دانشکده مهندسی مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مکانیک(طراحی کاربردی)

تحلیل رفتار دینامیکی نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک حاوی سیال

به وسیله

سید مهدی جوانمرد

استاد راهنما

دکترسید احمد فاضل زاده

اسفند ۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب سید مهدی جوانمرد (۸۸۰۸۰۶) دانشجوی رشته مهندسی مکانیک گرایش طراحی کاربردی دانشکده مهندسی مکانیک اظهار می‌کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده‌ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام. همچنین اظهار می‌کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می‌نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم. کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام و نام خانوادگی : سید مهدی جوانمرد

تاریخ و امضا : ۱۳۹۰/۱۲/۲۱

به نام خدا

تحلیل رفتار دینامیکی نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک حاوی سیال

به کوشش

سید مهدی جوانمرد

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه شیراز به عنوان بخشی
از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته:

مهندسی مکانیک (طراحی کاربردی)

از دانشگاه شیراز

شیراز

جمهوری اسلامی ایران

ارزیابی شده توسط کمیته پایان نامه با درجه : عالی

دکتر سید احمد فاضل زاده، دانشیار مهندسی مکانیک (رئیس کمیته) .....

دکتر علی نایبی، دانشیار مهندسی مکانیک .....

دکتر محمد اقتصاد، استاد مهندسی مکانیک .....

اسفند ۱۳۹۰

چکیده

تحلیل رفتار دینامیکی نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک حاوی سیال

بوسیله

سید مهدی جوانمرد

ابعاد نانو، تو خالی بودن نانولوله ها و دیگر خواص منحصر بفرد نانولوله‌های کربنی، استفاده از آن ها را بعنوان انتقال دهنده نانو سیالات، دارو (بصورت آرام و مداوم به جریان خون و یا یک عضو خاص) و دیگر سیالات گسترش داده است. از این رو تحلیل پایداری و فرکانس ارتعاشات آن ها از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این پایان نامه رفتار دینامیکی نانولوله‌های حاوی سیال با در نظر گرفتن پارامتر ویسکوالاستیک مورد مطالعه قرار گرفته است. اصل همیلتون برای یافتن معادلات حاکم بر نانولوله‌ها استفاده شده است، سپس از تئوری ویسکوالاستیک کلوین و تئوری غیرموضعی جهت بهبود معادلات و اعمال پارامترهای ویسکوالاستیک و غیرموضعی در معادلات حاکم بر نانولوله استفاده شده است. اثر سرعت سیال، ضریب ویسکوالاستیک، سختی بستر الاستیک، پارامتر غیرموضعی، شرایط مرزی و ضریب رعنایی بر پایدرای و فرکانس ارتعاش نانولوله‌های کربنی در دو حالت تحلیل خطی و تحلیل غیر خطی بررسی گردیده‌اند. از نتایج چنین بر می‌آید که ضریب ویسکوالاستیک، از پارامترهای مهم در تحلیل ارتعاشات نانو لوله‌های کربنی می‌باشد. این پارامتر باعث وابستگی ارتعاشات به زمان می-گردد و محدوده پایداری سیستم را افزایش می‌دهد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱- مقدمه ۱

مقدمه ۲

۱-۱-نانولوله های کربنی ۳

۱-۱-۱- پیوندهای اتمی کربن ۳

۱-۱-۲- ساختار نانولوله ها ۵

۱-۱-۳- خواص نانولوله ها ی کربنی ۸

۱-۱-۴- کاربردهای نانولوله ها ۱۰

فصل ۲- پیشینه تحقیق ۱۶

فصل ۳- تئوری ۲۲

۳-۱-رفتار ویسکوالاستیک ۲۳

۳-۲-تئوری غیر موضعی ۲۶

۳-۲-۱- مدول غیر موضعی ۲۸

۳-۳-استخراج معادلات حاکمه ۲۹

۳-۳-۱- معادلات حاکمه خطی ۲۹

۳-۳-۲- معادلات حاکمه غیرخطی ۳۳

۳-۴-روش حل ۳۶

۳-٤-۱- روش حل معادلات حاکمه خطی ۳۶

۳-٤-۲- روش حل معادلات حاکمه غیر خطی ۴۱

فصل ۴- نتایج ۴۳

۴-۱-مقدمه.. ..... ۴۴

۴-۲- نتایج ۴۷

٤-۲-۱ نتایج تحلیل خطی ۴۷

٤-۲-۲- نتایج تحلیل غیر خطی ۵۷

فصل ۵- جمع بندی و پیشنهادات ۷۰

۵-۱-جمع بندی.... ..... ۷۱

۵-۲-پیشنهادات ۷۲

پیوست..... ۷۳

مراجع..... ۷۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ : ساختار اتمی الماس، گرافیت، باکی بال[۲] ۴

