بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مکانیک

شبیه‌سازی رفتار الاستیک، ارتعاشی و حرارتی نانولوله‌های تک دیواره کربنی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک
طراحی کاربردی

زهرا ابراهیم‌زاده اصفهانی

استاد راهنما
دکتر سعید ضیایی راد

آبان ۱۳۸۷

دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مکانیک

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته طراحی کاربردی زهرا ابراهیم‌زاده اصفهانی

تحت عنوان

شبیه‌سازی رفتار الاستیک، ارتعاشی و حرارتی نانولوله‌های تک دیواره کربنی

در تاریخ ۱۳۸۷/۸/۲۲ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر سعید ضیایی راد
۲- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر فتح اله کریم‌زاده
۳- استاد داور	دکتر محمد رضا فروزان
۴- استاد داور	دکتر احمد کرمانپور
سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر مهدی کشمیری

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نو آوریهای ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تشکر و قدردانی

حمد و سپاس ایزد منان را که موهبتی دیگر به بنده عنایت فرمود تا این مقطع تحصیلی را نیز با موفقیت به پایان رسانم. انجام این مهم را مدیون حمایت های خانواده مهربانم هستم که در کلیه مراحل زندگی، مشوق و پشتیبان من بوده اند.

از اساتید محترم دانشکده مهندسی مکانیک دانشگاه صنعتی اصفهان بی اندازه سپاسگزارم و بخش زیادی از آموخته هایم در این مدت را مدیون ایشان می باشم. از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر سعید ضیایی راد که در سال های تحصیلم در دانشکده مکانیک، و به خصوص در کلیه مراحل این پایان نامه از هیچ کوششی برای راهنمایی بنده فروگذار نکرده اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم. بی شک بدون حمایت پدرانه ایشان این امر مهم میسر نبود. همچنین از جناب آقای دکتر کریم زاده که با مشاوره های خود مرا در انجام این پروژه یاری کرده اند کمال تشکر را دارم. از اساتید گرانقدر آقایان دکتر فروزان و دکتر کرمانپور که بر من منت نهاده و زحمت داوری این پایان نامه را تقبل کردند نیز کمال تشکر را دارم.

