربرد ساختار مواد:

الف- پارچه: الیاف ضدآب و ضدپارگی

ب- بتن: نانوتیوب ها باعث افزایش مقاومت بتن و جلوگیری از نفوذ ترک‌ها می‌گردند.

ج- پلی اتیلن: با افزودن نانوتیوب به پلی اتیلن قابلیت کشسانی آن تا ۳۰٪ افزایش می یابد

د- نانوسیم های شیمیایی: نانوتیوب های کربنی می توانند در ساخت نانوسیم های مواد شیمیایی دیگر مثل طلا و اکسید روی به کار روند سپس این نانوسیم ها را می توان در قالب ریزی مواد شیمیایی دیگر نظیر نیترید گالیم استفاده کرد که می تواند خواص بسیار متفاوتی نسبت به نانو تیوب های کربنی از خود نشان دهد برای مثال نانوتیوب های گالیم نیترید آب دوست هستند در حالی که نانوتیوب های کربنی آب گریزند. به همین دلیل می توان در مواردی از شیمی زیستی که نانوتیوب های کربنی قابل استفاده نیستند از آن ها استفاده کرد

۲) کاربردهای مکانیکی:

الف- نوسان ساز: سریع ترین نوسان سازهایی که تاکنون شناخته شده اند (بیش از ۵ گیگا هرتز) با استفاده از نانوتیوب های کربنی بوده اند.

ب- آرایه های جریان مایع: در آرایه های ساخته شده با استفاده از نانوتیوب های کربنی سرعت جریان مایع تا ۵ درجه توان از مقادیر پیش بینی شده بیشتر است.

ج- سطوح صیقلی: سطوح تهیه شده با استفاده از نانوتیوب های کربنی صیقلی تر از تفلون و مواد ضدآب هستند (پایان نامه، الهه رستگار، ص ۲۳ تا ۲۷)

۱۲

۳) ذخیره انرژی:

گرافیت، مواد کربن دار و الکترودهای فیبر کربن اغلب در پیل های سوختی، باتری ها و دیگر موارد الکتروشیمیایی به کار میروند مزیت نانولوله های کربن بعنوان ذخیره کننده انرژی، کوچکی، توپولوژی سطح صاف و مشخصات سطح مناسب میباشد. بازدهی پیل های سوختی به وسیله نرخ تبادل الکترون الکترودهای کربنی میباشد که این نرخ برای نانولوله های کربنی بالاترین میزان میباشد.

۱۱

-((الهه رستگار پایان نامه (صفحه 10)).pdf - Adobe Acrobat Reader DC (32-bit)
Edit View Sign Window Help
me Tools
5---(الهه رستگار پایا...
23 / 127
139%

بخش پنجم از فصل دوم

۱-۶-۱- کاربرد در ساختار مواد

- پارچه: الیاف ضد آب و ضد پارگی
- لباس رزم: محققان در دانشگاه *MIT* خواص لباس های رزمی که در آن ها از الیاف فوق العاده قوی نانو تیوب کربنی استفاده شده مورد مطالعه قرار داده اند.
- بتن: نانوتیوب ها باعث افزایش مقاومت بتن و جلوگیری از نفوذ ترک ها می گردند.
- پلی اتیلن: با افزودن نانو تیوب به پلی اتیلن قابلیت کشسانی آن تا ۳۰٪ افزایش می یابد.

31°C Mostly cloudy
CamScanner

۱-۶-۴ -کاربردهای مکانیکی

- نوسان ساز: سریع ترین نوسان ساز هایی که تا کنون شناخته شده اند(بیش از ۵۰ گیگا هرتز) با استفاده از نانوتیوب های کربنی بوده اند.

ن مدرک بر پایهٔ آیین‌نامهٔ ثبت و اشاعهٔ پیشنهادها، پایان‌نامه‌ها و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۶۲۹/و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۶) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پژوهشگاه علوم و فن
(ایرانداک) فراهم شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدفهای علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مولفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شدنی است.

- آرایه ها ی جریان مایع: در آرایه های ساخته شده با استفاده از نانوتیوب های کربنی سرعت جریان مایع تا ۵ درجه توان از مقادیر پیش بینی شده بیشتر است.

- سطوح صیقلی: سطوح تهیه شده با استفاده از نانوتیوب های کربنی صیقلی تر از تفلون ومواد ضد آب هستند.

CamScanner

۳) ذخیره انرژی :

گرافیت، مواد کربن دار و الکترودهای فیبر کربن اغلب در پیل‌های سوختی، باتری ها و دیگر موارد الکتروشیمیایی به کار میروند. مزیت نانولوله های کربن بعنوان ذخیره کننده انرژی، کوچکی، توپولوژی سطح صاف و مشخصات سطح مناسب میباشد. بازدهی پیل های سوختی به وسیله نرخ تبادل الکترون الکترودهای کربنی میباشد که این نرخ برای نانولوله‌های کربنی بالاترین میزان میباشد.

CamScanner

۴) استحکام دهی کامپوزیت ها:

نانولوله های کربنی دارای استحکام مکانیکی فوق العاده زیادی میباشند. اگر یک مقایسه ساده بین این مواد و فولادها انجام گیرد میتوان گفت که استحکام نانولوله ها ۱۰۰ برابر و استحکام ویژه آنها ۶۰ برابر فولاد است این خاصیت نانولوله ها به همراه سبک بودن آنها باعث شده است که این مواد برای استحکام بخشی به نانوکامپوزیت ها استفاده شود. (پایان نامه مهدی میرزا دص ۳۲ و ص ۳۳) ۲۱

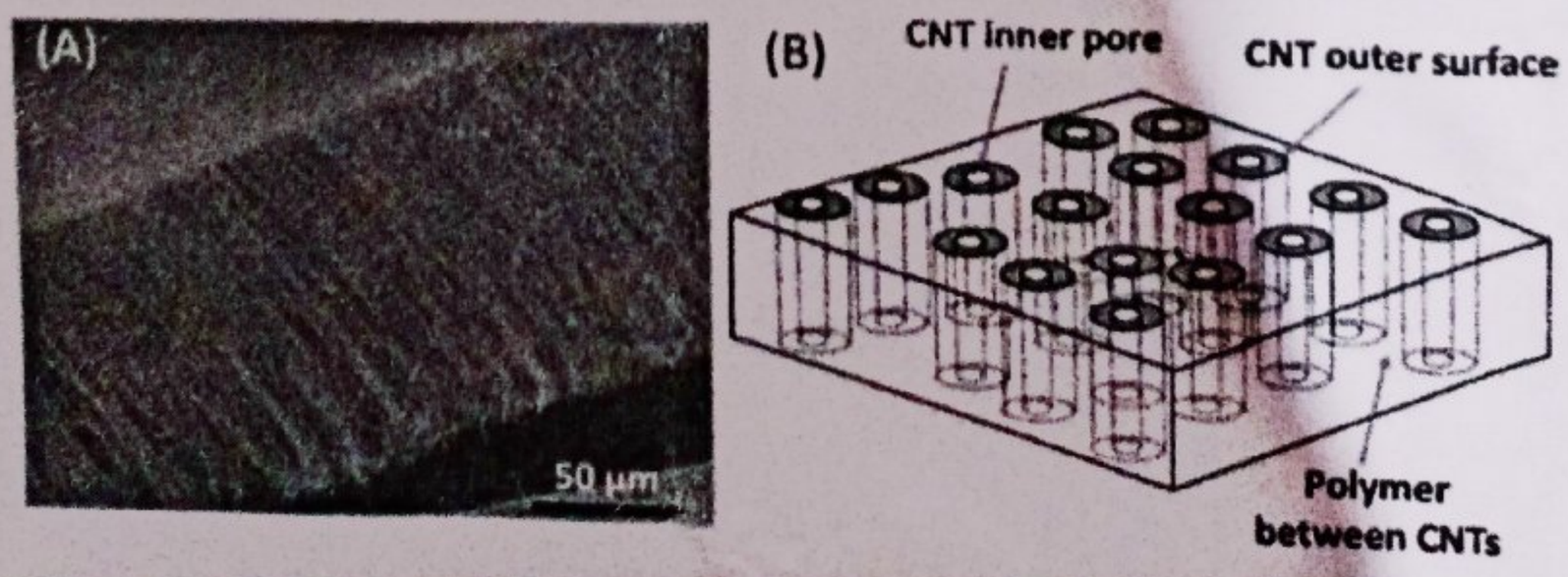
۵) نانولوله های کربنی در صنعت نفت و پتروشیمی:

صنعت نفت: نانولوله های کربنی به عنوان پایه کاتالیست در بسیاری از فرآیندهای پالایش، می توانند استفاده شوند همچنین این نانوتیوب ها ظرفیت بسیار بالایی در ذخیره سازی هیدروژن دارند