شکل ۱-۲: ساختار اتمی نانولوله کربنی تک جداره و چند جداره[۳] ۴

شکل ۱-۳ : تعریف نانولوله کربنی بر اساس بردارهای n,m[۱] ۵

شکل ۱-۴ : انواع مختلف نانو لوله کربنی تک جداره (دسته صندلی، زیگزاگ، کایرال)[۴] ۶

شکل ۱-۵ : شماتیک نانو لوله کربنی چند جداره[۲] ۷

شکل ۱-۶:تصویر میکروسکوپ اتمی از نانولوله کربنی با دیواره چند جداره(مقیاس ۵nm)[۵] ۷

شکل ۱-۷ : تصویر SEM از پروب نانو لوله کربنی و شماتیکی از توانایی نوک نانو لوله کربنی در اسکن [۱] ۱۱

شکل ۱-۸: شماتیکی از یک سلول حافظه ساخته شده به کمک نانو لوله های کربنی[۲۱] ۱۲

شکل ۱-۹: شماتیکی از یک دروازه منطقی ساخته شده از نانو لوله کربنی تک جداره[۵].... ۱۳

شکل ۱-۱۰: شماتیکی از یک سنسور خازنی جهت حس کردن گازها [۲۲]..... ۱۳

شکل ۱-۱۱ : چرخدنده شبیه سازی شده بر پایه نانو لوله کربنی در ناسا[۲۶] ۱۴

شکل ۱-۱۲: کوچکترین پمپ ساخته شده جهت تزریق پیوسته انسولین به خون..... ۱۵

شکل ۳-۴: شماتیکی از مقطع نانو لوله کربنی دو جداره و نیروی وان در والس بین جداره های آن ۳۱

شکل ۳-۵ : شماتیکی از نانولوله کربنی دو جداره حاوی سیال، قرار گرفته بر بستر الاستیک ۳۳

شکل ۴-۱ : مقایسه نتایج بدست آمده در این تحقیق و نتایج مرجع در شعاع داخلی 11.9nm و ضریب رعنایی ۵۰۰ [۸۴] ۴۵

شکل ۴-۲ : مقایسه نتایج بدست آمده در این تحقیق و نتایج مرجع [۸۴] در شعاع داخلی 11.9nm و ضریب رعنایی ۱۰۰۰ ..... ۴۶

شکل ۴-۳ : نحوه تغییرات فرکانس و پایداری نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک دو جداره بر حسب سرعت سیال در شرایط مرزی ساده شعاع داخلی 10nm و ضریب رعنایی ۱۰۰ با در نظر گرفتن ضرایب ویسکوالاستیک مختلف ۴۹

شکل ۴-۴ : نحوه تغییرات فرکانس و پایداری نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک دو جداره بر حسب سرعت سیال در شرایط مرزی ساده و ضریب رعنایی ۱۰۰ با در نظر گرفتن شعاع های داخلی مختلف ۵۰

شکل ۴-۵ : نحوه تغییرات فرکانس و پایداری نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک دو جداره بر حسب سرعت سیال در شرایط مرزی ساده شعاع داخلی 10nm و ضریب رعنایی ۱۰۰ با در نظر گرفتن ضرایب سفتی بستر الاستیک مختلف ۵۲

شکل ۴-۶ : نحوه تغییرات فرکانس و پایداری نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک دو جداره بر حسب سرعت سیال در شرایط مرزی ساده شعاع داخلی 10nm با در نظر گرفتن ضرایب رعنایی مختلف..... ۵۳

شکل ۴-۷ : نحوه تغییرات فرکانس و پایداری نـانو لولـه کربنـی ویسکوالاسـتیک دو جـداره بـر حسب سرعت سیال در شرایط مرزی ساده شعاع داخلی 2nm و ضریب رعنایی ۱۰ با در نظر گرفتن پارامترهای غیر موضعی مختلف ۵۵