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

فهرست مطالب

عنوان.....**صفحه**

فهرست نمادها.....یازده

چکیده.....۱

فصل اول : مقدمه

۱ - ۱ مقدمه.....۲

۱ – ۲ نانو چیست؟.....۲

۱ – ۳ تعریف نانوتکنولوژی.....۳

۱ – ۴ تاریخچه فناوری نانو.....۳

۱ – ۵ هدف نانوتکنولوژی.....٤

۱ – ۶ نانوتکنولوژی و کاربردهای آن.....۵

۱ – ۶ – ۱ تولید مواد و محصولات جدید صنعتی.....٦

۱ – ۶ – ۲ پزشکی.....٦

۱ – ٦ – ۳ هوافضا.....۷

۱ – ۶ – ۴ صنایع نظامی.....۷

۱ – ۶ -۵ سایر موارد استفاده.....۸

۱ – ۷ مروری بر کارهای انجام‌شده.....۸

۱ – ۸ محتوای فصل‌های بعدی.....۱٤

فصل دوم : آشنایی با نانولوله‌های کربنی

۲ – ۱ مقدمه.....۱٦

۲ –۲ مرور اجمالی بر پیوند های کربن.....۱٦

۲ – ۳ اشکال موجود کربن.....۱۹

۲ – ۴ سنتز یا تولید نانولوله‌های کربنی.....۲۱

۲ – ۵ ساختار نانولوله‌های کربنی.....۲۵

۲ – ۶ خواص مکانیکی نانولوله‌های کربنی.....۲۸

۲ – ۶ – ۱ مطالعات آزمایشگاهی.....۲۹

۲ – ۶ – ۲ مطالعات تئوری.....۳۰

۲ – ٦ – ۲- ۱ رفتار الاستیک نانولوله‌های کربنی.....۳۰

۲ – ٦ – ۲ – ۲ رفتار غیر الاستیک و بررسی شکست نانولوله‌های کربنی.....۳۲

۲ – ۶ – ۳ خواص الکترونیکی و الکتریکی.....۳٤

۲ – ۶ – ۴ خواص مغناطیسی.....۳٦

۲ – ۶ – ۵ خواص حرارتی.....۳۷

۲ – ۷ نقص یا عیب در نانولوله‌های کربنی.....۳۸

۲ – ۷ – ۱ عیوب هندسی.....۳۹

۲ – ۷ – ۲ عیوب هیبریدی ٤٠
۲ – ۷ – ۳ نقوص پیوندی ناکامل ٤١
۲ – ۷ – ۳ - ۱ عیب حفرهای تک اتمی ٤٢
۲ – ۷ – ۳ – ۲ عیب حفرهای دو اتمی ٤٣
۲ – ۷ – ۳ – ۳ عیوب حفرهای خوشه اتمی ٤٣
۲ – ۷ – ۳ – ۴ ناخالصیها ٤٤
فصل سوم : مدلسازی
۳ – ۱ مقدمه ٤٥
۳ – ۲ مدلسازی ٤٦
۳ – ۳ گوناگونی مقیاس زمان و اندازه در روشهای مختلف مدل سازی ٤٧
۳ – ۴ مدلسازی مکانیک محیط پیوسته ٤٩
۳ – ۵ مدلسازی محاسباتی پیوسته ٤٩
۳ – ۵ - ۱ روش المان محدود ٤٩
۳ – ۵ – ۲ روش المان مرزی ٥٠
۳ – ۶ مدلسازی اتمی ٥٠
۳ – ۶ – ۱ شبیه سازی مکانیک مولکولیو دینامیک مولکولی، مقدمهای بر شبیه سازی دینامیک مولکولی ٥١
۳ – ۷ مدلسازی چندمقیاسی ٥٣
۳ – ۸ ملاحظات مدلسازی نانولولههای کربنی ٥٤
الف- انتخاب مدل محاسباتی مورد استفاده به منظور مدلسازی نانولولهها ٥٥
ب- تاثیر کلاهکهای انتهایی نانولولهها ٥٨
ج- واحدها و مقیاسهای قراردادی برای مدلسازی در مقیاس نانو ٥٨
۳ – ۹ روش عددی مورد استفاده در این پایاننامه ٥٩
فصل چهارم : بررسی رفتار الاستیک نانولولههای کربنی
۴ – ۱ مقدمه ٦٤
۴ – ۲ مدلسازی ٦٤
۴ - ۳ نتایج حاصل از شبیهسازی نانولوله-ها تحت بار کششی و پیچشی ٦٩
۴ – ۴ تاثیر عیب حفره و ۵-۷-۷-۵ بر ثابتهای الاستیک نانولولههای کربنی ٧٢
۴ – ۵ تنش در مقیاس اتمی ٧٧
۴ – ۶ بررسی تاثیر عیوب ٧٧
۴-۷ کمانش نانولولههای کربنی ٨٠
۴-۸ نتایج حاصل از بارگذاری فشاری وکمانش نانولولههای کربنی ٨١
فصل پنجم: ارتعاشات نانولولههای کربنی
۵ – ۱ مقدمه ٨٣
۵ – ۲ کارهای انجامشده در زمینه رزوناتورها ٨٤

۵ – ۳ ارتعاش نانولوله تک دیواره دو سر درگیر ۸۵
۵ – ۴ فرکانس پایه نانولوله کربنی تک دیواره ۸۷
۵ – ۵ تاثیر عیب حفره بر فرکانس پایه ۹۰
فصل ششم : ترمودینامیک نانولوله‌های کربنی
۶ – ۱ مقدمه ۹٤
۶ – ۲ رفتار حرارتی نانولوله‌های کربنی ۹۵
٦ – ۳ مدل‌سازی رفتار حرارتی نانولوله‌ها در مدل‌سازی حاضر ۱۰۱
۶ – ۴ نتایج مدل‌سازی حرارتی نانولوله‌های کربنی تک دیواره ۱۰۵
۶ – ۴ – ۱ تاثیر دما بر خواص الاستیک نانولوله‌ها ۱۰۵
۶ – ۴ – ۲ تاثیر دما و عیوب بر مقدار مدول الاستیک و مدول پیچشی نانولوله‌ها ۱۰۸
۶ – ۴ – ۳ تاثیر دما بر فرکانس پایه نانولوله‌های کربنی ۱۱۰
۶ – ۴ – ۴ تاثیر افزایش دما و عیب حفره بر فرکانس پایه نانولوله‌ها ۱۱۱
فصل هفتم : نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۷-۱ مقدمه ۱۱۲
۷-۲ جمع‌بندی نتایج ۱۱۲
۷-۳ پیشنهاداتی جهت ادامه کار ۱۱٤
مراجع ۱۱٦

