بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه کاشان

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی مکانیک

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

عنوان:

پایداری محوری پوسته استوانه ای کامپوزیتی تقویت شده توسط نانو لوله‌ها ی نیترید بور با در نظر گرفتن اثر انباشتگی

استاد راهنما :

جناب آقای دکتر علی قربانپور

به وسیله:

احمد کرباسی زاده

بهمن ۱۳۸۹

بسمه تعالی

تاریخ:
شماره:
پیوست:

دانشگاه کاشان
دانشکده مهندسی

مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی دانشجو: احمد کریاسی زاده شماره دانشجویی: ۸-۳۳۲۱۱-۰۱

رشته : مهندسی مکانیک-طراحی کاربردی دانشکده : مهندسی

عنوان پایان نامه : پایداری محوری پوسته استوانه ای کامپوزیتی تقویت شده توسط نانو لوله های نیترید بور با در نظر گرفتن اثر انباشتگی

تعداد واحد پایان نامه : ۶ واحد **تاریخ دفاع : ۸۹/۱۱/ ۶**

این پایان‌نامه به مدیریت تحصیلات تکمیلی به منظور بخشی از فعالیتهای تحصیلی لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد ارایه می‌گردد. دفاع از پایان نامه در تاریخ ۸۹ /۱۱/۶ مورد تایید و ارزیابی هیات داوران قرار گرفت و با نمره ۱۸/۷۵ و درجه به تصویب رسید .

اعضاء هیات داوران

عنوان	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱. استاد راهنما	دکتر علی قربانپور	دانشیار	
۳.متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر عباس لقمان	استادیار	
٤. متخصص و صاحب نظر از داخل دانشگاه	دکتر مهدی محمدی مهر	استادیار	
۵. نماینده تحصیلات تکمیلی دانشگاه	دکتر علی اکبر عباسیان	استادیار	

آدرس: کاشان-بلوار قطب راوندی
کدپستی ۵۱۱۶۷-۸۷۳۱۷
تلفن ۵۵۵۹۹۳۰-دورنگار ۵۵۵۹۹۳
http: www.kashanu.ac.ir

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای را که توفیق کسب دانش و معرفت را به ما عطا فرمود. در اینجا بر خود لازم می‌دانم از تمامی اساتید بزرگوار بویژه اساتید دوره کارشناسی ارشد که در طول سالیان گذشته مرا در تحصیل علم و معرفت و فضائل اخلاقی یاری نموده‌اند تقدر و تشکر نمایم.

از استاد راهنمای گرامی و بزرگوارم جناب آقایان دکتر علی قربان‌پور که راهنمایی اینجانب را در انجام تحقیق، پژوهش و نگارش این پایان نامه تقبل نموده‌اند نهایت تشکر و سپاسگذاری را دارم. همچنین از تشریک مساعی آقایان دکتر مهدی محمدی مهر وعباس لقمان اساتید داور، که این پایان نامه را مورد مطالعه قرار داده و همچنین استاد ناظر تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکترعباسیان که در جلسه دفاعیه شرکت نمودند تشکر می نمایم.

در پایان از خانواده مهربانم که تمام موفقیت‌های زندگی‌ام مرهون زحمات بی دریغ و دلسوزانه آنهاست و با صبرشان بنده را در این مدت همراهی نمودند کمال تشکر را دارم.

احمد کرباسی زاده

بهمن ماه ۱۳۸۹

چکیده

در این تحقیق پایداری محوری پوسته استوانه ای جدار نازک پلیمری تقویت شده توسط نـانو لولـه نیترید بور با تکیه گاه‌های ساده و گیردار در دو طرف به روش تحلیلـی مـورد بررسـی قـرار گرفتـه است. جهت تحلیل سازه، معادلات تعادلی با استفاده از اصل حداقل انـرژی پتانسـیل بدسـت آمـده است. در حل تحلیلی از روابط دانل و تئوری کلاسیک پوسته‌های کامپوزیتی اسـتفاده شـده اسـت. برای مدل‌سازی و تعیین ویژگی‌های مکانیکی معادل کامپوزیت تقویت شده با نانو لوله نیتریـد بـور، از مدل میکرومکانیک استفاده شده است. نزدیکترین مدل به نتایج تجربی، مـدل ارائـه شـده بـرای کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف نانو است که در این پایان نامه از این روش استفاده شـده اسـت. اتصال در سطح مشترک نانو لوله و پلیمر ایده آل بوده و جدایی در سطح مشترک ایجاد نمـی‌شـود. علاوه بر این در این پایان نامه اثر تغییر در زاویه قرار گیـری الیـاف نسـبت بـه محـور اسـتوانه، اثـر افزایش درصد حجمی الیاف درون پلیمر، اثر تغییر در نسبت طول به شعاع پوسته و اثر پراکنـدگی الیاف در پایداری کامپوزیتی مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی : پایداری ، نانو لوله نیترید بور ، پوسته استوانه ای ، نانوکامپوزیت ، روش انرژی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱- فناوری نانو ۱

