بسم الله الرحمن الرحيم

١٠٢٧٠٨

دانشگاه مازندران

دانشکده علوم پایه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

فیزیک حالت جامد

عنوان:

ساخت و بررسی ساختار کامپوزیت زمینه آلومینیوم تقویت شده با نانولوله های کربنی

استاد راهنما:

دکتر علی اصغر حسینی

استاد مشاور:

مهندس مجید عباسی

نگارش:

هاجر رجائی لیتکوهی

۱۳۸۷/۲/۱۳

بهمن ۱۳۸۶

۱۰۲۷۰۸

تقدیر و تشکر

در انجام این تحقیق عزیزان و سرورانی اینجناب را مورد لطف خود قرار داده اند که در اینجا لازم می دانم از تمامی آنان تشکر و قدردانی نمایم.

از جناب آقای دکتر علی اصغر حسینی که راهنمایی این پایان نامه را متقبل شدند و همواره با نظرات سازنده و مفیدشان اینجناب را در امر تحقیق یاری نمودند سپاسگزارم.

همچنین از جناب آقای مهندس مجید عباسی که سمت مشاوره تحقیق را به عهده داشتند و دوست بزرگوارم سرکار خانم فاطمه قهارپور که در مراحل مختلف تحقیق مرا یاری نموده اند بسیار سپاسگزارم.

از بخشهای مختلف دانشکده علوم پایه دانشگاه مازندران و دانشکده مواد و متالورژی دانشگاه علم و صنعت که در انجام این تحقیق مرا یاری نموده اند و همچنین از ستاد ویژه توسعه فناوری نانو به خاطر حمایت های مالی آن نهاد، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

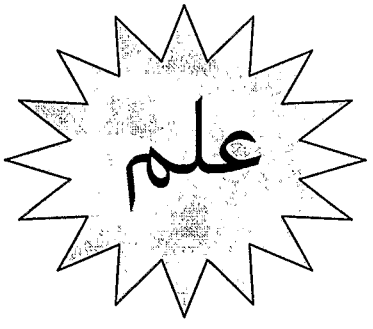
از مسئولین دستگاه SEM سازمان هوا فضا و دانشگاه تربیت مدرس و همچنین بخشهای مختلف پژوهشگاه مواد و انرژی کرج از جمله آزمایشگاه های آماده سازی و متالوگرافی، شناخت مواد (XRD)، SEM و TEM به خاطر همراهی آنها در تهیه آنالیز نمونه ها بسیار سپاسگزارم.

هاجر رجائی لیتکوهی

بهمن ۱۳۸۶

تقدیم به

و تمام پدران و مادرانی که



را زیور فرزندان خود قرار داده اند.

چکیده :

نانولوله های کربنی به علت استحکام کششی زیاد (~ ۱۵۰GPa)، مدول الاستیسیته بالا (~ ۱TPa) و پایداری حرارتی بسیار خوب از جمله موادی هستند که به عنوان فاز تقویت کننده در ساخت و تولید نانوکامپوزیت ها به کار گرفته می شوند. آلومینیوم نیز از جمله فلزاتی می باشد که به علت وزن کم، استحکام بالا و سرعت سایش پایین در صنایع هوا فضا و خودروسازی کاربردهای فراوانی یافته است، به طوریکه در سال های اخیر تحقیقات زیادی بر روی بهبود خواص آن صورت گرفته است. اما در زمینه ساخت کامپوزیت آلومینیوم تقویت شده با نانولوله های کربنی به دلیل پیچیدگیهای مربوط به واکنش در فصل مشترک آلومینیوم و نانولوله و همچنین فقدان یک روش ساخت مناسب تحقیقات کمتری انجام شده است. در پروژه حاضر بنا است تا ضمن تولید نانولوله های کربنی، از انها برای تقویت آلومینیوم استفاده شود.

به این منظور، روش تخلیه قوس الکتریکی در محلول کلرید سدیم (NaCl) با جریان مستقیم DC برای تولید نانولوله‌های کربنی استفاده شده است. برای دستیابی به شرایط بهینه تولید نانولوله‌های کربنی، مولاریته‌های مختلف ۰/۲۵، ۰/۲۸ و۰/۳ مولار محلول NaCl و استفاده از کاتالیزورهای ترکیبی Fe، Ni و Co با اعمال ولتاژی در محدوده ۱۴ تا ۲۰ ولت مورد بررسی قرار گرفته‌اند. بررسی نتایج حاکی از آن بود که محلول ۳/. مولار NaCl همراه با حضور کاتالیزور ترکیبی Ni-Co شرایط بهتری را برای رشد نانولوله‌های کربنی فراهم می‌کند. با دستیابی به شرایط بهینه تولید نانولوله های کربنی، نانولوله های مورد نیاز جهت استفاده در نانوکامپوزیت تهیه گردید.