فهرست نمادها

بردار کایرال	$\vec{C}_h$
ضرایب کایرال	m , n
زاویه بردار کایرال	θ
طول پیوند بین دو اتم کربن	a_{c-c}
بردار انتقال	$\vec{T}$
مولفه اول بردار انتقال	t_1
مولفه دوم بردار انتقال	t_2
طول نانولوله کربنی	L_{CNT}
نیروی وارد بر اتم i ام	$\vec{F}_i$
بردار موقعیت اتم i ام	$\vec{r}_i$
پتانسیل کششی پیوند بین دو اتم	U_r
پتانسیل خمشی بین دو پیوند	U_θ
پتانسیل پیچشی	U_ϕ
پتانسیل نیروهای واندروالس	U_{vdw}
ثابت پتانسیل کششی	k_r
ثابت پتانسیل خمشی	k_θ
ثابت پتانسیل پیچشی	k_ϕ
انرژی کرنشی المان تحت بار محوری	U_P
انرژی کرنشی المان تحت ممان خمشی	U_M
انرژی کرنشی المان تحت ممان پیچشی	U_T
قطر المان تیر	d_b
ثابت الاستیک المان تیر	E
ثابت پیچشی المان تیر	G
ثابت الاستیک نانولوله کربنی	E_{NT}
ثابت پیچشی نانولوله کربنی	G_{NT}
تنش وارد بر اتم i ام بر صفه عمود بر رجهت α و در جهت β	$\sigma_i^{\alpha\beta}$
حجم معادل درنظر گرفته شده برای اتم i ام	V_0
سرعت اتم i ام در راستای α	v_i^α
تصویر بردار بین اتم‌های i ام و j ام در راستای α	r_{ij}^α

تصویر بردار نیرویی بین اتم‌های i ام و j ام در راستای α	F_{ij}^{α}
ثابت پتانسیل کششی در دمای T	k_r^T
ثابت پتانسیل خمشی در دمای T	k_θ^T
ثابت پتانسیل پیچشی در دمای T	k_ϕ^T
طول پیوند بین دو اتم در حالت تعادل در دمای T	r_0^T
زاویه بین دو پیوند در حالت تعادل در دمای T	θ_0^T

چکیده

نانولوله‌های کربنی مواد نانوساختاری هستند که دارای خواص فوق‌العاده مکانیکی، فیزیکی و حرارتی می‌باشند. از نظر مکانیکی سخت‌ترین مواد شناخته شده هستند، تا جاییکه استحکام آنها چندین برابر فولاد است درحالیکه وزن آنها، یک ششم نمونه فولادی می-باشد. علاوه‌براین رسانایی الکتریکی آنها چندین برابر بهترین رساناهاست. حساسیت مغناطیسی‌شان بیشتر از بسیاری از مواد شناخته شده-است. در برابر افزایش و یا کاهش دما مشابه سیلیسیم رفتار می‌کنند، و تا ۳۰۰۰ درجه سانتیگراد در خلا پایدار هستند.

به‌منظور استفاده از نانولوله‌های کربنی در مقیاس وسیع لازم است ابتدا رفتار آنها در شرایط مختلف و تحت بارگذاری‌های متفاوت بررسی شده و پیش‌بینی شود. در حیطه مطالعات تئوری انجام‌شده بر روی نانولوله‌های کربنی، با استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری می-توان مقدار خواص آنها را تخمین زد. یکی از شیوه‌هایی که در حوزه مدل‌سازی رفتار نانومواد بسیار استفاده می‌گردد، دینامیک مولکولی است. اگرچه که دینامیک مولکولی ابزاری قدرتمند در عرصه مدل‌سازی رفتار مواد در مقیاس نانو است، اما به دلیل حجم محاسبات بالا در مدل‌سازی ماده با محدودیت استفاده روبروست. بسیاری از محققان درپی ابداع روش‌هایی نوین با دقت بالا و حجم محاسبات پایین هستند. در این پایان‌نامه با استفاده از مدلی که بر مبنای مکانیک سازه‌ها و المان محدود بنا شده، رفتار این مواد تحت بار کششی و پیچشی و در دماهای متفاوت برای ساختارهای بدون عیب و معیوب(با عیب حفره و با عیب ۵-۷-۷-۵) بررسی گردیده‌است. هم‌چنین ارتعاشات نانولوله‌های دو سر گیردار نیز در دماهای متفاوت مدل شده‌است. این شیوه بر مبنای معادل سازی پتانسیل مولکولی و انرژی‌های کرنشی مکانیک ساختاری کلاسیک جهت محاسبه مشخصات المان‌های مدل المان محدود بنا نهاده شده‌است.

بارگذاری کششی نانولوله‌ها نشان داده‌است که مقدار مدول الاستیک و مدول پیچشی آنها به‌ترتیب در محدوده تراپاسکال و گیگاپاسکال است. وجود انواع عیوب در ساختار نانولوله‌ها سبب کاهش مقدار این ثابت‌ها می‌شود. در مدل ساخته شده یکبار تاثیر عیب حفره و بار دیگر تاثیر عیب ۵-۷-۷-۵ بررسی شده‌است. نتایج حاکی از تاثیر بیشتر عیب حفره می‌باشند. با افزایش دما نیز مقدار ثابت‌های الاستیک ماده کاهش می‌یابند که این مطلب به دلیل ضعیف شدن پیوندهای بین اتم‌ها می‌باشد. بررسی کمانش نانولوله‌ها تحت بار فشاری نشان می‌دهد که با افزایش نسبت منظری نانولوله(نسبت طول به قطر نانولوله) مقدار نیروی کمانشی کاهش می‌یابد.