شکل ۴-۸: نحوه تغییرات فرکانس و پایداری نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک دو جداره بر حسب سرعت سیال با شعاع داخلی 10nm و ضریب رعنایی ۱۰۰ با در نظر گـرفتن شـرایط مرزی مختلف ۵۶

شکل ۴-۹ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی بر حسب زمـان بـا در نظـر گـرفتن شعاع های داخلی مختلف ۵۷

شکل ۴-۱۰ نمودار FFT نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک با در نظر گرفتن شـعاع هـای داخلـی مختلف ۵۷

شکل ۴-۱۱ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی دو جداره بر حسب زمان با در نظـر گرفتن سرعت های سیال مختلف ۵۸

شکل ۴-۱۲ : نمودار FFT نانو لوله کربنی دو جداره بـا در نظـر گـرفتن سـرعت هـای سـیال مختلف ۵۹

شکل ۴-۱۳: نحوه ارتعاش و جابجایی میانـه نـانو لولـه کربنـی دو جـداره بـر حسـب زمـان در U=4000m/S ۵۹

شکل ۴-۱۴: نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی دو جداره بدون سـیال بـر حسـب زمان در K=0.1GPa ۶۰

شکل ۴-۱۵ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی دو جداره بدون سـیال بـر حسـب زمان در K=0.1GPa ۶۰

شکل ۴-۱۶ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی دو جداره بدون سیال بر حسب زمان در K=0.3GPa ۶۱

شکل ۴-۱۷ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی دو جداره بدون سیال بر حسب زمان در K=0.3GPa ۶۱

شکل ۴-۱۸ : نمودار FFT نانو لوله کربنی دو جداره بدون سیال با در نظر گرفتن شعاع های داخلی مختلف ۶۲

شکل ۴-۱۹ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی دو جداره حاوی سیال در K=0.1GPa..... ۶۳

شکل ۴-۲۰ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی دو جداره حاوی سیال در K=0.1GPa..... ۶۳

شکل ۴-۲۱ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی دو جداره حاوی سیال در K=0.3GPa..... ۶۴

شکل ۴-۲۲ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی دو جداره حاوی سیال در K=0.3GPa..... ۶۴

شکل ۴-۲۳: نمودار FFT نانو لوله کربنی دو جداره حاوی سیال با در نظر گرفتن سفتی بستر الاستیک مختلف ۶۵

شکل ۴-۲۴ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی دو جداره حاوی سیال با در نظر گرفتن ضرایب رعنایی مختلف ۶۶

شکل ۴-۲۵ : نمودار FFT نانو لوله کربنی دو جداره حاوی سیال با در نظر گرفتن ضریب رعنایی ۳۰ ..... ۶۶

شکل ۴-۲۶ : نمودار FFT نانو لوله کربنی دو جداره حاوی سیال با در نظر گرفتن ضریب رعنایی ۴۰ ..... ۶۷

شکل ۴-۲۷: نمودار FFT نانو لوله کربنی دو جداره حاوی سیال با در نظر گرفتن ضریب رعنایی ۵۰ ..... ۶۷

شکل ۴-۲۸ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک دو جداره حاوی سیال..... ۶۸

شکل ۴-۲۹ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک دو جداره حاوی سیال با در نظر گرفتن پارامتر ویسکوالاستیک مختلف..... ۶۸

شکل ۴-۳۰ : نحوه ارتعاش و جابجایی میانه نانو لوله کربنی ویسکوالاستیک دو جداره حاوی سیال با در نظر گرفتن ضرایب رعنایی مختلف..... ۶۹

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱ : مقایسه خصوصیات مکانیکی نانولوله های کربنی با فولاد و گرافیت [۸] ۹

جدول ۳-۱ : مقادیر λ_i در شرایط مرزی ساده و گیر دار ۳۸

جدول ٤-۱ : خصوصیات مکانیکی نانو لوله های کربنی چند جداره ۴۴

جدول ٤-۲: مقادیر سرعت بحرانی در نانو لوله کربنی دو سر گیردار با شعاع داخلی ۱۱.۹ نانومتر . ۴۷