با توجه به ویژگی های منحصر به فرد روش متالورژی پودر در صنعت، تولید نانوکامپوزیت های زمینه آلومینیومی با استفاده از این فرایند بسیار مورد توجه می باشد. در ادامه نانوکامپوزیت آلومینیوم تقویت شده با نانولوله های کربنی به روش متالورژی پودر تولید شده است. با بررسی عوامل موثر بر فرایند تولید نظیر درصد نانولوله های کربنی، زمان و دمای عملیات تفت جوشی بر خواص فیزیکی نانوکامپوزیت، مانند تغییرات ابعادی، چگالی و درصد تخلخل مشخص شد که افزایش دما و زمان عملیات تفت جوشی سبب افزایش چگالی و همچنین افزایش درصد وزنی نانولوله ها نیز باعث افزایش چگالی و کاهش درصد تخلخل کامپوزیت می گردد.

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل اول : مقدمه ای بر فناوری نانو

۱-۱مقدمه ۲
۱-۲ تعریف فناوری نانو و آشنایی با آن ۳
۱-۳ تاریخچه فناوری نانو ۵
۱-۴ ویژگی مهم فناوری نانو ۸
۱-۵ دستاوردهای بالقوه و مخاطرات فناوری نانو ۹
۱-۶ نانو فناوری در جهان ۱۲
۱-۷ نانوفناوری در ایران ۱۳
۱-۸ عناصر پایه در فناوری نانو ۱۴
۱-۹ روشهای ساخت عناصر پایه ۱۴
۱-۹-۱ رویکرد بالا به پایین ۱۴
۱-۹-۲ رویکرد پایین به بالا ۱۵
۱-۱۰ نانو ساختارها ۱۸
۱-۱۰-۱ مواد نانو یک بعدی ۱۸
۱-۱۰-۲ مواد نانوی دو بعدی ۱۹
۱-۱۰-۳ مواد نانوی سه بعدی ۲۰
۱-۱۱ کاربرد فناوری نانو در علوم مختلف ۲۲
۱-۱۱-۱ علوم کشاورزی و دامی ۲۲
۱-۱۱-۲ داروسازی ۲۴
۱-۱۱-۳ پزشکی ۲۴
۱-۱۱-۴ الکترونیک ۲۶
۱-۱۱-۵ امنیت ملی ۲۷

فصل دوم : نانولوله های کربنی

۲-۱ مقدمه ۲۹
۲-۲ کربن ۲۹
۲-۲-۱ گرافیت ۳۰
۲-۲-۲ الماس ۳۱
۲-۲-۳ فولرین ۳۲
۲-۲-۴ نانولوله های کربنی ۳۴
۲-۲-۵ ساختار نانولوله های کربنی ۳۹
۲-۲-۶ خواص نانولوله های کربنی ۴۲
۲-۲-۷ کاربرد نانولوله های کربنی ۴۶
۲-۲-۸ مکانیزم رشد ۵۰
۲-۲-۹ روشهای ساخت ۵۲

فصل سوم : نانو کامپوزیت ها

۳-۱ مقدمه ۵۹
۳-۲ کامپوزیت یا مواد چند سازه ۵۹
۳-۳ خصوصیات مواد کامپوزیتی ۶۰
۳-۴ مواد زمینه کامپوزیت ۶۲
۳-۴-۱ زمینه پلیمری ۶۲
۳-۴-۲ زمینه سرامیکی ۶۳
۳-۴-۳ زمینه فلزی ۶۴
۳-۵ تقویت کننده ها ۶۴
۳-۶ کامپوزیت های زمینه فلزی ۶۶
۳-۶-۱ انواع کامپوزیت های زمینه فلزی ۶۷
۳-۶-۲ ویژگیهای کامپوزیت های زمینه فلزی ۶۸
۳-۷ نانو کامپوزیت ها ۶۹
۳-۷-۱ انواع نانوکامپوزیت ها ۷۱
۳-۷-۲ روشهای ساخت نانو کامپوزیت ۷۸
۳-۷-۳ ساخت نانوکامپوزیت پلیمری ۷۹
۳-۷-۴ ساخت نانوکامپوزیت سرامیکی ۸۰
۳-۷-۵ ساخت نانوکامپوزیت فلزی ۸۱