صنعت پتروشیمی: یکی دیگر از کاربرد نانولوله های کربنی در صنعت، صنعت پتروشیمی است. این نانولوله ها به عنوان افزودنی به سیمان حفاری افزوده میشوند و نانولوله های کربنی باعث تغییر در مقاومت تراکمی سیمان حفاری میشوند همچنین استفاده از نانولوله های کربنی به عنوان افزودنی به گل حفاری، یکی دیگر از استفاده های نانولوله های کربنی است که شرکتهای نفتی بزرگی در حال حاضر از آن استفاده میکنند. این نانولوله ها میتوانند ضمن کاهش هدر روی سیال، وزن گل را نیز کنترل کنند؛ همچین این نانوتیوب ها به بهبود پایداری دمایی گل نیز کمک میکنند. (سرچ در وب و کتاب نانو در نفت صفحه)

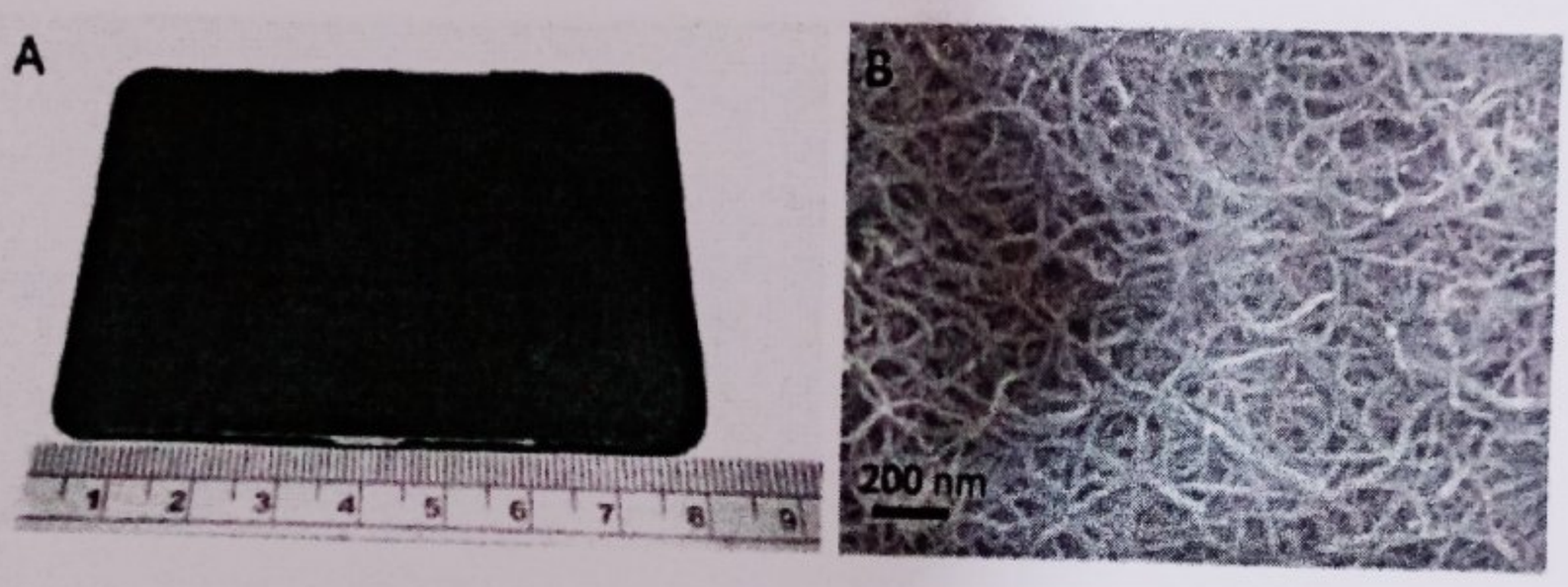
۶) کاربرد نانولوله های کربنی در صنعت تصفیه آب و هوا:

نانوتیوب های کربنی بدلیل سطح ویژه زیادی که دارند و همچنین اندازه حفره داخلیشان، گزینه مناسبی برای فرآیندهای تصفیه و فیلتراسیون هستند. نانولوله ها ممکن است به چند شکل مختلف برای فیلتراسیون استفاده شوند یکی از اینها میتواند مانند شکل زیر باشد



همانطور که در تصویر مشاهده میکنید، آرایه ای از نانولوله های کربنی به شکل موازی با یکدیگر قرار میگیرند و تشکیل یک غشا را میدهند. برای استفاده در فرآیند تصفیه، قطر نانولوله های استفاده شده در این فرآیند باید در حد چند نانومتر باشد؛ به گونه ای که اجازه عبور ترکیبات زیستی مانند پروتئینها را ندهند ولی در عین حال، مولکول های آب بتوانند به راحتی از آن عبور کنند. با وجود اینکه اندازه حفرات غشاهای نانولوله های کربنی بسیار کوچکتر از غشاهای معمولی است، اما نرخ جریان عبوری از آنها، تقریبا برابر با غشاهای عادی است. غشاهای نانولوله های کربنی توانایی حذف بسیاری از آلودگی ها مانند باکتری ها، ویروسها، ترکیبات آلی و روغن ها را دارند.

لازم به ذکر است که امروزه سیستم های تجاری شده تصفیه آب مبتنی بر فناوری نانو ساخته شده اند.



نانولوله های کربنی، لزومی ندارد که به شکل موازی برای فیلترینگ استفاده شوند. میتوان از آنها مانند شکل بالا استفاده کرد که فیبرها به شکل درهم تنیده قرار دارند.

یکی از موارد استفاده نانوتیوب های کربنی در آینده، استفاده از غشا نانوتیوب در فیلتر کردن دی اکسید کربن منتشر شده در نیروگاه ها می باشد. غشاهای نانوتیوب برای استفاده در فیلترها توسعه یافته اند. با استفاده از این روش می توان هزینه های نمک زدایی را تا ۷۵٪ کاهش داد. نانو تیوب ها چنان نازک اند که ذرات کوچک مثل مولکول های آب می توانند از آن رد شوند در حالیکه ذرات بزرگتر مثل یون های کلرید در نمک امکان عبور از آن را ندارند (منبع در وبسایت و پایان نامه ارشد ۲۶ ص)

نمایشگرها را نمایشگرهای کسیل میدانی می نامند.

- ترانزیستورها: *IBM* ، *NEC* و *Delft* بر روی ساخت ترانزیستورهای نانو تیوب های کربنی کار می کنند.

بخش پنجم از فصل دوم

۱-۶-۳-کاربردهای شیمیایی

- فیلتر های آلودگی هوا: یکی از موارد استفاده نانو تیوب های کربنی در آینده، استفاده از غشاهای نانو تیوب در فیلتر کردن دی اکسید کربن منتشر شده در نیروگاه ها می باشد.

- تصفیه ی آب: اخیراً غشاهای نانو تیوب برای استفاده در فیلتر ها توسعه یافته اند. با استفاده از این روش می توان هزینه ی نمک زدایی را تا ۷۵٪ کاهش داد. نانو تیوب ها چنان نازک اند که ذرات کوچک مثل مولکول های آب می توانند از آن رد شوند در حالیکه ذرات بزرگتر مثل یون های کلرید در نمک امکان عبور از آن را ندارند.

CamScanner

• ذخیره انرژی

گرافیت، مواد کربن‌دار و الکترودهای فیبر کربن اغلب در پیل‌های سوختی، باتری‌ها و دیگر موارد الکتروشیمیایی به

[16] Stone-wales

...لة ثبت و اقامة پیشنهادها پایان‌نامه‌ها و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صلات از سنوی پدیدآوران در آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شماره ۱۹۵۹۲۹ و تاریخ ۱۳۹۵/۷/۲ از پایگاه اطلاعات علمی ایران (ثبتی) در پژوهشگ...
...و استفاده از آن با رعایت کامل سنوی پدیدآوران و تنها برای هدفهای علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایه قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان و هنرمندان (۱۳۴۸) و اشکالات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط شده

پیش بینی خواص مکانیکی نانو لوله های کربنی بوسیله مدل مکانیک مولکولی نانو لوله های کربنی

کار می‌روند. مزیت نانو لوله‌های کربن به عنوان ذخیره کننده انرژی، کوچکی، توپولوژی سطح صاف و مشخصات سطح مناسب، می‌باشد. بازدهی پیل‌های سوختی به وسیله نرخ تبادل الکترون در الکترودهای کربنی می‌باشد که این نرخ برای نانو لوله‌های کربنی بالاترین میزان می‌باشد.