۱-۱-۱- تاریخچه ۱

۱-۱-۲-ساختار مولکولی نانولوله‌ها ۳

۱-۱-۲-۱-مکانیزم تشکیل پیوند ۳

۱-۱-۲-۲- صفحه گرافیتی و نانو لوله کربنی تک جداره ۵

۱-۱-۲-۳- انواع ساختاری نانو لوله ها ۵

۱-۱-۲-۴- اشکال نانو لوله ها ۷

۱-۱-۲-۴- ۱- نانو لوله‌های مستقیما ۷

۱-۱-۲-۴- ۲- نانولوله‌های موج دار ۷

۱-۱-۲-۴- ۳- نانولوله‌های فنری ۱۱

۱-۱-۲-۴- ۴- نانولوله‌ها خمیده‌ی منظم ۱۳

۱-۱-۲-۴- ۵- نانولوله های شاخه دار ۱۳

۱-۱-۲-۴- ۶- نانولوله های مهره دار ۱۵

۱-۱-۲-۵-نانولوله‌های کربنی چند جداره ۱۶

۱-۱-۲-۶- نانو لوله‌های نیترید بور ۱۷

۱-۱-۳- خواص نانولوله‌ها ۱۸

۱-۱-۳-۱- خواص مکانیکی ۱۸

۱-۱-۳-۲- خواص الاستیک ۱۸

۱-۱-۳-۳ خواص الکتریکی ۲۰
۱-۱-۳-۴ خواص حرارتی ۲۰
۱-۱-۴- کاربرد نانولوله‌ها ۲۱
۱-۲- کامپوزیت‌ها ۲۲
۱-۲-۱- ساختارهای تشکیل دهنده مواد مرکب ۲۳
۱-۲-۲- دسته بندی ۲۴
۱-۲-۳- مواد مرکب با زمینه پلیمری ۲۴
۱-۲-۴- فواید مواد مرکب ۲۵
۱-۲-۵- انواع کاربردهای کامپوزیت‌ها ۲۵
۱-۳- نانو کامپوزیت ۲۵
۱-۳-۱- تاریخچه نانو کامپوزیت‌ها ۲۸
۱-۳-۲- نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری ۲۸
۱-۳-۳- خواص و کاربرد نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری ۲۹
۱-۳-۴- نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری حاوی نانو ذرات ۳۰
۱-۳-۵ نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری حاوی نانو لایه‌ها ۳۱
۱-۳-۶- نانوکامپوزیت‌های زمینه پلیمری حاوی نانو الیاف ۳۲
فصل دوم: روابط ساختاری کامپوزیت ها ۳۳
۲-۲- روابط پایه ۳۳
۲-۲-۱- المان حجمی نمونه (RVE) و هندسه الیاف ۳۵
۲-۲-۲- مدل کردن مقدماتی ۳۷
۲-۲-۳- میکرومکانیک با اینکلوژن‌های برابر ۳۷
۲-۲-۳-۱- میدان‌های متوسط و ماتریس‌های غلظت ۳۸