جدول ٤-۳: مقادیر سرعت بحرانی در نانو لوله کربنی با شرایط مرزی ساده با شعاع داخلی ۱۱.۹ نانومتر ۴۷

فصل اول

مقدمه

مقدمه

نانوتکنولوژی، به وجود آوردن ساختارهایی از مواد است که در آنها آرایش مولکول‌ها از پیش طراحی شده باشد. از همین تعریف ساده برمی‌آید که نانوتکنولوژی یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته می باشد. برای نانوتکنولوژی کاربردهایی را در حوزه‌های مختلف از غذا، دارو، تشخیص پزشکی، بیوتکنولوژی، الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوافضا و امنیت ملی و ... می توان نام برد. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به‌عنوان یک زمینه‌ی فرا رشته‌ای مطرح نموده است.

ریچارد. پی. فاینمن[1] را به عنوان پایه گذار علم نانو می‌شناسند، در سال۱۹۵۹ ریچارد فاینمن در سخرانی مشهورش با عنوان " فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد " ایده فناوری نانو را برای عموم مردم آشکار ساخت و انقلاب نانو را آغاز کرد. یک سال بعد، راجر بیکن[2] به تشریح خصوصیات نانولوله ها پرداخت. اما مشاهده تغییر مکان اتم ها برای اولین بار در سال ۱۹۸۱میلادی بکمک میکروسکوپ تونلی رخ داد و در پی آن روبرت کارل[3]، هارولد کروتو[4] و ریچارد اسمالی[5] موفق به کشف مولکول های توپ مانند درست شده از کربن که امروز به نام توپ باکی بال معروف است شدند. در سال ۱۹۸۵ ریچارد اسمالی ساختار باکی بال را به کمک لیزر ساخت. کی اریک درکسلر[6] در سال ۱۹۸۶ کتاب موتورهای خلقت را منتشر کرد. این اولین کتابی بود که طرحی از پتانسیل های فناوری نانو را ارائه می داد. در سال ۱۹۹۰ در موسسه تحقیقاتی ماکس، پلانک باکی بال به روش قوس تخلیه الکتریکی، ساخته شد. و سرانجام در سال ۱۹۹۱ نانو لوله‌های کربنی چند جداره توسط سومیو ایجیما[7] در موسسه NEC کشف شد. در سال ۱۹۹۳ همکاری دو موسسه IBM و NEC به ساخته شدن نانولوله

---

[1] Richard Feynman
[2] Roger Bacon
[3] Robert Curl
[4] Harold Kroto
[5] Richard Smalley
[6] Eric Drexler
[7] Sumio Iijima

تک جداره منجر شد. در سال ۱۹۹۷ نخستین نانو ترانزیستور ساخته شد. اینک در سراسر دنیا هزاران شرکت فعال در اندیشه تولید محصول های مفید در عرصه نانو تکنولوژی هستند.

۱-۱- نانولوله های کربنی

کربن خالص ساختارهای مختلفی دارد که عبارتند از: ساختار الماس گونه[۱]، گرافیت[۲]، به شکل کروی (باکی بال یا ساختار C_{60})، نانولوله تک جداره[۳] یا چند جداره[۴]، و به صورت رشته ای و دسته ای از نانولوله ها[۵] در کنار هم. برای مطالعه ساختار و خواص نانولوله ها، ابتدا بایستی ساختار و خواص اتم های کربن را بررسی کرد.

۱-۱-۱- پیوندهای اتمی کربن

اتم کربن دارای ۶ الکترون است که دو الکترون درلایه $1s$ و ۴ الکترون دیگر در لایه sp^2 یا sp^3 قرار می گیرند شکل ۱-۱ نحوه آرایش اتم کربن را در الماس، گرافیت و فولرن ها را نشان می دهد.