• استحکام دهی کامپوزیت‌ها

نانو لوله‌های کربنی دارای استحکام مکانیکی فوق العاده زیادی می‌باشند. اگر یک مقایسه ساده بین این مواد و فولادها انجام گیرد، می‌توان گفت که استحکام نانو لوله‌ها ۱۰۰ برابر و استحکام ویژه آن‌ها ۶۰۰ برابر فولاد است. این خاصیت نانو لوله‌ها به همراه سبک بودن آن‌ها باعث شده است که از این مواد برای استحکام بخشی به نانو کامپوزیت‌ها استفاده شود.

CamScanner

۲-۷ روش های ساخت نانولوله‌های کربنی :

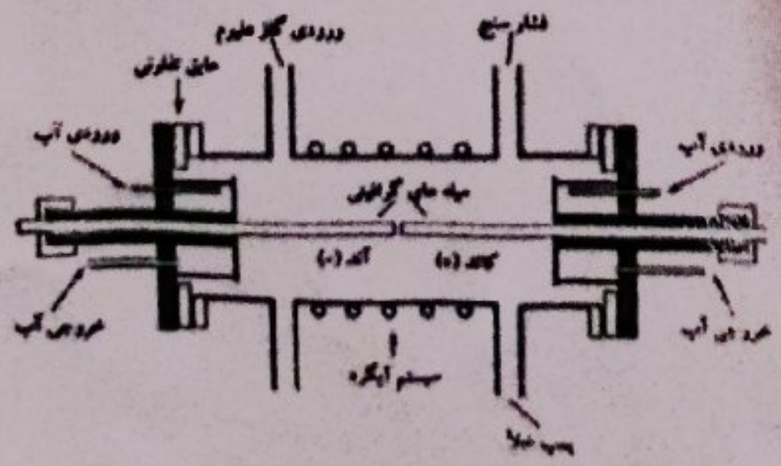
نانولوله‌های کربنی به سه روش اصلی تولید میشوند که عبارت است از: ۱) قوس الکتریکی ۲) تبخیر لیزری ۳) رسوب دهی بخاری شیمیایی

۱) قوس الکتریکی:

این روش برای اولین بار توسط ایجیما در سال ۱۹۹۳ برای تولید نانولوله‌های تک دیواره بکار گرفته شد. در سال ۱۹۹۷ ژرنت و همکارانش با بهینه سازی پارامترهای فرآیند توانست نانولوله های تک دیواره را با خلوص و راندمان بالا بدست آورند در این روش از دو میله گرافیتی بعنوان الکترود استفاده میشوند. یکی از این دو الکترود با قطر حدود ۶ میلی متر و طول ۴۰ میلی متر بعنوان آند و قطر ۶ میلیمتر و طول ۱۰۰ میلیمتر بعنوان کاتد در نظر گرفته میشود

در امتداد محور آند حفره ای با قطر ۳/۵ میلیمتر و عمق ۴۰ میلیمتر و با مخلوطی از پودر گرافیت و باکاتالیست (ایتریوم و نیکل) پر میگردد.

کاتد و آند بصورت افقی در درون یک راکتور نصب میشوند پس از برقراری خلا مناسب و با ورود گاز هلیوم قوس الکتریکی بین دو الکترود ایجاد شده و دوده حاوی در مناطق اطراف الکترودها ایجاد میشود این دوده ها حاوی ساختارهای مختلفی از کربن از جمله نانولوله های کربنی است علارغم سهولت این روش در تولید نانولوله های کربنی مقدار کربن تولید شده در این روش زیاد بوده و فرایند پیوسته نیست و همچنین اندازه الکترودها و راکتور راندمان واکنش را محدود میسازد (درصد خلوص مواد تولید شده در این روش بسیار پایین است) (پایان نامه مهدی میرزا ده ص ۲۵) ۲۱



/ 192

75%

بخش ششم از فصل دوم

۲-۹-۱- روش تخلیه قوس الکتریکی

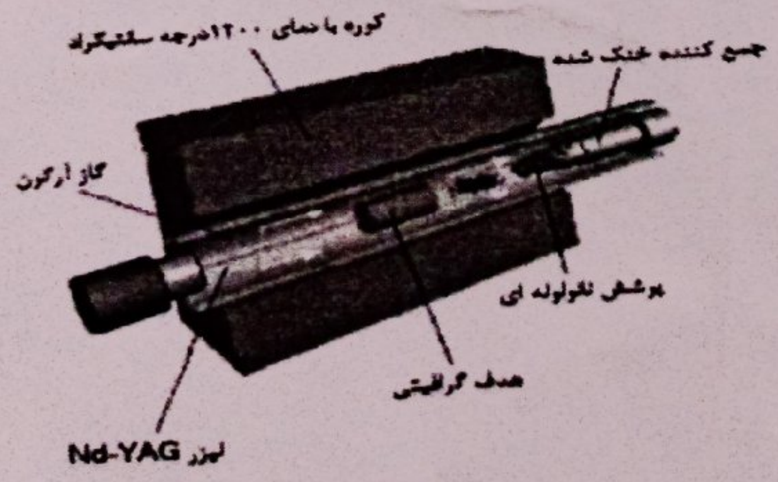
این روش برای اولین بار توسط ایجیما در سال ۱۹۹۳ برای تولید نانو لوله های تک دیواره به کار گرفته شد در سال ۱۹۹۷ ، ژرنت و همکارانش با بهینه سازی پارامترهای فرایند، توانستند نانو لوله های تک دیواره را با خلوص و راندمان بالا به دست آوردند. در این روش، از دو میله گرافیتی به عنوان الکترود استفاده می شود یکی از این دو الکترود با قطر حدود ۱۶ میلی متر و ۴۰ میلی متر به عنوان آند و دیگری با قطر ۱۶ میلی متر و طول ۱۰۰ میلی متر به عنوان کاتد در نظر گرفته می شود. در امتداد محور آند حفره ای به قطر ۳/۵ میلی متر و عمق ۴۰ میلی متر ایجاد شده و با مخلوطی از پودر گرافیت و کاتالیست (ایتریم و نیکل) پر می گردد. کاتد و آند به صورت افقی درون یک راکتور نصب می شوند. پس از برقراری خلا مناسب و با ورود گاز هلیوم، قوس الکتریکی بین دو الکترود ایجاد شده و دوده خامی در مناطق اطراف الکترودها ایجاد می‌شود. این دوده ها حاوی ساختارهای مختلفی از

...ی ناطق نیت و اشاعه پیشنهادنامه، پایان‌نامه‌ها، و رساله‌های تحصیلات تکمیلی و صیانت از حقوق پدیدآوران مر آنها (وزارت علوم، تحقیقات، فناوری به شمارهٔ ۱۹۵۹۲۹و تاریخ ۱۳۹۵/۹/۴) از پایگاه اطلاعات علمی ایران (گنج) در پرتو ...شده و استفاده از آن با رعایت کامل حقوق پدیدآوران و تنها برای هدف‌های علمی، آموزشی، و پژوهشی و بر پایهٔ قانون حمایت از مؤلفان، مصنفان، و هنرمندان (۱۳۴۸) و الحاقات و اصلاحات بعدی آن و سایر قوانین و مقررات مربوط

کربن از جمله نانو لوله های کربنی است [۶۰]. قسمت مرکزی دوده ها که تیره تر و نرم است، حاوی نانو لوله های کربنی است. علیرغم سهولت این روش در تولید نانو لوله های کربنی، مقدار کربن تولید شده در این روش زیاد بوده و فرایند بهینه نیست. همچنین اندازه الکترودها و راکتور، راندمان واکنش را محدود می سازد. در سال‌های اخیر

۲) تبخیر لیزری :

در سال ۱۹۹۶، گروه اسمایلی از دانشگاه رایس تکنیک تبخیر از طریق لیزر برای بهینه سازی روش لیزر به منظور تولید نانوتیوب های تک جداره ای در مقادیر چند گرم به کار رفت. گرافیت مخلوط شده با مقادیر کمی از فلز انتقالی (نیکل و کبالت) در انتهای یک لوله کوارتز قرار داده میشود. در معرض پرتو یون لیزر، گرافیت تبخیر شده و نانولوله های کربنی بدست می آید. دمای کوره در حدود ۱۲۰۰ درجه می باشد. محفظه شامل گاز هلیوم و آرگون میباشد. برای تولید (MWCNT) به روش سایش لیزری از گرافیت خالص استفاده می شود و برای تولید (SWCNT) از ترکیب گرافیت با (Fe/Ni/Co) استفاده می شود. ذرات کاتالیزور مانع بسته شدن سر لوله ها می شود. از مزیت های این روش کنترل خوب قطر و محصول خالص میباشد. (برداشت از پروژه هانیه ماندل ص۴۵)