فصل چهارم : روش تحقیق

۴-۱ مقدمه ۱۱۲
۴-۲ تخلیه قوس الکتریکی در محیط مایع ۱۱۳
۴-۲-۱ مروری بر کارهای انجام شده در زمینه تولید نانولوله های کربنی ۱۱۳
۴-۲-۲ فرایند ساخت ۱۱۵
۴-۳ فرایند ساخت نانو کامپوزیت به روش متالورژی پودر ۱۲۴
۴-۳-۱ مروری بر منابع در زمینه ساخت کامپوزیت زمینه فلزی ۱۲۵
۴-۳-۲ فرایند ساخت ۱۲۸

فصل پنجم: نتایج و پیشنهادات

۵-۱ بررسی نمونه های تولید شده به منظور ساخت نانولوله های کربنی ۱۳۵
۵-۱-۱ مقایسه محصولات تولیدی ۱۳۵
۵-۱-۲ بررسی اثر کاتالیزور ۱۳۷
۵-۱-۳ بررسی اثر نمک ۱۳۸
۵-۱-۴ بررسی تاثیر نوع کاتالیزور ۱۴۲
۵-۱-۵ بررسی اثر ولتاژ ۱۴۴
۵-۱-۶ بررسی تصاویر TEM از نانولوله های کربنی ۱۵۰
۵-۲ بررسی ریز ساختار و خواص فیزیکی کامپوزیت CNT/Al ۱۵۳

۵-۲-۱ تعیین شرایط بهینه تفت جوشی ۱۵۴
۵-۲-۲ بررسی تغییرات ابعادی ۱۵۵
۵-۲-۳ بررسی چگالی .و درصد تخلخل ۱۵۷
۵-۲-۴ بررسی سختی ۱۶۱
۵-۲-۵ نسبت استحکام به وزن ۱۶۲
۵-۲-۶ تحلیل ریزساختار کامپوزیت ۱۶۳
۵-۲-۷ نتایج طیف XRD ۱۶۴
۵-۳ چکیده نتایج ۱۶۵
۵-۴ پیشنهادات ۱۶۶

منابع ۱۶۷

فصل اول

مقدمه ای بر فناوری نانو

۱-۱ مقدمه

امروزه فناوری نانو[1] به عنوان یک چالش اصلی علمی و صنعتی پیش روی جهانیان است. در سالهای اخیر مشخصات اندازه محصولات برای مواد پیشرفته به شکل چشمگیری ریز شده است که در بعضی اوقات به محدوده سایز نانو می رسد لذا استفاده از فناوری نانو در رسیدن به این هدف بسیار مفید و کارا خواهد بود. فناوری نانو قادر به ایجاد ساختارهای از مواد است که در طبیعت موجود نبوده و شیمی مرسوم نیز قادر به ایجاد آن نمی باشد. برخی از مزایای این فناوری را می توان تولید مواد سبکتر، قویتر، قابلیت برنامه ریزی بیشتر و کاهش هزینه های فعالیت برشمرد.

فناوری نانو اشاره به تحقیقات و توسعه صنعتی در سطوح اتمی، مولکولی و میکرو مولکولی دارد. این تحقیقات با هدف ایجاد و بهره برداری از ساختارها و سیستمهای صورت می گیرند که به واسطه اندازه کوچک خود دارای خواص و کاربردهای منحصر به فرد می باشند.

فناوری نانو یا کاربرد فناوری در مقیاس یک میلیاردم متر، جهان حیرت انگیزی را پیش روی دانشمندان قرار داده است که در تاریخ بشریت نظیری برای آن نمی توان یافت. پیشرفت های پر شتابی که در این عرصه به وقوع می پیوندد، پیام مهمی را با خود به همراه آورده است : بشر در آستانه دستیابی به توانایی های بی بدیلی برای تغییر محیط پیرامون خویش قرار گرفته است و جهان و جامعه ای که در آینده ای نه چندان دور به مدد این فناوری جدید پدیدار خواهد شد، تفاوت هایی بنیادین با جهان مألوف آدمی درگذشته خواهد داشت.