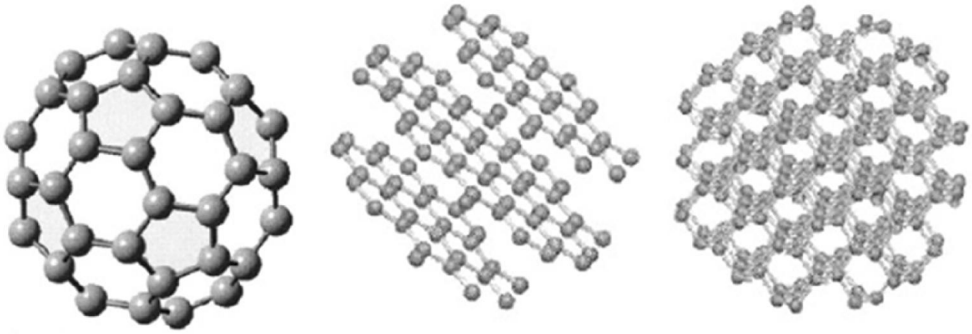
در گرافیت سه الکترون لایه بیرونی از هر اتم کربن با سه پیوند درون صفحه ای و یک پیوند خارج از صفحه π لایه sp^2 را اشغال می کنند این ساختار یک شبکه از شش وجهی ها را در یک صفحه بوجود می آورد و نیروی وان در والس[۶]، صفحات موازی را در فاصله ۰/۳۴ نانومتر از یکدیگر نگه می دارد. پیوند σ دارای طول ۰/۱۴ نانومتر و قدرت ۴۲۰ $\frac{Kcal}{mol}$ در حالت sp^2 و دارای طول ۰/۱۵ نانومتر و قدرت ۳۶۰ $\frac{Kcal}{mol}$ در حالت sp^3 می باشد بنابراین طول پیوند σ در گرافیک از الماس بیشتر است پیوند خارج از صفحه ای π در واقع به اشتراک گذاشتن الکترون چهارم هر اتم کربن بین صفحات گرافیت بوده و خواص حرارتی و رسانایی الکتریکی را در

---

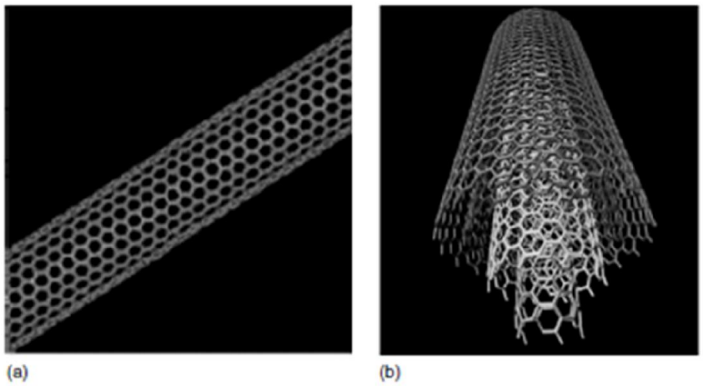
[1] Diamond
[2] Graphite
[3] Single Wall Nanotube(SWNT)
[4] Multi Single Wall Nanotube(MWNT)
[5] Bundle and Rope
[6] van der Walls(vdW)

گرافیت بوجود می آورد. نیروی ضعیف وان در والس ما بین صفحات گرافیت باعث نرمی آن و علت کاربرد آن بعنوان روان ساز است.

نانو لوله های کربنی را می توان صفحات گرافیتی لوله شده فرض کرد؛ پیوند بین اتم ها در نانو لوله های کربنی نوع خاص از حالت sp^2 می باشد. انحنای نانو لوله محدودیت کوانتومی بوجود آورده و ترکیب σ-π را در هر سه پیوند σ بوجود می آورد و پیوند های σ در نانولوله ها اندکی به خارج از صفحه کشیده می شوند. تمام پیوند های اتمی در نانولوله های کربنی از نوع σ می باشد، بنابراین نانو لوله کربنی از نظر مکانیکی مستحکم تر و از نظر الکتریکی و حرارتی رساناتر و از نظر شیمیایی و زیستی فعال تر از گرافیت است[۱].



شکل ۱-۱ : ساختار اتمی الماس، گرافیت، باکی بال[۲]