۳-۱-۲.سایش لیزری

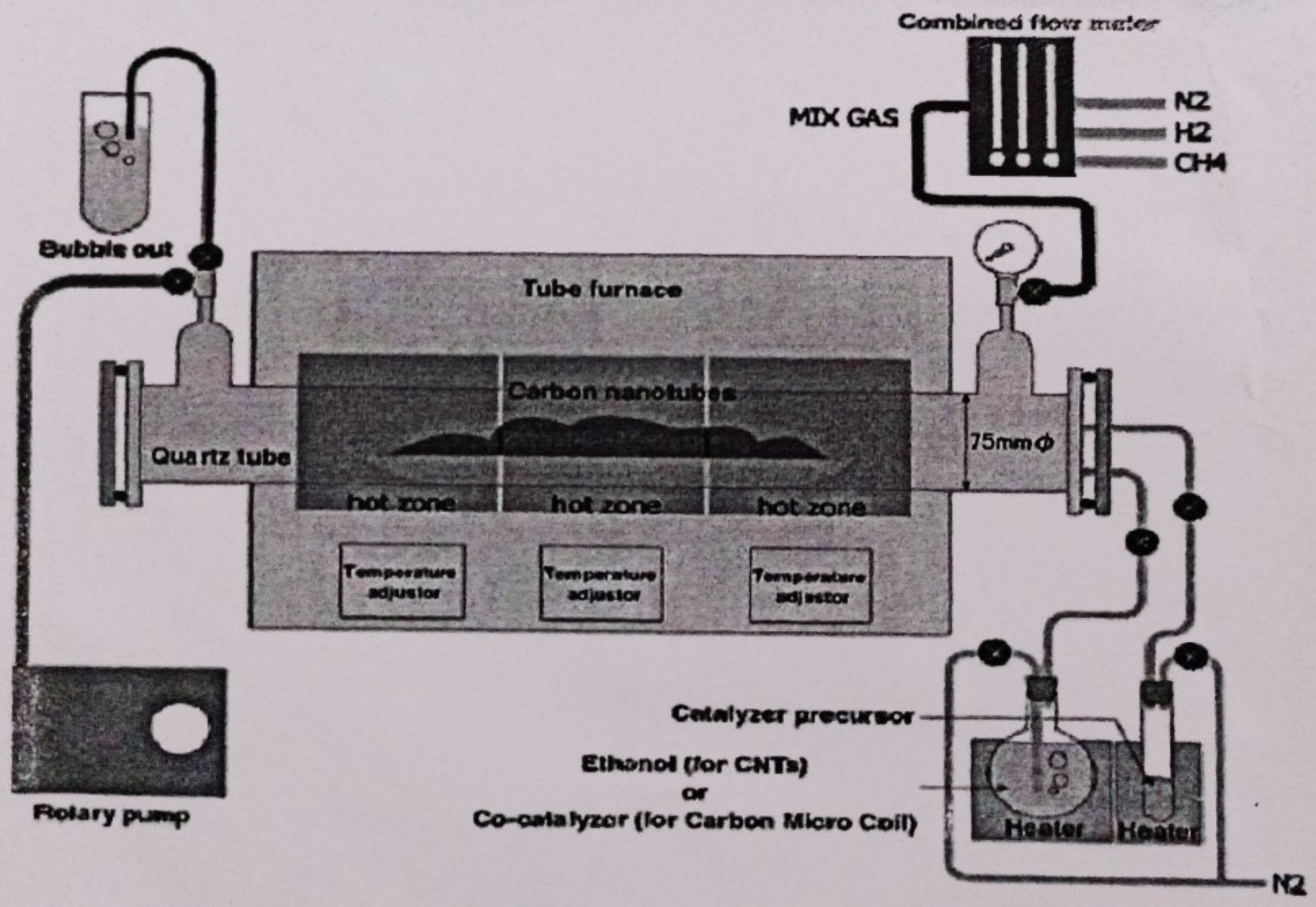
در سال ۱۹۹۶، گروه اسمایلی از دانشگاه رایس تکنیک تبخیر از طریق لیزر برای بهینه سازی روش لیزر به منظور تولید نانوتیوب های تک جداره ای در مقادیر چند گرم به کار رفت. گرافیت مخلوط شده با مقادیر کمی از فلز انتقالی(نیکل و کبالت) در انتهای یک لوله کوارتز قرار داده می شود. در معرض پرتو یون لیزر ، گرافیت تبخیر شده و نانولوله های کربنی بدست می آید. دمای کوره در حدود ۱۲۰۰ درجه می باشد.محفظه شامل گاز هلیوم و آرگون می باشد.برای تولید(MWCNT) به روش سایش لیزری از گرافیت خالص استفاده می شود و برای تولید (SWCNT) از ترکیب گرافیت با (Co,Ni,Fe,Y) استفاده می شود.ذرات کاتالیزور مانع بسته شدن سر لوله ها می شود.از مزیت های این روش کنترل خوب قطر ومحصول خالص می باشد.

CamScanner

3) روش دهی بخاری شیمیایی (CVD):

روش (CVD) از دیگر روشهای تولید نانولوله های کربنی است که برای تولید انبوه (در حد چند کیلوگرم) به کار میرود. این روش شامل رشد کاتالیزوری عنصر کربن در دمای بالاست. در این فرآیند نانو ذرات فلزی به عنوان کاتالیست عمل میکنند، در ابتدا فلز کاتالیزور را درون یک ماده ی زمینه توزیع می کنند، سپس کاتالیزور و مجموعه تهیه شده در داخل یک کوره ی استوانه ای قرار داده می شود. سپس همراه با عبور گازی اتر، دمای کوره تا حد مورد نظر افزایش می یابد. در ادامه، با قطع جریان گازی اتر، گاز هیدروکربن با جریان مشخص و برای مدت زمان دلخواه در

راکتور جریان یافته و سنتز نانولوله کربنی بر روی کاتالیزور صورت میگیرد. پس از گذشت زمان مورد نیاز، جریان گاز هیدروکربن قطع و جریان گازی اتر مجدداً برقرار می گردد و کوره تا دمای اتاق سرد می شود. انجام این فرآیند معمولاً با تولید همزمان نانولوله های کربنی تک دیواره و چند دیواره منتهی میگردد. در سالهای اخیر، با اصلاح شرایط در این روش گونه کربن را ابتدا به صورت گازی برده، سپس با استفاده از منبع انرژی، مولکول های گازی کربن را شکسته و به رادیکال های آزاد و اکنشی تبدیل کرده، آن گاه این گونه های واکنشی بر روی زیر لایه گرم شده. و پوشش داده شده از کاتالیست ها، نفوذ پیدا میکند(پروژه هانیه صابدل ص۱۷) ۱۸



شماتیکی از سیستم تولید نانو لوله کربنی به روش (CVD)

در مقایسه با دو روش دیگر این روش ساده تر و اقتصادی است و از طریق آن میتوان در دمای پایین و فشار محیط CNT تولید کرد(

۳-۱-۳ .رسوب شیمیایی فاز بخار صفحه 15 و 16 فصل دوم

روش (CVD)از دیگر روش‌های تولید نانولوله‌های کربنی است که برای تولید انبوه (در حد چند کیلوگرم) به کار می‌رود. این روش شامل رشد کاتالیزوری عنصر کربن در دمای بالاست. در این فرآیند نانو ذرات فلزی به عنوان کاتالیست عمل می‌کنند، در ابتدا فلز کاتالیزور را درون یک ماده ی زمینه توزیع می کنند، سپس کاتالیزور و مجموعه تهیه شده در داخل یک کوره ی استوانه ای قرار داده می شود.سپس همراه با عبور گاز بی اثر، دمای کوره تا حد موردنظر افزایش می یابد. در ادامه، با قطع جریان گاز بی اثر، گاز هیدروکربن با جریان مشخص و برای مدت زمان دلخواه در راکتور جریان یافته و سنتز نانولوله ای کربنی بر روی کاتالیزور صورت میگیرد. پس از گذشت زمان مورد نیاز، جریان گاز هیدروکربن قطع و جریان گاز بی اثر مجدداً برقرار می گردد و کوره تا

در ادامه، با قطع جریان گاز بی اثر، گاز هیدروکربن با جریان مشخص و برای مدت زمان دلخواه

در راکتور جریان یافته و سنتز نانولوله ای کربنی بر روی کاتالیزور صورت میگیرد. پس از گذشت

زمان مورد نیاز، جریان گاز هیدروکربن قطع و جریان گاز بی اثر مجدداً برقرار می گردد و کوره تا