---

[1] - Nanotechnology

۱-۲ تعریف فناوری نانو و آشنایی با آن

یک نانو متر یک هزارم میکرومتر است و اگر بخواهیم احساس فیزیکی نسبت به آن داشته باشیم می توان گفت که یک نانو متر $\frac{1}{80000}$ قطر موی انسان می باشد. اما این تعریف مقیاس نانو، نمی تواند مقایسه درستی باشد چرا که ضخامت موی انسان با توجه به خصوصیات فردی هر شخص از چند ده میکرو متر تا چند صد میکرو متر می باشد. بنابراین نیاز به یک استاندارد برای بیان مفهوم مقیاس نانو وجود دارد. با ایجاد ارتباط میان اندازه اتم ها و مقیاس نانو می توان یک نانو متر را راحت تر تصور کرد. یک نانو متر برابر قطر ۱۰ اتم هیدروژن و یا ۵ اتم سیلسیم می باشد. درک اندازه دقیق اتم برای فهم این مقیاس زیاد اهمیت ندارد. چیزی که با این تشابه مشخص می شود، این است که فناوری نانو عبارت است از: دستکاری کوچکترین اجزاء ماده یا اتم ها[۱].

از آن زمان که « ریچارد فاینمن »[1] توجه اندیشمندان را به این مقوله از علم جلب کرد تا کنون پیشرفت های زیادی جهت دقیق کردن تعریف این دانش بوجود آمده است. از طرفی با توجه به اینکه فناوری نانو مقوله ای نوپا و گسترده است هنوز یک تعریف همه جانبه از آن ارائه نشده است. با این وجود همگان در این توصیف ساده که فناوری نانو دانشی است که به ما اجازه توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستمهای جدید با در دست گرفتن کنترل در سطح مولکولی و اتمی و استفاده از خواصی که در آن سطوح ظاهر می شود را می دهد، توافق دارند[۲]. در این فناوری همان طور که از نامش پیداست، امکان ساخت مواد با استفاده از چینش مولکول به مولکول و توانایی آرایش مواد با دقت اتمی در حد نانو متر فراهم می گردد.

---

[1]- Richard Feynman

واقعیت آن است که در این مقیاس بسیاری از قوانین فیزیک کلاسیک از درجه اعتبار ساقط می شود و ماهیت فیزیک کوانتومی محقق می گردد.

علی رغم آن که در سالهای اخیر به فناوری نانو توجه زیادی شده اما این فناوری یک علم نوظهور نیست بلکه مبحثی کاملاً متداول در بین محققان، رسانه های خبری، جامعه سرمایه گذاری و غیره می باشد و تنها در سالهای اخیر توجه بیشتری به این واژه شده است. هر چند برخی اظهار نظرها در مورد فناوری نانو با مبالغه همراه است، اما مبالغه نیست اگر بگوییم فناوری نانو موجب تغییر ماهیت در بیشتر منابع می شود. بدین ترتیب فناوری نانو یک رشته نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته ها ست[۱].

برای فناوری نانو کاربردهایی را در حوزه های مختلف ازجمله غذا ، دارو، تشخیص پزشکی، فناوری زیستی، رایانه، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، هوا فضا، امنیت ملی و بسیاری صنایع چون نساجی، فولاد، برق و... بر شمرده اند به گونه ای که به زحمت می توان عرصه ای را که از آن تاثیر نپذیرد معرفی نمود. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه اثرات اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه فرا رشته ایی و فرا بخشی مطرح نموده است. هر چند آزمایش ها و تحقیقات پیرامون فناوری نانو از ابتدای دهه ۸۰ قرن بیستم به طور جدی پیگیری شد، اما اثرات تحول آفرین و باور نکردنی نانو فناوری در روند تحقیق و توسعه باعث گردید که نظر همگی کشورهای بزرگ به این موضوع جلب گردد و نانو فناوری را به عنوان یکی از مهمترین اولویت های تحقیقاتی خویش طی دهه اول قرن بیست و یکم محسوب کنند، بطوریکه به نظر می آید هر صنعتی که در امر سرمایه گذاری در نانو فناوری کوتاهی کند خود را در معرض خطر قرار خواهد داد[۱].