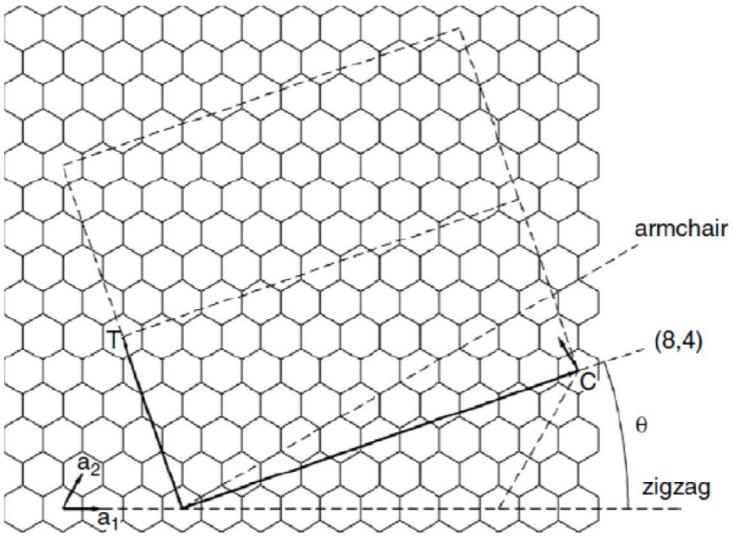
شکل ۱-۲: ساختار اتمی نانولوله کربنی تک جداره و چند جداره[۳]

۱-۱-۲- ساختار نانولوله ها

نانولوله ها به دو دسته تک جداره و دو جداره تقسیم می شوند. نانولوله های تک جداره از استوانه های تک جداره ای با قطر nm ۱-۲ تشکیل شده اند. نانولوله های کربنی تک جداره را می توان به صفحات گرافنی لوله شده تشبیه کرد، از آنجا که روش های مختلفی برای لوله کردن صفحات گرافنی وجود دارد، با استفاده از روش های متفاوت لوله کردن صفحات گرافن، نانولوله های تک جداره مختلفی را می توان بدست آورد.

متداول ترین روش این است که ابتدا صفحات گرافن را به صورت صفحات ساده که هنوز لوله نشده باشد در نظر بگیریم و سپس با استفاده از نشان دادن فرآیند لوله کردن به صورت بردارهای (a_1,a_2) و بردار $C = na_1 + ma_2$ که در آن n,m اعداد صحیح هستند، به توضیح این مسئله بپردازیم(بردار a_1 در راستای افق قرار دارد و دو بردار a_1 و a_2 با هم زاویه ۶۰ درجه می سازند).

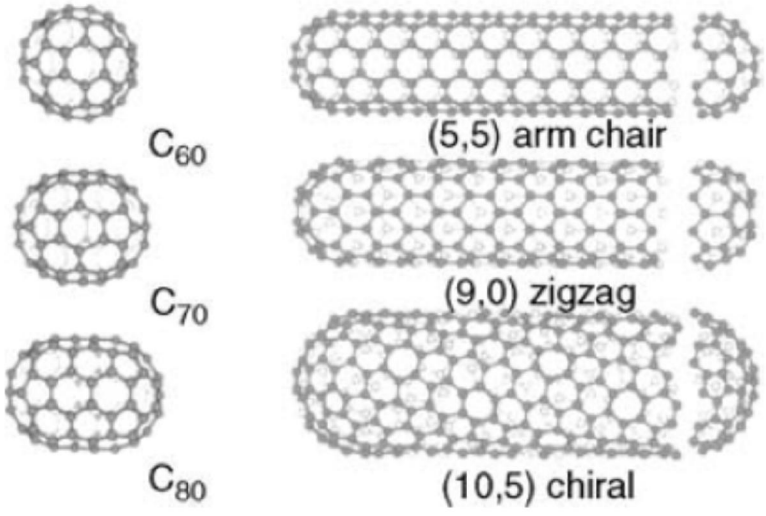
نقطه O یک نقطه دلخواه می باشد که بر روی یکی از اتم های کربن انتخاب شده است یک بردار na_1 به صورت افقی در امتداد زیگزاگ ها قرار گرفته است در حالی که بردار دیگر در مکان دلخواه قرار خواهد گرفت.



شکل ۱-۳ : تعریف نانولوله کربنی بر اساس بردارهای n,m[۱]

خط دسته صندلی خطی است که از تمامی شش ضلعی ها گذشته و آنها را به دو نیمه مساوی تقسیم می کند. اگر لوله بر روی این خط لوله شود آنگاه نانولوله حاصل از نوع دسته صندلی شکل یا صندلی دسته دار خواهد بود. این نامگذاری را می توان به علت شکل آن در راستای عمود بر محور لوله دانست که شکلی شبیه به دسته صندلی دارد در این حالت برای اطمینان از اینکه جمع برداری بر روی خط دسته صندلی قرار خواهد گرفت بردار ma_1 به گونه ای قرار خواهد گرفت که خط دسته صندلی نیمساز زاویه بین دو بردار باشد. چون مجموع بردارها جهت لوله شدن را تعیین می نماید برای اینکه این مجموع بر روی خط دسته صندلی قرار گیرد باید $na_1=ma_2$ باشد. بنابراین نانولوله ها با ساختار دسته صندلی دارای ساختارهای (n,n) می باشند.