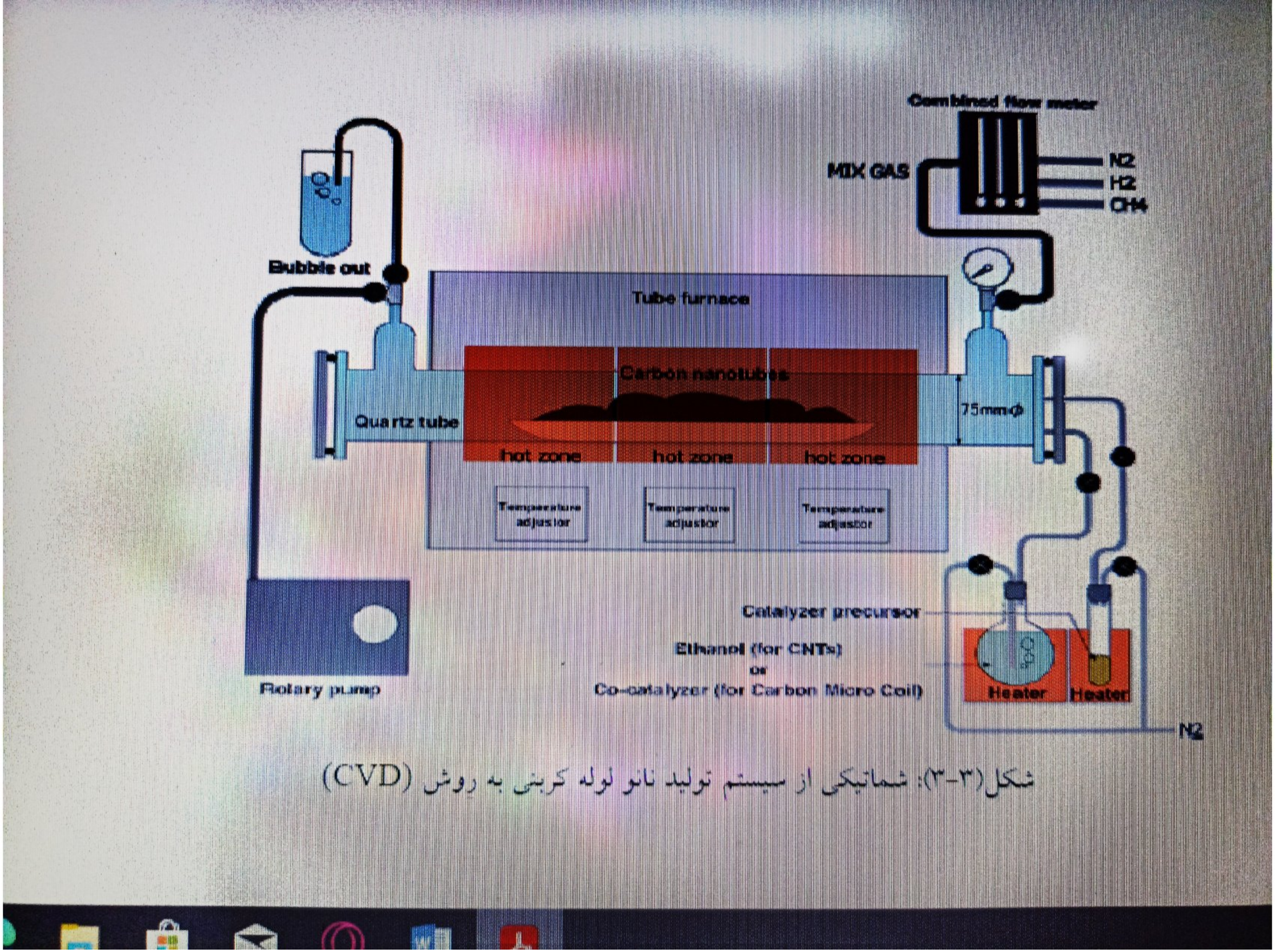
دمای اتاق سرد می شود. انجام این فرآیند معمولاً به تولید همزمان نانولوله های کربنی تک دیواره

و چنددیواره منتهی میگردد. در سالهای اخیر، با اصلاح شرایط در این روش گونه کربن را ابتدا به

صورت گازی برده،سپس با استفاده از منبع انرژی،مولکول های گازی کربن را شکسته و به

رادیکال های آزاد و واکنشی تبدیل کرده،آن گاه این گونه های واکنشی بر روی زیر لایه گرم شده

وپوشش داده شده از کاتالیست ها، نفوذ پیدا می کند.



شکل(۳-۳): شماتیکی از سیستم تولید نانو لوله کربنی به روش (CVD)

۲-۸ سازوکار رشد نانولوله‌های کربنی:

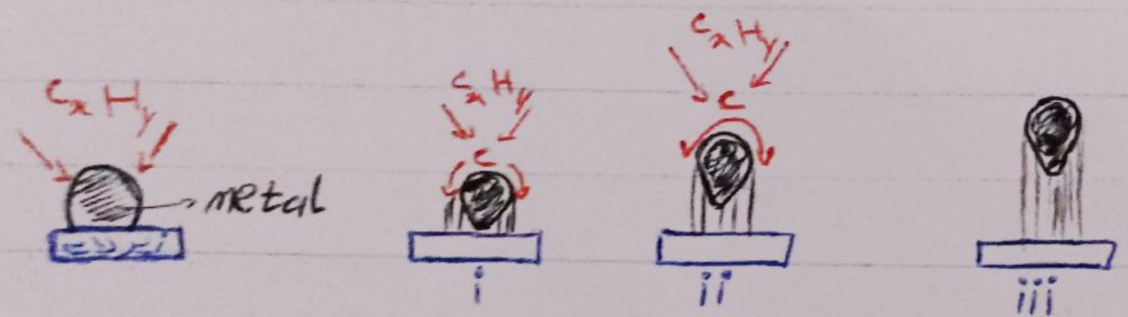
چگونگی تشکیل و سازوکار رشد نانولوله‌های کربنی بطور دقیق مشخص نیست ظاهرا چندین سازوکار در این فرایند در حالت دارند یکی از این سازوکارهای پیشنهادی که بیشتر دانشمندان پذیرفته اند دارای سه مرحله است ابتدا ذرات کاربید (C2) بر سطح ذرات کاتالیست

فلزی تشکیل میشود کاربید فلز ماده پیشگام برای تولید نانولوله و فولرین است این ذره نیمه پایدار کاربید به سرعت به کربن میله ای شکل تبدیل میشود

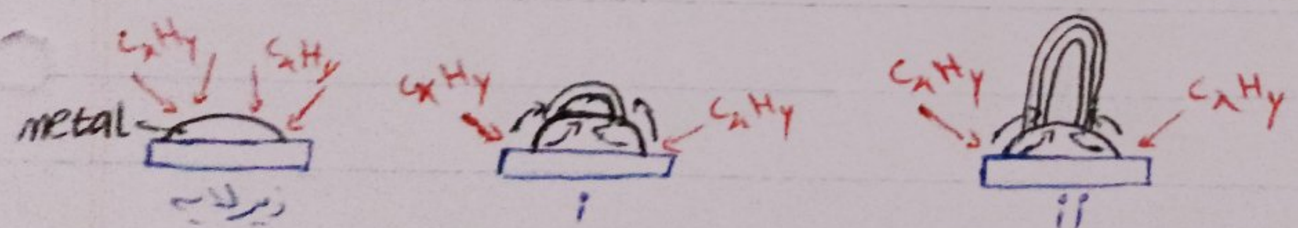
در مرحله دوم دیواره های میله کربنی با آرامی گرافیتی میشوند بنظر میرسد چگونگی رشد نانولوله ها در تمامی روشها مشابه باشد

نمودار سازوکار رشد نانولوله کربنی را در شکل زیر مشاده میکنید همانطورکه در شکل مشاهده میشود نانولوله نسبت به فلز پایه به دو صورت رشد میکند در روش اول (شکل الف) فلز پایه از سطح جدا میشود و در سر نانولوله رشد یافته قرار میگیرد این روش کلاهکی نام دارد

در روش دوم که رشد پایه ای نامیده میشود (شکل ب) نانولوله ها با بیرون آمدن از سطح زیر لایه بر روی ذرات فلز رشد میکنند و به همین دلیل چسبیده به زیر لایه باقی میمانند البته با تغییر دما / فشار / جنگالی و محیط شیمیایی ساختار کربنی متفاوتی رشد میابد (مقاله عذرتان داوودی ص۸) ۱۷



الف)
رشد کلاهکی



ب)
رشد پایه ای

سازوکار پیشنهاد پذیرفته شده برای CNT

CNT به‌شمار می‌آید.