از آنجایی که نانو فناوری بخش وسیعی از مباحث شیمی، فیزیک، بیولـوژی، پزشـکی، مهندسـی و الکترونیک را در بر می گیرد، طبقه بندی آن بسیار پیچیده است.

نانوفناوری در عمل به سه شاخه اساسی نانو فناوری مرطوب، خشک و محاسباتی تقسیم می شود.

در نانو فناوری مرطوب علوم پزشکی، ساختارهای زیستی و فناوری زیستی مورد بحث و سـاختار ژنتیکی مواد، غشاها و دیگر ترکیبات سلولی در مقیاس نانو مورد مطالعه قرار می گیرد.

نانو فناوری خشک که از مشتقات علوم پایه چون شیمی و فیزیک می باشـد، نـانو سـاختارهایی از جنس کربن، سیلیکون و دیگر مواد معدنی و فلزی را مورد بررسی قرار می دهد.

نظر به اینکه نانو فناوری محاسباتی به مدل سازی، شبیه سازی و مطالعه خـواص مـواد جدیـد بـه وسیله رایانه می پردازد؛ هر دو زمینه قبلی را تحت پوشش قرار داده و نیاز به اسـتفاده از تجهیـزات گران قیمت آزمایشگاهی ندارد، امروزه در جهان از استقبال بیشتری برخوردار است[۲].

۱-۳ تاریخچه فناوری نانو

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و به خصوص دانشمندان آن دوره بر این باور بودند که مواد را می توان آنقدر به اجزای کوچک تقسیم کرد تا به ذراتی رسید که خرد ناشدنی هستند و این ذرات بنیان مواد را تشکیل می دهنـد. شـاید بتـوان « دموکریتـوس»[1] فیلـسوف یونـانی را پـدر فناوری و علوم نانو دانست چرا که در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح او اولین کسی بـود کـه واژه « اتم » را که به معنی تقسیم نشدنی در زبان یونانی است برای توصیف ذرات سازنده مواد بـه کار برد[۳].

[1]- Democritus

با تحقیقات و آزمایشهای بسیار، دانشمندان تا کنون ۱۰۸ نوع اتم و تعداد زیادی ایزوتوپ کشف کرده اند، آنها همچنین پی برده اند که پروتون هسته اتم ها از ذرات کوچکتری مانند کواراک ها[1] و لیپتون ها[2] تشکیل شده اند. با این حال این کشف ها در تاریخ پیدایش این فناوری پیچیده زیاد مهم نیست[۳].

نقطه شروع و توسعه اولیه فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفت که اولین نانو فناوریست ها[3] شیشه گران قرون وسطایی بوده اند که از قالب های قدیمی برای شکل دادن شیشه هایشان استفاده می کردند. البته این شیشه گران نمی دانستند که چرا با اضافه کردن فلزات به شیشه رنگ آن تغییر می کند. در آن زمان برای ساخت شیشه های کلیسا های قرون وسطایی از ذرات نانو متری فلزات استفاده می شده است و با این کار شیشه های رنگی بسیار جذابی به دست می آمده است. این قبیل شیشه ها هم اکنون در بین شیشه های بسیار قدیمی یافت می شوند. رنگ به وجود آمده در این شیشه ها بر پایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی باشند[۳].

در واقع یافتن مثال هایی برای استفاده از نانو ذرات فلزی چندان سخت نیست. رنگدانه های تزئینی جام مشهور « لیکرگوس »[4] در روم باستان (قرن چهارم بعد از میلاد)، نمونه ایی از آنها است. این جام هنوز در موزه بریتانیا قرار دارد و بسته به جهت نور تابیده به آن رنگ های متفاوتی دارد، نور انعکاس یافته از آن سبز است ولی اگر نوری از درون آن بتابد، به رنگ قرمز دیده می شود. آنالیز این شیشه حکایت از وجود مقادیر بسیار اندکی از بلور های فلزی ریز ۷۰ نانو متری دارد، که

1- Quarks
2- Liptons
3- Nano technologists
4- Lycurgus cup

حاوی نقره و طلا با نسبت مولی تقریباً ۱۴ به یک است. حضور این نانو بلور ها باعث رنگ ویژه جام لیکرگوس گشته است[۳].