۲-۲-۳-۲- قوانین مقدماتی اختلاط ۳۹
۲-۲-۳-۳- هم ارزی اینکلوژن ها و نا همگنی ۴۰
۲-۲-۴- غلظت‌های بالا ۴۱
۲-۲-۴-۱- روش موری-تاناکا ۴۲
فصل سوم- تحلیل میکرو مکانیکی خواص موثر الاستیک کامپوزیت تقویت شده با نانولوله ۴۳
۳-۱- نانو لوله مستقیم ۴۳
۳-۱-۱- کامپوزیت تقویت شده با نانولوله های منظم و مستقیم ۴۳
۳-۱-۲- کامپوزیت تقویت شده با نانولوله های کربنی پراکنده و مستقیم ۴۶
۳-۲- انباشتگی نانو لوله ها ۴۹
۳-۲- روش ترکیب ۵۲
فصل چهارم- پوسته های کامپوزیتی ۵۳
۴-۱- ماکرومکانیک ۵۴
۴-۱-۱- تئوری لایه‌ای ۵۴
۴-۱-۱- لایه‌های با گروهی از لایه های موازی ۵۷
۴-۲- سینماتیک و تعادل ۵۷
۴-۲-۱- سینماتیک پوسته نازک کلی ۵۷
۴-۲-۲- سینماتیک پوسته استوانه‌ای جدار نازک ۵۹
۴-۲-۳- تعادل پوسته نازک استوانه‌ای ۶۰
۴-۳- کمانش پوسته کامپوزیتی با استفاده از تئوری کلاسیک ۶۲
۴-۳-۱- انرژی پتانسیل پوسته ۶۲
۴-۳-۲- شرایط مرزی ۶۷
۴-۳-۲-۱- شرایط مرزی تکیه گاه ساده ۶۷

۴-۳-۲-۱- شرایط مرزی تکیه گاه گیردار ۶۹
فصل پنجم- مقایسه و بررسی نتایج ۷۲
۵-۱- تحلیل نتایج ۷۲
۵-۲- پوسته کامپوزیتی تقویت شده با الیاف نانو لوله نیترید بور با تکیه گاه ساده در دو انتها ۷۲
۵-۲-۱- بررسی تغییرات بار بحرانی نسبت به نیم موج طولی ۷۳
۵-۲-۲- اثر زاویه الیاف درپایداری پوسته نانو کامپوزیتی ۷۵
۵-۲-۳- اثر تغییرات طول نسبت به شعاع در پایداری پوسته نانوکامپوزیتی ۷۷
۵-۲-۴- اثر تغییرات تمام موج محیطی در پایداری پوسته نانوکامپوزیتی ۷۸
۵-۲-۵- اثر تغییرات درصد حجمی الیاف در پایداری پوسته نانوکامپوزیتی ۷۹
۵-۲-۶- اثر انباشتگی الیاف در پایداری پوسته نانو کامپوزیتی ۷۹
۵-۳- پوسته کامپوزیتی تقویت شده با الیاف نانو لوله نیترید بور با تکیه گاه گیردار در دو انتها ۸۱
۵-۳-۱- بررسی تغییرات بار بحرانی نسبت به نیم موج طولی ۸۱
۵-۳-۲- اثر زاویه الیاف درپایداری پوسته نانو کامپوزیتی ۸۳
۵-۳-۳- اثر تغییرات نسبت طول به شعاع در پایداری پوسته نانوکامپوزیتی ۸۵
۵-۳-۴- اثر تغییرات تمام موج محیطی در پایداری پوسته نانوکامپوزیتی ۸۶
۵-۳-۵- اثر تغییرات درصد حجمی الیاف در پایداری پوسته نانوکامپوزیتی ۸۷
۵-۳-۶- اثر انباشتگی الیاف در پایداری پوسته نانوکامپوزیتی ۸۸
۵-۴- نتیجه‌گیری ۹۰
۵-۵- پیشنهادات ۹۱
۶- فهرست منابع ۹۲

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- مکانیزم ساخت نانو لوله کربنی ۴

شکل ۱-۲- ساختار بعضی از آلوتروپ های کربن ۵

شکل ۱-۳- انواع نانو لوله تک جداره ۶

شکل ۱-۴- شرح شماتیکی از نانو لوله های تک دیواره باساختارهای مختلف..... ۸

شکل ۱-۵- تصویر MESستونهای استوانه ای و ورقه هایTNWS ۸

شکل ۱-۶- تصاویر MES آرایه هایی از ورقه های نازکTNC ۱۱

شکل ۱-۷ -TNCهای فنری ۱۲

شکل ۱-۸ -تصویرMES ازTNWS مارپیچ که با اثر جریان گاز و زیر لایه ی کوارتز شکل گرفته اند ۱۳