صفحه 17 فصل دوم

۲-۲ سازوکار رشد

چگونگی تشکیل و سازوکار رشد نانولوله‌های کربنی به طور دقیق مشخص نیست. ظاهراً چندین سازوکار طی این فرایند دخالت دارند. یکی از سازوکارهای پیشنهادی که بیشتر دانشمندان پذیرفته‌اند، دارای سه مرحله است؛ ابتدا ذرات کاربید (C_2) بر سطح ذرات کاتالیست فلزی تشکیل می‌شود. کاربید فلز، ماده پیشگام برای تولید نانولوله و فولرین است. این ذرهٔ نیمه پایدار کاربید به سرعت به کربن میله‌ای شکل تبدیل می‌شود. در مرحله دوم، دیواره‌های میله کربنی به آرامی گرافیتی می‌شوند. به نظر می‌رسد چگونگی رشد

31°C Mostly cloudy

CamScanner

نانولوله‌ها در تمامی روش‌ها مشابه باشد [۱۲]. نمودار سازوکار رشد نانولوله کربنی را در شکل (۲) مشاهده می‌کنید. همانطور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، نانولوله‌ها نسبت به فلز پایه به دو صورت رشد می‌کنند. در روش اول، (شکل (۲)- الف)، فلز پایه از سطح جدا می‌شود و در سر نانولوله رشد یافته قرار می‌گیرد. این روش، رشد کلاهکی[۱] نامیده می‌شود. در روش دوم، که رشد پایه‌ای[۲] نامیده می‌شود (شکل (۲)- ب)، نانولوله‌ها با بیرون آمدن از سطح زیر لایه بر روی ذرات فلز رشد می‌کنند و به همین دلیل چسبیده به زیر لایه باقی می‌مانند. البته با تغییر دما، فشار، چگالی و محیط شیمیایی، ساختارهای کربنی متفاوتی رشد می‌یابد [۱۳].

شکل ۲. سازوکار رشد پذیرفته شده برای CNT: (الف) مدل رشد کلاهکی و (ب) مدل رشد پایه‌ای [۱۲].

۹-۲ مزایا و معایب استفاده از نانولوله‌های کربنی:

۱) مزایا:

۱- در زمینه انرژی، نانوتکنولوژی می‌تواند به طور قابل توجهی کارایی، ذخیره سازی و تولید انرژی را تحت تاثیر قرار داده و مصرف انرژی را کاهش دهد، کاهش مصرف انرژی تاثیر به سزایی در کاهش آلودگی های هوا خواهد داشت.

۲- یکی از نیازهای مهم و اساسی در ارتباط با کنترل آلودگی محیط زیست، پایش مستمر آلودگی است. با استفاده از نانو حسگرها همچون غبار هوشمند، پیشرفت موثری در زمینه ی کنترل آلودگی صورت گرفته است.

۳- نشت گازهای مهلک یکی از خطرات روزمره ی زندگی صنعتی است. متأسفانه هشاردهنده های موجود در صنعت اغلب بسیار دیر موفق به شناسایی این گونه گازهای نشتی می شوند با استفاده از نانو حسگرها که از نانو تیوب های تک جداره به ضخامت حدود یک نانومتر ساخته شده اند و می توانند مولکول های گازهای سمی را جذب نمایند نگرانی در خصوص نشت گازهای سمی کاهش یافته است. این گونه حسگرهای گازی برای شناسایی گازهای آمونیاک و دی اکسیدنیتروژن و دی اکسیدکربن که از جمله گازهای سمی به شمار می روند، با موفقیت آزمایش شده اند. هم چنین فیلتر هوشمند نانولوله کربنی، جاذب آلاینده های محیط زیست براساس فناوری نانو الکترونیک طراحی و ساخته شده و ۹۷ درصد مواد سمی و آلاینده های هیدروکربنیک موجود در هوا مانند مونواکسیدکربن و دی اکسیدکربن را پس از جذب به کربن ممتاز با دوده صنعتی تبدیل میکند بنابراین علم نانو می تواند به کاهش آلاینده های هوا بعد از انتشار نیز بسیار کمک کند.

۴- خودروها یکی از عوامل اصلی آلاینده های زیست محیطی می باشند. نانو تکنولوژی با ورود خود به صنایعی مانند خودروسازی از طریق کاهش مصرف سوخت خودرو، ساخت کاتالیزورهای اگزوز خودرو برای تصفیه ی گازهای خروجی اگزوز اتومبیل ها می تواند در جهت کاهش آلاینده های هوا موثر باشد. استفاده وسیع از نانو کامپوزیت ها می تواند به کاهش مصرف ۱/۵ میلیارد لیتر بنزین در عمر یک سال وسایل نقلیه منجر شود و آلودگی های مربوط به دی اکسیدکربن را سالانه بیشتر از ۵ میلیارد کیلوگرم کاهش دهد.

تولید نانو کامپوزیت ها با استفاده از فناوری نانو منجر به تولید مواد اولیه بسیار مقاوم و سبک شده که این مواد قادرند جایگزین قطعات فلزی سنگین شده و کاهش چشمگیری در وزن تجهیزات و قطعات خودرو و متعاقب آن کاهش چشمگیر در مصرف انرژی و نهایتا آلودگی هوا داشته باشند.

۵- این تکنولوژی قادر به بهبود روش های ارزیابی، مدیریت و کاهش خطرات برای محیط زیست بوده و فرصت هایی را برای تولید محصولات جدید و سالم فراهم می نماید. فناوری نانو در حفظ محیط زیست نقش مهمی در اصلاح خاک های آلوده و حذف یا پاک سازی آلاینده های شیمیایی موجود در منابع آب، خاک و هوا ایفا می کند و هم چنین با توسعه فرآیند تولید سبز، انتشار و تولید زایدات را کاهش داده و نیز موجب کاهش مصرف مواد خام مورد نیاز شده و راهکاری در جهت حفظ محیط زیست و منابع طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار به حساب می آید (مقالات شکری زاده و اسحقی ص ۳۰) ۲۰

۲) معایب:

ذرات نانو و فناوری نانو علاوه بر مفید بودن می توانند دارای خطرات احتمالی نیز باشند بنابراین باید مسایل مرتبط با ایمنی و خطرات احتمالی همراه با این روش های جدید را در نظر گرفت. ذرات نانو ممکن است سرعت جهش (mutation) باکتری ها را افزایش دهند و تهدیدی بالقوه برای محیط زیست و سلامت انسان باشند علی رغم این که فناوری نانو محصولات موجود را موثرتر و کارآمدتر مینماید، اندازه این ذرات که جزء خواص مهم آن ها است، می تواند سلامتی و محیط زیست را تهدید نماید این ذرات از گرده های گل گیاهان و مواد حساسیت زای معمولی نیز کوچکتر هستند و می توانند تولید حساسیت نمایند این ذرات می توانند به سیستم دفاعی و ایمنی بدن موجودات زنده و انسان حمله کنند بعضی از این ذرات قادرند پس از تنفس به کیسه های هوایی ریه ها آسیب برسانند که در این بین ماکروفاژها سعی می کنند تا آن ها را از بین ببرند و مانع از عبور این ذرات و ورودشان به خون شوند ولیکن ماکروفاژها در تشخیص ذرات با قطر کمتر از ۷ نانومتر دچار مشکل می شوند و این ذرات می توانند به آسانی در خون نفوذ نمایند گزارش شده است که نانوذرات مانند کربن سیاه و دی اکسید تیتانیوم که در فرآیندهای صنعتی کاربرد زیادی دارند و به آلودگی هوا نیز کمک می کنند موجب ایجاد التهاب و جراحت های پوستی شده و در ریه باقی مانده و انباشته می گردند ذرات اکسید روی و دی اکسید تیتانیوم باعث تولید رادیکال های آزاد در سلول پوستی شده و به DNA آسیب می رسانند و این آسیب به DNA موجب جهش (mutation) می شود و تغییراتی در ساختمان پروتئین به وجود می آورد که ممکن است باعث سرطان و تومور گردد.

نانوذرات طبیعی احتراق احتمالا مهم ترین منبع تولید ذرات نانوی طبیعی در محیط زیست می باشند انتشار نانوذرات مهندسی شده در محیط زیست خطرناک تر از ذرات طبیعی است، زیرا آن ها مواد جدیدی هستند و انسان ها و موجودات زنده دیگر ممکن است دارای مکانیزم های دفاعی کافی در مقابل شان نباشند بررسی ها نشان می دهد به طور کلی ذرات نانو کربنی و دی اکسید تیتانیوم سمی تر از ذرات بزرگ همان مواد هستند (اشتری زاده و اسحقی ص ۱۳ و مقاله ۹) ۲۰

۲-۱۰ اثرات برانگیختگی نانولوله های کربنی:

حالت رسانایی و نیمه رسانایی نانولوله ها با شکل هندسی آنها و نحوه رول شدن صفحات گرافیتی و زاویه پیچش نانولوله بستگی دارد از طرفی نحوه رول شدن ورقه گرافیتی ممکن است بر اندازه شعاع نانولوله اثر بگذارد در این بین، ساختار لوله، قطر و اندازه آن دو مشخصه اساسی هستند نانولوله های کربنی از مهم ترین و پرکاربردترین ساختارهای کربنی هستند که اخیرا کشف شده اند آنها خواص و ویژگی هایی منحصر به فرد

۱-درزمینه انرژی، نانوتکنولوژی می‌تواند به طور قابل توجهی کارایی، ذخیره سازی و تولید انرژی را تحت تاثیر قرار داده و مصرف انرژی را کاهش دهد ،کاهش مصرف انرژی تاثیر به سزایی در کاهش آلودگی های هوا خواهد داشت.