در سال ۱۹۵۹ «ریچارد فاینمن»، نظریه پرداز مکانیک کوانتوم مقاله ای را درباره قابلیت های فناوری نانو در آینده منتشر ساخت. با وجود موقعیت هایی که توسط بسیاری تا آن زمان کسب شده بود، ریچارد فاینمن را به عنوان پایه گذار این علم می شناسند. فاینمن که بعدها جایزه نوبل فیزیک را در سال ۱۹۶۵ دریافت کرد طی سخنرانی تاریخی خود در انجمن فیزیک آمریکا تحت عنوان « فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد »[1] با اشاره به چگونگی چینش مولکول ها، اتم ها و فضای اطراف آنها چشم اندازهای علمی جدیدی را به تصویر کشانده که در آن میلیاردها شی ـ که وی آنها را کارخانه های کوچک نامید ـ در حال ساختن نسخه هایی از خودشان با رفتاری کاملاً مشابه بودند. او فرض را بر این قرار داد که اگر دانشمندان فرا گرفته اند که چگونه ترانزیستورها و دیگر سازه ها را با مقیاس های کوچک بسازند، پس ما خواهیم توانست آنها را کوچک و کوچکتر کنیم[۴].

در بحبوحه سالهای صنعتی کلمه « بزرگ » از اهمیت ویژه ای برخوردار بود. مثل علوم بزرگ، پروژه های مهندسی بزرگ و غیره حتی رایانه ها در دهه ۱۹۵۰ تمام طبقات ساختمان را اشغال می کردند. ولی از وقتی فاینمن نظرات و منطق خود را بازگو کرد، جهان روندی به سوی کوچک شدن در پیش گرفت[۴].

« ماروین مینسکی»[2]، پدر هوش های مصنوعی دهه ۷۰ ـ ۱۹۶۰ ذهن بسیار خلاقی داشت که می توانست به اندیشه های فاینمن قوت ببخشد. مینسکی جهان را در تفکراتی که مربوط به آینده

[1]- There is a plenty of room at the bottom
[2]- Marvin Minsky

می شد، رهبری می کرد[۴].

در اواسط دهه ۷۰، «کی اریک درکسلر»[1] که نسبت به وسایل کوچک فاینمن علاقه مند شده بود و قصد داشت تا در مورد توانایی های آنها به کاوش بپردازد، مینسکی را به عنوان استاد راهنما انتخاب کرد. او اولین مقاله علمی خود را در مورد نانو فناوری مولکولی[2] (MNT) در سال ۱۹۸۱ ارائه داد. در سال ۱۹۸۶ واژه فناوری نانو توسط وی در کتابی تحت عنوان « موتور آفرینش: آغاز دوران فناوری نانو »[3] باز آفرینی و تعریف مجدد شد. او این واژه را به شکل عمیقتری در رساله دوران دکترای خود مورد بررسی قرار داده و بعدها آن را در کتابی با نام « نانو سیستمها: ماشین های مولکولی، چگونگی ساخت و محاسبات آنها »[4] توسعه داد و به این ترتیب جهان را به اهمیت نانو آگاه ساخت[۳].

۱-۴ ویژگی مهم فناوری نانو

دو ویژگی مهم که نانو مواد را از دیگر گروهها متمایز می سازد عبارتند از افزایش سطح نسبت به حجم مواد و تاثیرات کوانتومی. این عوامل می توانند باعث ایجاد تغییرات و یا به وجود آمدن خواص ویژه ای مانند تاثیر در واکنشها، مقاومت مکانیکی و مشخصه های ویژه الکتریکی در نانو مواد شوند.

همانگونه که اندازه این مواد کاهش می یابد، تعداد بیشتری از اتم ها در سطح قرار خواهند گرفت. برای مثال اتم های موادی به اندازه ۳۰ نانو متر به میزان ۵ درصد، ۱۰ نانو متر به میزان ۲۰ درصد و ۳ نانو متر به میزان ۵۰ درصد در سطح قرار دارند. در نتیجه مواد نانو با ذرات کوچکتر در مقایسه با

1- K.Eric Drixler
2- Molecular Nano Technology
3- Engine Of Creation : The Coming Eva Of Nanotechnology
4- Nanosystems :Molecular Machinery, Manufacturing and Computation

مواد نانو با ذرات بزرگتر دارای سطح بیشتری در واحد جرم هستند. با توجه به ازدیاد سطح در این مواد، تماس ماده با سایر عناصر بیشتر شده و موجب افزایش واکنش با آنها می شود این عمل منجر به تغییرات عمده در شرایط مکانیکی و الکترونیکی این مواد خواهد شد[۳].