محاسبات نشان داده‌اند که با افزایش نسبت طول به قطر نانولوله مقدار فرکانس ارتعاشی آن کاهش می‌یابد، در عین حال کایرالیتی نانولوله بر مقدار فرکانس ارتعاشی بدون تاثیر است. وجود عیب حفره با توجه به ساختار نانولوله و مکان عیب، ممکن است مقدار فرکانس را کاهش دهد و یا ثابت نگه دارد. با افزایش نسبت منظری نانولوله تاثیر عیب حفره بر فرکانس ارتعاشی کمتر می‌شود. با افزایش دما نیز مقدار فرکانس ارتعاشی نانولوله کاهش می‌یابد.

فصل اول
مقدمه

۱ - ۱ مقدمه

در این فصل به طور مختصر آشنائی لازم برای ورود به بحث به خواننده داده‌می‌شود. در بخش اول یک تعریف از علم نانو ارائه شده و در بخش‌های بعدی راجع به نانوتکنولوژی و نانولوله‌های کربنی و کاربردهای آنها بحث شده-است. در نیم قرن گذشته شاهد حضور پنج فناوری عمده بوده‌ایم که باعث پیشرفت‌های عظیم اقتصادی در کشورهای سرمایه‌گذار شده‌است. فناوری نانو جدیدترین این فناوری‌هاست که لازم است بکوشیم تا از سایر کشورها عقب نمانیم.

۱ – ۲ نانو چیست؟

پیشوند نانو به معنای یک میلیاردیم می‌باشد و نانومتر هم به مفهوم یک میلیاردیم متر است، چون یک اتم تقریباً ۱ نانومتر است، این فناوری در محدوده ابعادی است که در آن اتم‌ها با هم ترکیب شده و مولکول‌ها روی هم اثر متقابل دارند.

به طور کلی نانو تکنولوژی شامل تمام علوم و فناوری‌هائی می‌باشد که در محدوده بین یک تا صد نانومتر بحث می‌کنند. علوم و فناوری‌های نو در قرن بیست و یکم به چهار گروه فناوری اطلاعات[1]، تکنولوژی و فناوری‌های زیستی[2]، علوم و فناوریهای مرتبط با شبکه‌های عصبی[3]، و نانو تکنولوژی تقسیم‌بندی می‌گردند. شاید اغراق نباشد که گفته می‌شود نانوتکنولوژی پایه و اساس تمام این علوم و فناوری‌ها می‌باشد. زیرا تمام مواد و اجسام در جهان هستی از ذرات کوچک اتم و مولکول ساخته شده‌اند. بنابراین همگی به نوعی مرتبط با نانوفناوری می‌باشند. نانوتکنولوژی، فناوری جدید است که تمام دنیا را فراگرفته‌است و به تعبیر دقیق‌تر "نانوتکنولوژی بخشی از آینده نیست بلکه همه آینده است".

۱ – ۳ تعریف نانوتکنولوژی

نانوتکنولوژی، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم‌های جدید با در دست‌گرفتن کنترل در سطوح مولکولی و اتمی و استفاده از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می‌شود. از همین تعریف ساده برمی‌آید که نانوتکنولوژی یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌هاست. هر چند آزمایش‌ها و تحقیقات پیرامون نانوتکتولوژی از ابتدای دهه ۸۰ قرن بیستم به‌طور جدی پیگیری شده، اما اثرات تحول‌آفرین، معجزه‌آسا و باورنکردنی نانوتکنولوژی در روند تحقیق و توسعه باعث گردیده که نظر تمامی کشورهای بزرگ به این موضوع جلب گردد و فناوری نانو را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اولویت‌های تحقیقاتی خویش طی دهه اول قرن ۲۱ محسوب نمایند. استفاده از این فناوری در کلیه علوم پزشکی، پتروشیمی، علوم مواد، صنایع دفاعی، الکترونیک، کامپوترهای کوانتومی و غیره باعث شده که تحقیقات در زمینه نانو به عنوان یک چالش اصلی علمی و صنعتی، پیش‌روی جهانیان باشد.

۱ – ۴ تاریخچه فناوری نانو

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و به‌خصوص دانشمندان آن دوره بر این باور بودند که مواد را می‌توان آنقدر به اجزاء کوچک تقسیم کرد تا به ذراتی رسید که خردناشدنی هستند و این ذرات بنیان مواد را تشکیل می‌دهند. شاید بتوان دموکریتوس فیلسوف یونانی را پدر فناوری و علوم نانو دانست چرا که در حدود ۴۰۰ سال قبل از

[1] IT
[2] Bio Technology
[3] Neural Network

میلاد مسیح، او اولین کسی بود که واژه اتم را که به معنی تقسیم‌نشدنی در زبان یونانی است، برای توصیف ذرات سازنده مواد به‌کار برد.