حالت های دیگر نیز برای نامگذاری وجود دارد برای مثال اگر ma_2 برابر با صفر باشد آنگاه بردار حاصل جمع C بر روی بردار na_1 قرار خواهد گرفت که در این صورت نانولوله حول این محور لوله می شود و نانولوله با ساختار زیگزاگ تشکیل می گردد. حالت های دیگری نیز می تواند رخ دهد از جمله اینکه دو بردار نه برابر و نه صفر باشد که در این صورت نانولوله های کایرال تولید خواهند شد.

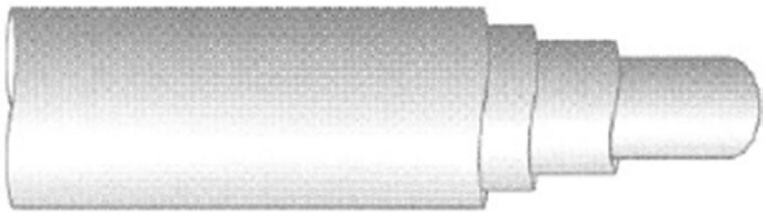


شکل ۱-۴ : انواع مختلف نانو لوله کربنی تک جداره (دسته صندلی، زیگزاگ، کایرال)[۴]

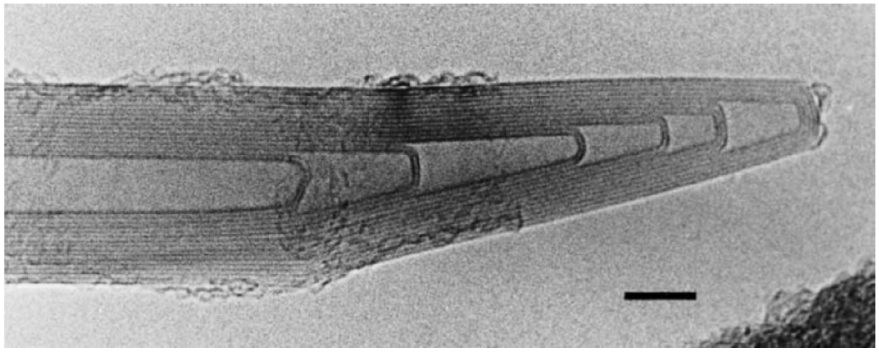
ممکن است این سوال مطرح گردد که چگونه می توان یک نانولوله کـربن را مشـخص کـرد. در جواب باید گفت که تنها کافی است الگوی اتم ها را که در راستای قطر واقع شده اند بررسی نمود و به زاویه کایرال آن توجه کرد. بر اساس مقادیر این زاویه، دوباره سه نوع اصلی نانولوله ها را می توان معرفی کرد.

- زیگزاگ $\theta = 0$
- کایرال $0 < \theta < 30$
- دسته صندلی $\theta = 30$

نانولوله های کربنی تک جداره دارای ساختار ساده و به صورت ورقـه هـایی از شـش ضـلعی های منظم و فقط از کربن تشکیل شده است. نانولوله های کربنی چند جداره دارای جداره های ضخیم تری نسبت به نانولوله های کربنی تک جداره بوده (شکل ۱-۵) و از استوانه هـای تـو در تو با فاصله nm ۰/۳۴ که تقریباً برابر با فاصله بین لایه ها در گرافیت است ، تشکیل شـده انـد. این نانولوله ها دارای قطر خارجی در حدود nm ۲۵-۲ بوده و طول متوسط این نانولولـه هـا در حد چند میکرومتر است .



شکل ۱-۵ : شماتیک نانو لوله کربنی چند جداره[۲]



شکل ۱-۶:تصویر میکروسکوپ اتمی از نانولوله کربنی با دیواره چند جداره(مقیاس 5nm)[۵]