شکل ۱-۹ - تصویرMET ازTNC های شاخه دار ۱۵

شکل ۱-۱۰ - TNCهای مختلف مهره دار ۱۶

شکل ۱-۱۱- نانو لوله تک و چند جداره ۱۷

شکل ۱-۱۲- سازه‌های دو بعدی کریستال نیترید بور: (الف) ورق نیترید بور،(ب)ساختار زیگزاگ،(ج)ساختار آرمچیر ۱۸

شکل ۱-۱۳- مدول یانگ و ضریب پواسون نانولوله نیترید بور(الف)زیگزاگ (ب) آرمچیر. خطوط پر نشان دهنده مدول یانگ عرضی و خطوط نقطه‌ای نشان دهنده مدول محوری هستند ۲۰

شکل ۲-۱- ابعاد مشخصه المان حجمی نمونه ساده شده ۳۶

شکل ۳-۱- یک المان کامپوزیتی تقویت شده با نانولوله کربنی بصورت منظم و مستقیم ۴۴

شکل ۳-۲- رابطه بین مدول الاستیک طولی و عرضی با درصد حجمی نانولوله کربن ۴۶

شکل ۳-۳- -یک المان کامپوزیتی تقویت شده با نانولوله بصورت نامنظم ۴۶
شکل ۳-۴- مقایسه مدول موثر الاستیک کامپوزیت تقویت شده نسبت به درصد حجمی از روش تحلیلی و اندور ۴۹
شکل ۳-۵- مدل اشلبی برای نانو لوله های انباشته ۵۰
شکل ۴-۱- هندسه پوسته با k لایه ۵۶
شکل ۴-۲- ترتیب مختصات و جایحایی‌ها برای پوسته جدار نازک استوانه‌ای ۵۹
شکل ۴-۳- شماتیک پوسته استوانه‌ای تحت بار الکتروترمو مکانیک ۶۲
شکل ۴-۴- شماتیک کمانش پوسته استوانه‌ای ۷۱
شکل ۵-۱- تغییرات N_x برحسب تغییرات تعداد نیم موج طولی برای تمام موج‌های محیطی متفاوت با زاویه الیاف 0° ۷۳
شکل ۵-۲- تغییرات N_x برحسب تغییرات نیم موج طولی برای نسبت های طول به شعاع متفاوت با زاویه الیاف 0° ۷۴
شکل ۵-۳- تغییرات N_x برحسب تغییرات تعداد نیم موج طولی برای درصد حجمی مختلف برای نانولوله با زاویه الیاف 0° ۷۴
شکل ۵-۴- تغییرات N_x برحسب تغییرات زاویه الیاف نسبت به محور استوانه برای نسبت‌های طول به شعاع مختلف پوسته ۷۵
شکل ۵-۵- تغییرات N_x برحسب تغییرات زاویه الیاف نسبت به محور استوانه برای درصد حجمی‌های مختلف ۷۶
شکل ۵-۶- تغییرات N_x برحسب تغییرات زاویه الیاف نسبت به محور استوانه برای نیم موجهای طولی مختلف ۷۶
شکل ۵-۷- تغییرات N_x برحسب تغییرات نسبت طول به شعاع پوسته برای درصد حجمی‌های مختلف با زاویه الیاف 0° ۷۷
شکل ۵-۸- تغییرات N_x برحسب تغییرات نسبت طول به شعاع پوسته برای نیم موج‌های طولی با زاویه الیاف 0° ۷۸۰
شکل ۵-۹- تغییرات N_x برحسب تغییرات نیم موج محیطی پوسته برای درصد حجمی‌های مختلف با زاویه الیاف 0° ۷۸

شکل ۵-۱۰- تغییرات N_x برحسب تغییرات درصد حجمی الیاف برای زوایای مختلف نانولوله نسبت به محور پوسته ۷۹

شکل ۵-۱۱- تغییرات N_x برحسب تغییرات ζ برای درصد حجمی متفاوت از نانو لوله الکتریکی با زاویه الیاف 0° ۸۰

شکل ۵-۱۲- تغییرات N_x برحسب تغییرات ξ برای درصد حجمی متفاوت از نانو لوله الکتریکی با زاویه الیاف 0° ۸۲