۲- یکی از نیازهای مهم و اساسی در ارتباط با کنترل آلودگی محیط زیست، پایش مستمر آلودگی است .با استفاده از نانوحس گرها هم چون غبار هوشمند، پیشرفت مؤثری در زمینه ی کنترل آلودگی صورت گرفته است.

۳- نشت گازهای مهلک یکی از خطرات روزمره ی زندگی صنعتی است. متأسفانه هشداردهنده های موجود در صنعت اغلب بسیار دیر موفق به شناسایی این گونه گازهای نشتی می شوند. با استفاده از نانو حس گرها که از نانوتیوب های تک لایه به ضخامت حدود یک نانومتر ساخته شده اند و می توانند

CamScanner

به ضخامت حدود یک نانومتر ساخته شده اند و می توانند مولکول های گازهای سمی را جذب نمایند، نگرانی در خصوص نشت گازهای سمی کاهش یافته است. این گونه حس گرهای گازی برای شناسایی گازهای آمونیاک و دی اکسید نیتروژن و دی اکسید کربن که از جمله گازهای سمی به شمار می روند، با موفقیت آزمایش شده اند. هم چنین فیلتر هوشمند نانو لوله کربنی، جاذب آلاینده های محیط زیست براساس فناوری نانو الکترونیک طراحی و ساخته شده و ۹۷ درصد مواد سمی و آلاینده های هیدروکربنیک موجود در هوا مانند مونواکسید کربن و دی اکسید کربن را پس از جذب به کربن ممتاز یا دوده صنعتی تبدیل می کند.بنابراین علم نانو می تواند به کاهش آلاینده های هوا بعد از انتشار نیز بسیار کمک کند (۱).

۴- خودروها یکی از عوامل اصلی آلاینده های زیست محیطی می باشند .نانو تکنولوژی با ورود خود به صنایعی مانند خودروسازی از طریق کاهش مصرف سوخت، خودرو، ساخت کاتالیزورهای اگزوز خودرو برای تصفیه ی گاز های خروجی، اگزوز اتومبیل ها می تواند در جهت کاهش آلاینده های هوا موثر باشد. استفاده وسیع از نانو کامپوزیت ها می تواند به کاهش مصرف ۱۵ میلیارد لیتر بنزین در عصر یک سال وسایل نقلیه

منجر شود و آلودگی های مربوط به دی‌اکسیدکربن را سالانه

بیشتر از ۵ میلیارد کیلوگرم کاهش دهد

تولید نانوکامپوزیت ها با استفاده از فناوری نانو منجر به تولید

مواد اولیه بسیار مقاوم و سبک شده که این مواد قادرند

جایگزین قطعات فلزی سنگین شده و کاهش چشمگیری در

وزن تجهیزات و قطعاتِ خودرو و متعاقب آن کاهش چشمگیر

در مصرف انرژی و نهایتا آلودگی هوا داشته باشند(۲).

۵-این تکنولوژی قادر به بهبود روش های ارزیابی، مدیریت و

کاهش خطرات برای محیط زیست بوده و فرصت هایی را برای

تولید محصولات جدید و سالم فراهم می نماید. فناوری نانو در

حفظ محیط زیست نقش مهمی در اصلاح خاک های آلوده و

حذف یا پاک سازی آلاینده های شیمیایی موجود در منابع آب،

خاک و هوا ایفا می کند. هم چنین با توسعه فرایند تولید سبز،

استفاده و تولید زایدات را کاهش داده و نیز موجب کاهش مصرف

مواد خام مورد نیاز شده و راهگاری در جهت حفظ محیط

زیست و منابع طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار به حساب می

آید (۳).

مواد اولیه بسیار مقاوم و سبک شده که این مواد قادرند جایگزین قطعات فلزی سنگین شده و کاهش چشمگیری در وزن تجهیزات و قطعاتِ خودرو و متعاقب آن کاهش چشمگیر در مصرف انرژی و نهایتا آلودگی هوا داشته باشند(۲).

۵-این تکنولوژی قادر به بهبود روش های ارزیابی، مدیریت کاهش خطرات برای محیط زیست بوده و فرصت هایی را برای تولید محصولات جدید و سالم فراهم می نماید. فناوری نانو در حفظ محیط زیست نقش مهمی در اصلاح خاک های آلوده و حذف یا پاک سازی آلاینده های شیمیایی موجود در منابع آب، خاک و هوا ایفا می کند، هم چنین با توسعه فرآیند تولید سبز، انتشار و تولید زایدات را کاهش داده و نیز موجب کاهش مصرف مواد خام مورد نیاز شده و راهکاری در جهت حفظ محیط زیست و منابع طبیعی و دستیابی به توسعه پایدار به حساب می آید(۳).

با توجه به توانمندی های فراوان فناوری نانو در حذف و کنترل آلودگی های محیطی و تصفیه و جلوگیری از انتشار آن ها می توان آن را به عنوان یک تکنولوژی سبز و ابزاری موثر برای دست یابی به توسعه پایدار در نظر گرفت.

ب-تأثیرات مخرب فناوری نانو بر محیط زیست

ذرات نانو و فناوری نانو علاوه بر مفید بودن می توانند دارای خطرات احتمالی نیز باشند، بنابراین باید مسایل مرتبط با ایمنی و خطرات احتمالی همراه با این روش های جدید را در نظر گرفت. ذرات نانو ممکن است سرعت جهش (mutation) باکتری ها را افزایش دهند و تهدیدی بالقوه برای محیط زیست و سلامت انسان باشند. علی رغم این که فناوری نانو محصولات موجود را مؤثرتر و کارآمدتر می نماید، اندازه این ذرات که جزء خواص مهم آن ها است، می تواند سلامتی و محیط زیست را تهدید نماید. این ذرات از گرده های گل گیاهان و مواد حساسیت زای معمولی نیز کوچکتر هستند و می توانند تولید حساسیت نمایند. این ذرات می توانند به سیستم دفاعی و

یعنی بدن موجودات زنده و انسان حمله کنند بعضی از این ذرات قادرند پس از تنفس به کیسه های هوایی ریه ها آسیب برسانند که در این بین ماکروفاژها سعی می کنند تا آن ها را از بین ببرند و مانع از عبور این ذرات و ورود شان به خون شوند ولیکن ماکروفاژها در تشخیص ذرات با قطر کمتر از ۷۰ نانومتر دچار مشکل می شوند و این ذرات می توانند به آسانی در خون نفوذ نمایند گزارش شده است که نانوذرات مانند کربن سیاه و دی اکسیدتیتانیوم که در فرایندهای صنعتی کاربرد زیادی دارند و به آلودگی هوا نیز کمک می کنند موجب ایجاد التهاب و جراحت های پوستی شده و در ریه باقی مانده و انباشته می گردند ذرات اکسیدروی و دی اکسید تیتانیوم باعث تولید رادیکال های آزاد در سلول پوستی شده و به DNA آسیب می رساند و این آسیب به DNA موجب جهش (mutation) می شود و تغیراتی در ساختمان پروتیین به وجود می آورد که ممکن است باعث سرطان و تومور گردد.

نانوذرات طبیعی احتراق احتمالاً مهم ترین منبع تولید ذرات نانوی طبیعی در محیط زیست می باشند. انتشار نانو ذرات مهندسی شده در محیط زیست خطرناک تر از ذرات طبیعی است، زیرا آن ها مواد جدیدی هستند و انسان ها و موجودات زنده دیگر ممکن است دارای مکانیزم های دفاعی کافی در مقابل شان نباشند. بررسی ها نشان می دهد به طور کلی ذرات نانوکربنی و دی اکسیدتیتانیوم سمی تر از ذرات بزرگ همان مواد هستند(۱).