اما به طور مشخص برای اولین بار، در سال۱۹۵۹ ریچارد فاینمن مقاله‌ای را درباره قابلیت‌های فناوری نانو در آینده منتشر ساخت. باوجود موفقیت‌هایی که توسط بسیاری تا آن زمان کسب شده‌بود، ریچارد. پی. فاینمن را به عنوان پایه‌گذار این علم می‌شناسند. فاینمن که بعدها جایزه نوبل را در فیزیک دریافت کرد، در آن سال در یک مهمانی شام که توسط انجمن فیزیک آمریکا برگزار شده‌بود، سخنرانی کرد و ایده فناوری نانو را برای عموم مردم آشکار ساخت. عنوان سخنرانی وی "فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد" بود. سخنرانی او شامل این مطلب بود که می‌توان تمام دایره‌المعارف بریتانیا را بر روی یک سنجاق نگارش کرد. یعنی ابعاد آن به اندازه ۱/۲۵۰۰۰ ابعاد واقعیش کوچک می‌شود.

واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریوتاینگوچی استاد دانشگاه علوم توکیو، در سال ۱۹۷۴ بر زبان‌ها جاری‌شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد و وسایل دقیقی که تولرانس ابعادی آن‌ها در حد نانومتر می‌باشد، به‌کار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی‌اریک‌درکسلر در کتابی تحت عنوان "موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری نانو" بازآفرینی و تعریف مجدد شد.

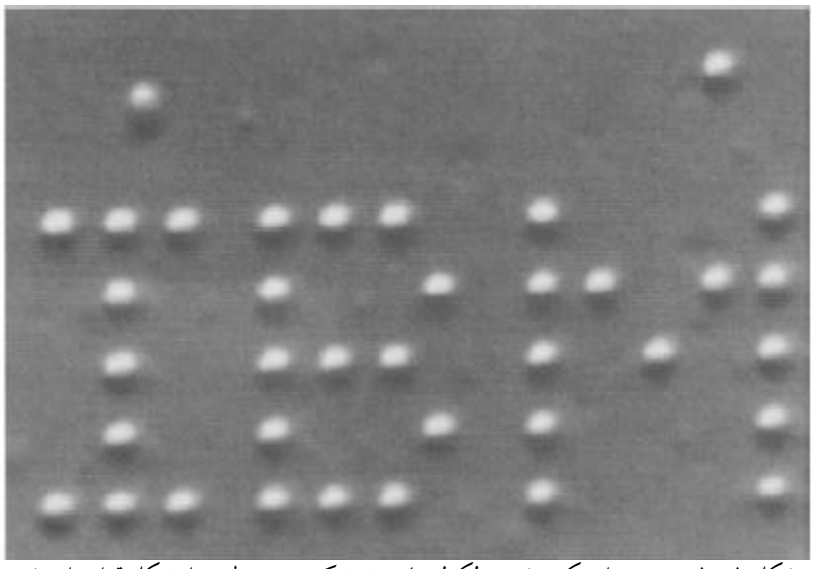
۱ – ۵ هدف نانوتکنولوژی

همان‌طور که قبلاً هم اشاره شد نانوتکنولوژی یک رویکرد از پائین به بالاست ، راهی که طبیعت میلیون‌ها سال است انجام می‌دهد، طوری که با قرار دادن اتم‌ها در کنار هم و به نوعی دستکاری ساختار مواد بتوان به خواص و اهداف موردنظر دست‌یافت. به این‌ترتیب خواص و ویژگی‌های مواد قابل کنترل می‌شود.

هدف این است که اگر بشر بتواند به اتم‌ها بگوید که چه طور خودشان را مرتب کنند و چگونه رفتار کنند، بسیاری از خواص یک ماده قابل کنترل می‌گردد. همان‌طورکه در طبیعت اتم‌های کربن موجود در زغال سنگ را با تغییردادن ترتیب قرار گرفتن آن‌ها به الماس تبدیل می‌کنند، بنابراین خواصی مانند رنگ، استحکام و شکنندگی نیز در سطح اتمی قابل تعیین خواهند بود. دانشمندان بر این عقیده‌اند که اگر بتوانند یک آجر را اتم به اتم بسازند، مولکول‌هایش را نیز می‌توان طوری تعلیم داد تا هنگامی که یک ترک ظاهر می شود آن را تعمیر کنند یا این‌که با کم یا زیاد کردن تخلخل، خود را با شرایط مرطوب هوا وفق دهند.

بنابراین، نانوتکنولوژی امید ساخت هر چیز قابل تصور را از کوچک‌ترین جرثقیل‌ها و موتورها گرفته تا لایه‌های خود اسمبل پلاستیکی یا فلزی می‌دهد.