شکل ۵-۱۳- تغییرات N_x برحسب تغییرات تعداد نیم موج طولی برای تمام موج‌های محیطی متفاوت با زاویه الیاف 0° ۸۲

شکل ۵-۱۴- تغییرات N_x برحسب تغییرات نیم موج طولی برای نسبت های طول به شعاع متفاوت با زاویه الیاف 0° ۸۲

شکل ۵-۱۵- تغییرات N_x برحسب تغییرات تعداد نیم موج طولی برای درصد حجمی مختلف برای نانولوله با زاویه الیاف 0° ۸۳

شکل ۵-۱۶- تغییرات N_x برحسب تغییرات زاویه الیاف نسبت به محور استوانه برای نسبت‌های طول به شعاع مختلف پوسته ۸۴

شکل ۵-۱۷- تغییرات N_x برحسب تغییرات زاویه الیاف نسبت به محور استوانه برای درصد حجمی‌های مختلف ۸۴

شکل ۵-۱۸- تغییرات N_x برحسب تغییرات زاویه الیاف نسبت به محور استوانه برای نیم موجهای طولی مختلف ۸۵

شکل ۵-۱۹- تغییرات N_x برحسب تغییرات نسبت طول به شعاع پوسته برای درصد حجمی‌های مختلف با زاویه الیاف $^\circ$ ۸۶

شکل ۵-۲۰- تغییرات N_x برحسب تغییرات نسبت طول به شعاع پوسته برای نیم موج‌های طولی مختلف با زاویه الیاف $^\circ$ ۸۶

شکل ۵-۲۱- تغییرات N_x برحسب تغییرات نیم موج محیطی پوسته برای درصد حجمی‌های مختلف با زاویه الیاف $^\circ$ ۸۷

شکل ۵-۲۲- تغییرات N_x برحسب تغییرات درصد حجمی الیاف برای زوایای مختلف نانولوله نسبت به محور پوسته ۸۸
شکل ۵-۲۳ تغییرات N_x برحسب تغییرات ζ برای درصد حجمی متفاوت از نانو لوله الکتریکی با زاویه الیاف 0° ۸۹
شکل ۵-۲۴- - تغییرات N_x برحسب تغییرات ξ برای درصد حجمی متفاوت از نانو لوله الکتریکی با زاویه الیاف 0° ۸۹

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول۱-۱- مقایسه چگالی و خواص مکانیکی نانو لوله های کربنی با برخی مواد متداول ۲۰

جدول ۳-۱-مدول های الاستیکی هیل برای نانولوله کربنی ۴۶

جدول ۳-۲- مقایسه مدول های بدست آمده از شبیه سازی دینامیک مولکولی و قانون ترکیب بـرای یـک نانولوله تک جداره..... ۵۳