جهت جلوگیری از پوشش متاخر در به کارگیری مدلی جهت بررسی

ومدول یانگ بالا، استحکام بسیار بالا و انعطاف و پیچش پذیری خوبی دارند. مهم ترین خاصیت نانولوله‌ها هدایت الکتریکی آنهاست که بسته به میزان نظم قرارگرفتن اتم ها قابل تغییر است. آنها هم چنین هدایت حرارتی بسیار بالایی دارند. علت استحکام و مقاومت بالا و مدول الاستیک بسیار خوب نانولوله‌های کربنی، پیوند محکم بین اتم هایشان می باشد. استحکام نانولوله‌های کربنی ناشی از پیوندهای sp^2 بین اتم های کربن است که باعث شده نانولوله‌ها قوی ترین و سفت ترین مواد شناخته شده در استحکام کششی و مدول الاستیک باشند. تحت فشار بیش از حد کشش، نانولوله‌ها تغییر شکل می دهند که این تغییر شکل دائمی است و در فشار تقریباً ۵٪ درصد شروع می شود و تا حداکثر فشار ایجاد شده روی نانولوله، تا قبل از ایجاد ترک، افزایش می یابد. استحکام نانولوله‌های کربنی تک دیواره بسیار بالاست، اما استحکام نانولوله‌های کربنی چند دیواره، به علت فعل و انفعالات برشی ضعیف لایه‌های مجاور و لوله‌ها، کاهش می یابد. نانولوله‌های کربنی بسیار مرتجع اند و مقاومت خوبی در مقابل تغییر شکل از خود نشان می دهند و با حذف فشار از روی آنها، بدون تخریب ساختارشان، به حالت اولیه بر می گردند، زیرا عیوب کمی در ساختار دیواره شان دارند. هم چنین هنگام خم شدن آنها، ساختار حلقه‌های شش ضلعی در دیواره تغییر می کند اما نمی شکند. مهم ترین خاصیت فیزیکی نانولوله‌ها هدایت الکتریکی و گرمایی آنهاست. هر اتم در جایگاه خود در حال ارتعاش است و وقتی که یک الکترون (یا بار الکتریکی) با مجموعه‌ای از اتم ها وارد می شود، ارتعاش اتم ها بیش تر می شود و در اثر برخورد با یک دیگر بار الکتریکی وارد شده را منتقل می کنند. هر چه نظم اتم ها بیش تر باشد، هدایت الکتریکی آن دسته از نانولوله‌ها بیش تر خواهد بود. بنابراین نانولوله‌ها می توانند به عنوان رسانای یک بعدی در پدیده های گوناگون که در دماهای پایین اتفاق می افتند عمل کنند. گرمای ویژه و هدایت حرارتی نانولوله‌های کربنی به فونون ها و دما وابسته می باشد. نانولوله‌های کربنی، به علت پیوندهای کربن - کربن قوی گرافن، در دمای زیر ۲۰ کلوین خواص فوق هادی نشان می دهند. آنها هادی گرمایی خوبی در جهت محور هستند، اما هم زمان عایق هایی خوب در جهت عمود بر محور نانولوله‌های کربنی هستند. نانولوله‌های کربنی، به دلیل هدایت گرمایی بالا، خواص مواد کامپوزیت و خواص گرمایی مواد ترموکانیک را بسیار بهبود می بخشند. واکنش پذیری شیمیایی یک نانولوله نسبت به مواد دیگر قابل توجه است که مستقیماً با خمیده شدن نانولوله کربنی افزایش می یابد. این انحنا باعث اختلاط اوربیتال π و σ می شود که به هیبریداسیون بین اوربیتال ها می انجامد. از این رو واکنش پذیری نانولوله‌ها مستقیماً به اوربیتال π بستگی دارد و با انحنا افزایش می یابد. بنابراین یک نانولوله با قطر کوچک تر واکنش پذیری بیشتری دارد (مقاله بستگی دارد ۲۰۹۶)

۲-۱۱ جمع بندی :

نانولوله‌های کربنی که از صفحات گرین به ضخامت یک اتم و به شکل استوانه‌ای توخالی ساخته شده است در سال ۱۹۹۱ توسط سامیو ایجیما (از شرکت NEC ژاپن) کشف شد. سال ها پیش سامیو ایجیما در حال تحقیق پشت یک میکروسکوپ الکترونی نشسته بود که رشته هایی

نانومتری را در رسوب سیاه رنگ دوده ای مشاهده کرد. این رشته ها از کربن خالص تشکیل شده بودند و مانند بلورهای منظم دارای ساختار متقارن و آرایش یافته بودند. این مولکول های بزرگ، زیبا و خیلی بلند خیلی زود نانولوله نام گرفتند و موضوع مطالعات علمی و مهندسی پیشرفته تا حال حاضر بوده اند. کشف فولرین توسط ریچارد اسمالی و همکارانش ایمیجیا را تشویق کرد و باعث شد که او هم به ساختارهای جدید کربنی فکر کند. اخیراً به کمک نگارنیتروژن و یک ورقه نازک فولادی با روشی به نام رشد فوق سریع نانولوله ها را تولید شده است و امیدمی رود هزینه نانولوله به ازای هر کیلوگرم کاهش یابد.

خواص ویژه و منحصر به فرد آن از جمله مدول یانگ بالا و استحکام کششی خوب از یک طرف و طبیعت کربنی بودن نانولوله ها (به خاطر این که کربن ماده ای است کم وزن، بسیار پایدار و ساده جهت انجام فرایندها که نسبت به فلزات برای تولید ارزان تر می باشد) باعث شده که در دهه گذشته شاهد تحقیقات مهمی در کارایی و پیداری روش های رشد نانولوله ها باشیم. کارهای نظری و عملی زیادی نیز بر روی ساختار اتمی و ساختارهای الکترونی نانولوله متمرکز شده است. کوشش های گسترده ای نیز برای رسیدگی به خواص مکانیکی شامل مدول یانگ و استحکام کششی و ساز و کار عیوب و اثر تغییر شکل نانولوله ها بر خواص الکتریکی صورت گرفته است. می توان گفت این علاقه ویژه به نانولوله ها از ساختار و ویژگی های بی نظیر آن ها سرچشمه می گیرد. خصوصیات مافوق تصور زیادی است که به نانولوله ها اختصاص دارد. در بین این خصوصیات انعطاف عالی یعنی تغییر شکل و خم شدن و بازگشت به حالت اولیه، استحکام کششی و ثبات حرارتی، خصوصیاتی هستند که پیش بینی هایی رویایی از ساخت محصولات فناوری نانو را در سر می پرورانند: روبات های میکروسکوپی، بدن های صاف و بولادین برای خودروها که به سختی در تصادفات مچاله می شوند، بارو های مصنوعی و ساختمان هایی که در برابر زلزله مقاوم هستند. با این همه اولین محصولاتی که از نانولوله ها استفاده کرده اند، هیچ کدام از این مواد را در بر ندارند. برخی از ویژگی های نانولوله های کربنی مانند اندازه بسیار کوچک (قطر کوچکتر از ۰/۴ نانومتر) و حالت رسانا و نیمه رسانایی آن ها بر حسب شکل هندسی شان بسیار کارآمد بوده است.

نانولوله ها بر حسب نحوه رول شدن صفحات گرافیتی سازنده شان به صورت رسانا یا نیمه رسانا درمی آیند به عبارت دیگر از آنجا که نانولوله ها در سطح مولکولی همچون یک بار یکه سیمی درهم تنیده به نظر می رسند اتم های کربن در قالب شش وجهی به یکدیگر متصل می شوند و این الگوهای شش وجهی دیواره های استوانه ای را تشکیل می دهند که اندازه آن تنها چند نانومتر می باشد زاویه پیچش نانولوله که به صورت زاویه بین محور الگوی شش وجهی آن و محور لوله تعریف می شود، رسانا یا نارسانا بودن را تعیین می کند تحقیقات دیگری نیز نشان داده اند که تغییر شعاع نیز امکان بستن طول باند و عایق نمودن نانولوله فلزی را فراهم می کند بس می توان گفت دو پارامتر اساسی که در این بین

نقش اساسی بازی می کنند، یکی ساختار نانولوله و دیگری قطر و اندازه آن است. بررسی های دیگری نشان داده اند که خصوصیات الکتریکی نانولوله ها بسته به اینکه مولکول کربن در کجا قرار داده شود از یک هادی به یک نیمه هادی و یا یک عایق قابل تغییر می باشد.

این مواد جدید به دلیل خواص الکتریکی، فیزیکی، شیمیایی، مکانیکی و اپتیکی مورد توجه زیادی قرار گرفته اند. با این حال، استفاده از نانولوله های کربنی به دلیل وجود پیوندهای هیدروژنی قوی بین مولکولی بین لوله ها که موجب شکل گیری می شود، به طور قابل توجهی محدود شده است. برای فعال کردن پراکندگی نانولوله های کربنی، محققان از انواع مختلفی از روش ها برای آماده سازی گروه های عملکردی جدید بر روی سطح نانولوله های کربنی استفاده کرده اند.