برای مثال سطوح بین ذرات کریستال ها در بیشتر فلزات باعث تحمل فشارهای مکانیکی بر آن می شود. اگر این فلزات در مقیاس نانو ساخته شوند، با توجه به ازدیاد سطح بین کریستال ها مقاومت مکانیکی آن به شدت افزایش می یابد. برای مثال فلز نیکل در مقیاس نانو، مقاومتی بیشتر از فولاد سخت شده دارد. به موازات تاثیرات ازدیاد سطح، اثرات کوانتومی با کاهش اندازه مواد (به مقیاس نانو) موجب تغییر در خواص ذاتی مواد از جمله خواص نوری، الکتریکی و غیره می شود[۳].

۱-۵ دستاوردهای بالقوه و مخاطرات نانوفناوری[۴-۵]

دستاوردهای ناشی از پیاده سازی کامل نانوفناوری بسیار چشمگیر خواهد بود. با این وجود حتی اگر تمام اهداف از پیش تعیین شده با انجام پژوهش های نانوفناوری تحقق نیابند، نسل جدیدی از پژوهشگران در رشته ای کاملاً نوین تربیت؛ تجربیات فراوان کسب؛ مراکز تحقیقاتی، دانشگاهی و صنعتی متعدد تاسیس و حمایت خواهند شد. همچنین اگر پژوهش های نانوفناوری از حد فعالیت های کوچک سازی در مقیاس میکرونی فراتر نرود، دستاوردهای آن همچنان مقرون به صرفه خواهد بود. اینگونه موارد به نوبه خود باعث پیدایش فرهنگی نو و شکوفایی زمینه های جدید علمی، آموزشی، پژوهشی و صنعتی خواهد شد.

ویژگی بارز نانوفناوری استفاده آن از ذرات بسیار کوچکی است که حداقل یکی از ابعاد آنها کمتر از ۱۰۰ نانومتر باشد. گفته شده است که نانوفناوری می تواند مواد زائد و آلودگی ها را از محیط

حذف کند حتی می تواند به طور فزاینده ای از مصرف و هدر رفتن منابع جلوگیری کند که این خود می تواند سبب شود قیمت تمام شده بسیاری از محصولات و فرایندها کاهش یابد. از سوی دیگر نانوفناوری این قابلیت را دارد که با فراهم آوردن امکان انتخاب گری بالا در واکنش های شیمیایی، بهره وری در مصرف انرژی و کاهش تولید مواد زائد را موجب شود. با این وجود مطالعات نشان می دهد که این فناوری نوظهور آنچنان که گفته می شود بی خطر نیست. اصولاً ما با سه دسته نانومواد سروکار داریم. دسته اول که مهم ترین و قدیمی ترین آنها کربن سیاه[1] است در ساختن لاستیک و نیز در صنایع چاپ به کار می رود. کاربردهای جدید این نانوماده در صنایع دیگری چون صنایع پوششی، نساجی، سرامیک، شیشه و... گزارش شده است. تنها افرادی که در این صنایع کار می کنند می توانند در معرض این دسته از نانومواد قرار بگیرند. دسته دوم شامل نانوذراتی است که در مواد دارویی و آرایشی بهداشتی به کار می روند که بالنسبه عموم افراد ممکن است از آنها استفاده کنند. دسته سوم نانوذراتی هستند که به صورت ناخواسته به عنوان محصول فرعی بعضی از فرآیندها- مانند سوختن سوخت های دیزلی، گداختن فلزات و حرارت دادن پلیمرها- تولید می شوند.

یکی از راه های ورود نانومواد به داخل بدن موجودات زنده استنشاق است. این امر یکی ازموضوعاتی بوده است که بسیار مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. مدارک معتبری وجود دارد که ثابت می کند ذرات پایدار با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر پس از استنشاق می توانند مسمومیت اساسی ایجاد کنند. ذرات استنشاق شده تمایل زیادی به رسوب کردن در مجاری تنفسی و ریه ها دارند که این تمایل در افراد مبتلا به آسم و سایر عارضه های تنفسی بیشتر است.