انواع جدید میکروسکوپ‌ها و برنامه‌های قدرتمند کامپیوتری شبیه‌ساز که در ۱۰ سال اخیر توسعه پیدا کرده‌اند، نانوتکنولوژی را دچار یک نوع انقلاب نموده‌اند. میکروسکوپ‌ها نه تنها به دانشمندان اجازه می‌دهند که اتم‌ها را ببینند، بلکه به آن‌ها اجازه می‌دهند که حتی آن‌ها را جابه‌جا کنند، همان‌طور که در آزمایش مشهور سال ۱۹۸۱ دانشمندان مرکز تحقیقاتی آلمادن[1] وابسته به IBM، لغت "IBM" را توسط ۳۵ اتم زنون نوشتند[۱].



شکل ۱ – ۱ تصویری از یک رشته مولکول های زنون که روی سطحی از نیکل قرار داده شده اند (توسط شرکت IBM آلمان در سال ۱۹۸۱)[۱]

۱ – ۶ نانوتکنولوژی و کاربردهای آن

همان‌طور که گفته شد فناوری نانو یکی از فناوری‌های قرن بیست و یکم می‌باشد. از آنجا که تمام اجسام از اتم‌ها و مولکول‌ها تشکیل شده‌اند، بنابراین می‌توان گفت حوزه کاربردی این تکنولوژی بسیار گسترده می‌باشد. علوم و فناوری نانو، عنصری اساسی در درک بهتر طبیعت در دهه‌های آتی خواهد بود. از جمله موارد مهم در آینده همکاری‌های تحقیقاتی میان‌رشته‌ای، آموزش خاص و انتقال ایده‌ها و افراد به صنعت خواهد بود. بخشی از کاربردهای این فناوری به اجمال بررسی می‌گردد.

[1] Almaden

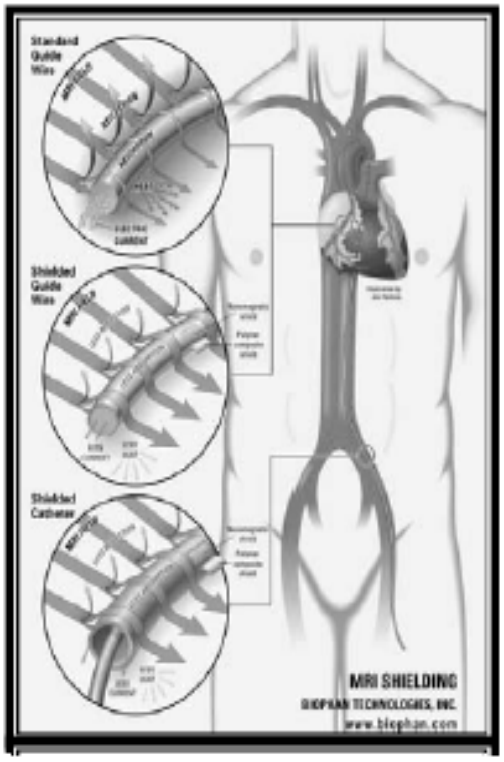
۱ – ۶ – ۱ تولید مواد و محصولات جدید صنعتی

امکان سنتز بلوک‌های ساختمانی نانو با اندازه و ترکیب به‌دقت کنترل‌شده و سپس چیدن آن‌ها در ساختارهای بزرگ‌تر، که دارای خواص و کارکرد منحصربه‌فرد باشند، انقلابی در مواد و فرآیندهای تولید آن‌ها، ایجاد می‌کند. محققین قادر به ایجاد ساختارهایی از مواد خواهند شد که در طبیعت نبوده و شیمی مرسوم نیز قادر به ایجادشان نبوده‌است.با استفاده از این فناوری جدید بشر قادر خواهد بود مواد و ابزارهایی تولید کند که دارای ساختار، خواص و ویژگی‌های منحصربه‌فرد است، موادی سبک‌تر، با استحکام بالاتر و قابل برنامه‌ریزی، و باهدایت حرارتی و الکتریکی بیشتر، ابزاری بر پایه اصول و معماری جدیدو کارخانه‌هایی در مقیاس نانو.

۱ – ۶ – ۲ پزشکی

رفتار مولکول‌ها در مقیاس نانومتر، سیستم‌های زنده را اداره می‌کند. با کمک فناوری نانو می‌توان شیوه‌های جدیدی برای درمان و پیشگیری از بیماری‌ها ابداع کرد. به عنوان مثال در تشخیص بیماری‌هایی نظیر سرطان، می‌توان با استفاده از تکنولوژی نانو، هنگامی که تنها چند سلول سرطانی در حال فعالیت هستند بیماری را تشخیص داد و معالجه راآغاز کرد. درمورد استفاده بهینه از دارو، نانوتکنولوژی می‌تواند فرمولاسیون و مسیرهایی برای رهایش دارو تهیه کند، که به نحو حیرت‌انگیزی توان درمانی داروها را افزایش می‌دهد. به این ترتیب که با ارسال دقیق دارو به آدرس‌های موردنظر در بدن باعث افزایش تاثیر و کارایی دارو شده وافزایش طول عمر را سبب می‌گردد. همین‌طور در مورد شناسایی فوری کلیه خصوصیات ژنتیکی و اخلافی و استعدادهای ابتلا به بیماری می‌توان از این فناوری بهره جست.