فهرست علائم و اختصارات

تانسور تنش کوشی ..... σ

تانسور کرنش گرین لاگرانژ ..... ε_{GL}

ماتریس سختی C

ماتریس نرمی ..... S

ماتریس چرخش ..... $\mathbf{T}$

نسبت طولی الیاف به زمینه ..... ρ

تنش¬های متوسط ..... Y

کرنش متوسط ..... $\overline{Z}$

ماتریس غلظت ..... Σ و Ξ

میدان انحراف ..... $\overline{Z}^{\bullet}$

میدان ویژه ..... $\overline{Z}^{*}$

نسبت حجمی الیاف ..... V_f

کرنش سطح میانی ..... ε^0

گرادیان کرنش سطح ..... κ

منتجه درون صفحه‌ای ..... N

منتجه برون صفحه ای ..... M

پارامترهای سطح میانی $\mathfrak{A}_1$ و $\mathfrak{A}_2$

شعاع های اصلی سطح میانی ..... R_1 و R_2

جابجایی‌های مماس بر سطح میانی ..... u و v

جابجایی عمود بر سطح میانی ..... w

انحنای خمشی ..... κ_1 و κ_2

انحنای پیچشی ..... ψ_{12}

چرخش ..... ϑ_1 و ϑ_2

انرژی پتانسیل کل پوسته V

انرژی پتانسیل داخلی پوسته ..... U

نیروهای سطحی وارد بر پوسته ..... T

نیروهای حجمی وارد بر پوسته ..... F

نیم موج طولی کمانش ..... p

تمام موج محیطی کمانش ..... q

مدول حجمی کرنش صفحه ای عمود بر جهت محورالیاف ..... k

مدول کششی تک محوری ..... n

مدول وابسته به سطح مقطع l

مدول های برشی در صفحه نرمال و موازی جهت الیاف ..... m, p

مدول الاستیک کامپوزیت در جهت موازی الیاف ..... $E_{\parallel}$

مدول الاستیک کامپوزیت در جهت عمود بر الیاف ..... $E_{\perp}$

حجم های نانو لوله ها در زمینه ..... V_r^m

حجم های نانو لوله ها در اینکلوژن ..... $V_r^{inclusion}$

پارامتر انباشتگی ..... ζ

پارامتر انباشتگی ..... ξ

فصل اول: مقدمه

۱–۱– فناوری نانو

یک نانومتر یک میلیاردم یک متر است. بنابراین علم نانو آن بخش از علـم اسـت کـه مـاده را در مقیاس بسیار کوچک بررسی می‌کند و فناوری نانو به تولید و ساخت در مقیـاس مولکـولی و اتمـی می‌پردازد، یا به عبارت دیگر با اجسام و ساختارها و سیستم‌هایی سر و کار دارد که حـداقل در یـک بعد اندازه‌ای کمتر از ۱۰۰ نانومتر دارند. با پیشرفت و گسترشی که علـم و فنـاوری نـانو طـی چنـد سال اخیر داشته است انتظار می‌رود که به زودی تمامی زمینه‌های علم و فناوری را تحت تأثیر خود قرار دهد.

۱–۱–۱– تاریخچه

در حالی که مهندسان الکترونیک سرگرم کوچک تر کردن چیزها بودند ، مهندسان و دانشمندانی از سایر شاخه های علوم بر چیزهای کوچک یعنی اتم ها و مولکول ها متمرکز شـدند. بعـد از شـکافتِ موفق اتم قبل از جنگ جهانی دوم ، فیزیکدانان تلاش می کردند تا از ذرات تشـکیل دهنـده اتـم و نیروهای نگه دارندهٔ آن شناخت پیدا کنند. در همان زمان ، شیمیدانها ترکیب اتم ها بـا یکـدیگر و ساخت ملکول‌های پیچیده نفت به انواع پلاستیک‌های سودمند نائل شدند. در همان زمان ، محققان

علومِ زیستی کشف کردند که اطلاعات ژنتیکی در سلول های بلندِ روی مولکول های بلند و پیچیده ای به نام DNA ذخیره شده است (حدود دو متر DNA درون هر سلول بسته بندی شده است) . این فعالیت ها به فهم بهتری از مولکول ها منجر شد و در دهۀ ۱۹۸۰ افق های کاملاً تازه ای در تحقیقات مهندسی گشوده شد .

بنابراین ، ریشه های فناوری نانو در امتزاج سه خط فکری فیزک اتمی ، شیمی و الکترونیک شکل گرفت. در همان دهه ، شاخۀ جدیدی از مطالعات به نام « فناوری نانو » یا « نانو تکنولوژی » نام گذاری شد . این نام جدید توسط فیزیک دانی به نام اریک درکسلر ترویج شد . او اشاره کرد که فناوری نانو ، خیلی قبل تر در سال ۱۹۵۹ در سخنرانی فراموش شده ای توسط برندۀ جایزه نوبل ، ریچارد فاینمن ، پیش بنی شده بود. فاینمن در دسامبر ۱۹۵۹ سخنرانی عمومی ای با عنوان « در آن پایین فضای زیادی وجود دارد » ایراد کرد. او پیش بینی کرد روزی خواهد رسید که تمام محتویات کتاب های کتابخانه های بزرگ دنیا را بتوان درون چیزی به اندازه یک ذره غبار جا داد . هرچند زمان فقط عدۀ کمی متوجه ظهور او شدند ، اکنون تصور می شود که حوزۀ جدیدِ فناوری نانو از همان سخن معروف فاینمن الهام گرفته باشد.تا سال ۱۹۸۰ تنها چهار نوع کربن شناخته شده بود: گرافیت، الماس، لاسندیلایت[۱] و کربن بدون شکل یا آمورف[۲]