[1]- Black carbon

در بعضی از موارد ممکن است اثر یک ماده ویژه اثر منفی نانوذرات را تشدید کند. به عنوان مثال حضور ذرات بزرگ نیکل در کنار نانوذرات این ماده صدمات ریوی و التهاب آن را افزایش می دهد. این مطالعه نشان می دهد که نه تنها سطح ویژه نانوذرات نیکل در اثرات مخرب آن نقش دارد بلکه یون های نیکل نیز اثر مهمی در ایجاد مسمومیت در سلول های موش دارند. یکی دیگر از راه های نفوذ نانوذرات به داخل بدن حیوانات و انسان، نفوذ از راه پوست است. این مسئله در انسان اهمیت بیشتری دارد زیرا در مواد حاجب نور خورشید یا همان کرم های ضدآفتاب، از نانوذرات اکسید تیتانیم و اکسید روی استفاده می شود. هم اینک مهمترین استفاده از نانوذرات در مواد آرایشی بهداشتی، استفاده از همین ذرات بسیار ریز اکسیدهای فلزی است. مطالعات نشان داده است که نانوذرات تشکیل دهنده این مواد هشت ساعت پس از مصرف می تواند از طریق غشای سلول وارد سلول شود. راه دیگر نفوذ پوستی نانوذرات به درون سلول های انسان از طریق نقل و انتقال و کار کردن با این مواد در آزمایشگاه ها و صنایع است. مطالعات در مورد نفوذ نانولوله های کربنی به بدن افرادی که در آزمایشگاه های مربوطه کار می کنند مؤید این مسئله است. راه دیگر در معرض نانوذرات قرار گرفتن ورود آنها به زنجیره غذایی است که منشاء آن آلودگی های زیست محیطی است.

با توجه به مطالب فوق می توان گفت که خطر کلی نانوذرات به پایداری آنها در مواد زیستی مرتبط است. نانوذراتی که به راحتی به موادی با قدرت مسمومیت کم تجزیه می شوند نسبت به نانوذرات مقاوم درمقابل تجزیه زیستی از زیان آوری کمتری برخوردارند. شکل و طبیعت سطح نانوذرات در زیان آور بودن آن نقش مهمی دارد. با توجه به این مطالعات باید در جهت رفع این مشکلات تدابیری اندیشیده شود.

۱-۶ نانو فناوری در جهان

نانو فناوری در حال حاضر یک پدیده جهانی شناخته شده است و بسیاری از محققان و صاحبنظران آن را مساوی آینده دانسته اند. در حال حاضر طیف وسیعی از شرکت های بزرگ نوپا - حدود ۹۰۰ شرکت- برای تولید محصولات خاص بر مبنای این فناوری تاسیس شده اند. از طرف دیگر بررسی آمارها و اطلاعات حاکی از سرمایه گذاری های زیاد برخی شرکت های بزرگ مانند موتورلا، هیتاچی، میتسوبیشی و آی.بی.ام جهت تحقیق و توسعه در این زمینه ها می باشد. همچنین مطالعه اوضاع جهانی در حیطه های علوم و فناوری نانو به روشنی نشان می دهد که این موارد بعضاً در کشورهای پیشرفته صنعتی در رده اولویت های درجه اول ملی و در سایر کشورهای اروپایی و آسیایی در رده اولویت های بسیار بالای ملی قرار گرفته است[۴].

کشورها که پیشگامان تحقیق و توسعه در این زمینه ها می باشند، از هم اکنون با سرمایه گذاری های بزرگ و مستمر خود در حوزه های آموزشی- پژوهشی علوم و فناوری مقیاس نانو تلاش دارند تا جایگاه مطمئنی را برای آینده اقتصاد خود در بازار عظیم یک هزار میلیارد دلاری تخمین زده شده جهانی جهت محصولات نانوفناوری طی سال ۲۰۱۵ تعیین نمایند. بدون شک آمریکا در حال حاضر پیشتاز تحقیقات نانو در جهان است، این کشور در سال ۲۰۰۳ بیش از ۷۷۰ میلیون دلار به برنامه ملی خود در این زمینه اختصاص داده است[۴]. اروپا نیز به منظور اجتناب ازمخاطرات آتی در حال برداشتن گام هایی بلند در سطح ملی و بین المللی برای تصاحب سهم جهانی خود در بخش نوظهور این صنعت می باشد.

چنانچه بر این اساس بودجه ۱۴۸۵ میلیون دلاری برای امکان ارتقا، نانوفناوری از وضعیت فعال کلیدی در برنامه های قبلی به اولویت اول موضوعی در ششمین برنامه پنج ساله تحقیق و توسعه