مواد زیست‌سازگار با کارآیی بالا، از توانایی بشر در کنترل نانوساختارها حاصل خواهدشد. نانومواد سنتزی معدنی و آلی را مثل اجزای فعال، می‌توان برای اعمال نقش تشخیصی (مثل ذرات کوانتومی که برای مرئی‌سازی به‌کار می‌رود) درون سلول‌ها وارد نمود. شکل ۱ – ۲ نوعی پوشش نانوذره‌ای را که در تصویربرداری به روش MRI مورد استفاده قرار می‌گیرد نشان می‌دهد[۲]. این روکش‌های نانومغناطیسی باعث پوشاندن امواج قوی رادیویی الکترومغناطیسی می‌شوند و کمک زیادی به کاهش آسیب بافتی می‌کنند.



شکل ۲-۱ استفاده از نانوذرات جهت روکش‌کردن وسایل و بهبود کیفیت تصاویر MRI [۲]

۱ – ٦ – ۳ هوافضا

محدودیت‌های شدید سوخت برای حمل بار به مدار زمین و ماورای آن، و علاقه به فرستادن فضاپیما برای مأموریت‌های طولانی به مناطق دور از خورشید، کاهش مداوم اندازه، وزن و توان‌مصرفی را اجتناب ناپذیر می‌سازد. مواد و ابزارآلات نانوساختاری، امید حل این مشکل را به‌وجود آورده‌است.

نانوفناوری، هم‌چنین در طراحی و ساخت مواد سبک‌وزن، پرقدرت و مقاوم در برابر حرارت، مورد نیاز برای هواپیماها، راکت‌ها، ایستگاه‌های فضایی و سکوهای اکتشافی سیاره‌ای یا خورشیدی، تعیین‌کننده است. هم‌چنین استفاده روزافزون از سیستم‌های کوچک‌شده تمام‌خودکار، منجر به پیشرفت‌های شگرفی در فناوری ساخت و تولید خواهدشد. این مسأله با توجه به این‌که محیط فضا، نیروی جاذبه کم و خلأ بالا دارد، موجب توسعه نانوساختارها و سیستم‌های نانو که ساخت آن‌ها در زمین ممکن نیست در فضا خواهدشد.

۱ – ۶ – ۴ صنایع نظامی

به دلیل خواص فوق‌العاده نانو ساختارها و قابلیت کنترل و استفاده از نانوابزارها در سطح گسترده، استفاده از فناوری نانودر صنایع و تجهیزات نظامی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

برخی کاربردهای دفاعی نانوتکنولوژی عبارتند از: تسلط اطلاعاتی از طریق نانوالکترونیک پیشرفته به‌عنوان یک قابلیت مهم نظامی، امکان آموزش مؤثرتر نیرو به‌کمک سیستم‌های واقعیت مجازی پیچیده‌تر حاصله از الکترونیک نانوساختاری، استفاده بیش‌تر از اتوماسیون و رباتیک پیشرفته برای جبران کاهش نیروی انسانی نظامی، کاهش خطر برای سربازان و بهبود کارآیی خودروهای نظامی، دستیابی به کارآیی بالاتر (وزن کم‌تر و قدرت بیش‌تر) موردنیاز در صحنه‌های نظامی و در عین‌حال تعداد دفعات نقص فنی کم‌تر و هزینه کم‌تر در عمرکاری تجهیزات نظامی، پیشرفت در امر شناسایی و در نتیجه مراقبت عوامل شیمیایی، زیستی و هسته‌ای، بهبود طراحی در سیستم‌های مورد استفاده در کنترل و مدیریت، عدم تکثیر سلاح‌های هسته‌ای، تلفیق ابزارهای نانو و میکرومکانیکی جهت کنترل سیستم‌های دفاع هسته‌ای. ساخت مواد بسیار سبک و محکم برای مصارف مرسوم و یا نو. سلاح‌های سبک‌تر، کوچکتر، هوشمند تر، دوربرد تر، ارزان‌تر مورد استفاده در صنایع نظامی.

۱ – ۶ –۵ سایر موارد استفاده

از دیگر موارد کاربرد فناوری نانو می‌توان به زمینه‌های نامبرده اشاره کرد:

صنعت الکترونیک، صنعت مخابرات، فناوری اطلاعات، صنایع خودرو سازی، صنایع کشتی‌سازی، صنعت نفت، صنعت پتروشیمی، اتوماسیون، و کلیه صنایع وابسته.