در سال ۱۹۹۱ کشف نانو لوله‌های کربنی توسط یک متخصص ژاپنی میکروسکوپ‌های الکترونی، به نام سومنو ایجیما[۱-۲] در حالی که مشغول مطالعه نشست مواد بر روی کاتد به هنگام ساخت فلورن‌ها به روش تبخیر یا قوس الکتریکی بود، صورت گرفت.کمی بعد توماس ایزن و پیولیکل آجین از آزمایشگاه آقای ایجیما نشان دادند که چگونه می‌توان نانو لوله‌های کربنی را به وسیله تغییر در شرایط تبخیر قوس الکتریکی به صورت انبوه تولید نمود[۲]. این امر باعث گسترش امکان مطالعه خواص فیزیکی و شیمیایی نانو لوله‌های کربنی در آزمایشگاه‌های سراسر جهان گشت.

سپس در سال ۱۹۹۳ نانو لوله‌های کربنی تک دیواره‌ای[۳] بطور همزمان ولی جداگانه توسط گروه ایجیما در شرکت NEC و گروه دونالد بتون در مرکز تحقیقات آلمادن متعلق به شرکت IBM واقع

۱.Lonsdaleite

۲.Amorphous

۳.Single-Walled Carbon Nanotube(SWNTs)

در کالیفرنیا کشف شدند که پیشرفت بسیار بزرگی در ساخت نانو لوله‌های کربنی بوجود آوردند[۳]. در حالی که نانو لوله‌های کربنی چند جداره[۱] دارای قطر داخلی در محدوده ۱ تا ۸ نانومتر و قطر خارجی ۲ تا ۲۵ نانومتر هستند، نانو لوله‌های کربنی تک جداره از دیواره‌های استوانه‌ای گرافن به قطر ۱ تا ۲ نانومتر تشکیل می‌شوند[۴].

نانولوله‌های نیترید بور[۲] در اواسط دهه ۹۰ میلادی کشف شد که خواص بسیار مشابهی با نانولوله های کربنی دارند و دارای خواص با ارزشی از جمله گپ باند عریض (۵.۵eV) [۵]، مقاومت حرارتی بالا در مقابل اکسیژن ($>۹۰۰^{\circ}C$)[۶] و پیزوالکتریک[۳] بودن[۷] می‌باشد. بر خلاف توجه بسیاری که هم از لحاظ تئوری و هم عملی به نانولوله‌های نیترید بور و خواص آنها انجام شده، در مقالات بطور سربسته خواص الاستیک آنها گزارش شده است. تعداد محدودی تکنیک‌های آزمایشی برای این هدف وجود دارد[۸و۹]. در تئوری، محاسبات در سطح کوانتومی و اتمی برای بدست آوردن خواص استفاده می‌شود[۱۰-۱۲] در حالی که مطالعات محدودی با استفاده از تئوری محیط پیوسته وجود دارد. یک صفحه نیترید بور[۴]، به عنوان یک نانولوله نیترید بور در نظر گرفته می‌شود هنگامی که شعاع آن نامحدود شود.

۱-۱-۲-ساختار مولکولی نانو لوله‌ها

۱-۱-۲-۱- مکانیزم تشکیل پیوند

خواص مکانیکی نانو لوله‌ها در حد زیادی به طبیعت پیوندهای تشکیل شده بین اتم ها وابسته است. مکانیزم تشکیل پیوند در نانو لوله‌ها بسیار شبیه به آن چیزی است که در گرافیت وجود دارد، برای مثال می‌توان یک نانو لوله کربنی را به عنوان یک صفحه گرافیت لوله شده در نظر گرفت. زمانی که اتم‌های کربن با یکدیگر تشکیل پیوند می‌دهند تا گرافیت را به وجود آورند یک پیوند کوالانسی محکم به نام پیوند σ اتم‌هایی را که در صفحه قرار گرفته‌اند به یکدیگر پیوند می‌دهد و موجب تولید نانو لوله‌هایی با سفتی و استحکام بالا می‌شود[۴].

۱.MWNTs

۲.boron nitride nanotubes(BNNTs)

۳.piezoelectric

۴.BN Sheet