بنابراین با توجه به کاربرد گسترده این فناوری جدید، تاثیر شگرف آن بر اقتصاد دولت‌ها درآینده‌ای نه چندان دور قابل پیش‌بینی خواهد بود.

۱ – ۷ مروری بر کارهای انجام‌شده

همانطور که گفته‌شد، ایده ساخت ترکیبات و ساختارهایی با چند اتم یا مولکول اولین بار در سال ۱۹۵۹ توسط ریچارد فاینمن مطرح گردید. اما در سال ۱۹۸۴ برای اولین بار بحث ذرات نانوساختار ارائه شد و پس از آن فناوری نانو با سرعتی بالا شروع به رشد و توسعه نمود.

در دهه گذشته پیشرفت قابل توجهی در حوزه مهندسی نانو رخ‌داده‌است. یکی از مباحث مورد توجه در این رشته، نوع جدیدی از مواد بوده‌اند که به نام نانومواد شناخته می‌شوند. نانومواد، موادی هستند که یک بعد از ابعاد آنها در محدوده نانو می‌باشد. نانوکامپوزیت‌ها که در دسته نانومواد قرار می‌گیرند، از دو یا چند جزء مجزا از هم، که یک یا چند جزء آن ابعاد کم‌تر از ۱۰۰ نانومتر دارد، تشکیل شده‌اند. این دو جزء زمینه و ماده تقویت‌کننده نامیده می‌شوند.

از نظر ساختاری، ذرات و الیاف تقویت‌کننده، معمولاً باعث ایجاد استحکام در ماده زمینه می‌شود و نیروهای اعمال شده به کامپوزیت را به‌طور یکنواختی به ماده پرکننده منتقل می‌کند.

نانوکامپوزیت‌ها بر اساس تفاوت در نوع ماتریس زمینه و تقویت‌کننده دسته‌بندی می‌شوند. انواع نانوکامپوزیت‌ها را می‌توان بر اساس زمینه آن‌ها به‌صورت زیر طبقه‌بندی کرد:

نانوکامپوزیت‌های زمینه‌پلیمری، نانوکامپوزیت‌های زمینه‌سرامیکی، نانوکامپوزیت‌های زمینه‌فلزی، نانوکامپوزیت-های زمینه‌بین‌فلزی.

هم‌چنین در آن‌ها از سه نوع ماده تقویت‌کننده به‌صورت زیر استفاده می‌شود:

ذره (سیلیکا، فلز و سایر موادآلی و غیرآلی)، لایه‌ها (گرافیت، سیلیکات لایه‌ای و سایر مواد معدنی)، الیاف (نانولوله و نانوفیبر).

قابل ذکراست که تا کنون پژوهش‌های زیادی در زمینه نانوکامپوزیت‌ها صورت گرفته‌است. در این میان نانولوله-های کربنی به عنوان یکی از مواد تقویت‌کننده نانوکامپوزیت‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند.

با کشف نانولوله‌های کربنی در سال ۱۹۹۱ توسط ایجیما[۳]، توجه بسیاری از محققان و مهندسان به این حوزه معطوف گردیده‌است و این به دلیل خواص فوق‌العاده مکانیکی، حرارتی، الکتریکی و مغناطیسی آنها بوده-است. از نظر خواص مکانیکی سخت‌ترین مواد شناخته‌شده هستند تا جاییکه استحکام آنها تا صد برابر فولاد می‌باشد در حالیکه تنها یک ششم وزن نمونه فولادی را دارا هستند. از نظرخواص حرارتی، تا ^{o}۲۸۰۰ سانتیگراد (در خلا) پایدار هستند، و قابلیت هدایت گرمائی آنهاتا دو برابر الماس می‌باشد[۴]. همین‌طور از لحاظ خواص الکتریکی،رسانائی آنهاتا هزار برابر مس می‌باشد[۵]. همچنین بسته به چیدمان اتم‌های کربن در کنار یکدیگر، نانولوله-های کربنی قابلیت استفاده به عنوان فلز و یا نیمه‌هادی رادارا می‌باشند[۶-۸]. علاوه بر خواص فوق‌العاده مکانیکی و حرارتی نانولوله‌های کربنی، نتایج حاصل از تست خمش نانولوله‌های کربنی، بیانگر آن است که تا ۱۱۰ درجه قابلیت برگشت را دارا می‌باشند[۹].

مقدار بسیار بالای استحکام نانولوله‌ها، مقدار بالای نسبت منظری[1] (نسبت طول به قطر) و وزن سبک و مقاومت نهایی بالای آنها سبب شده‌است تا نانولوله‌ها به‌عنوان موادی ایده‌آل و به منظور تقویت بخشیدن و استحکام در کامپوزیت‌ها استفاده شوند[۱۰, ۱۱].

[1] Aspect ratio