دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی عمران گرایش سازه

عنوان:

بررسی خواص مکانیکی بتن حاوی نانوذرات والیاف فولادی

استاد راهنما:

دکتر محمد رضا سهرابی

تحقیق و نگارش:

علی شاکرمی

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

تیر۱۳۸۸

بسمه تعالی

این پایان نامـه بـا عنـوان ..... قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسـی ارشـد ..... توسـط دانشـجو ..... تحـت راهنمایی استاد پایان نامه ..... تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

(نام و امضاء دانشجو)

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئـت داوران بررسـی و درجـه ..... به آن تعلق گرفت.

	نام و نام خانوادگی	**امضاء**	**تاریخ**
استاد راهنما:			
استاد راهنما:			
استاد مشاور:			
داور ۱:			
داور ۲:			
نماینده تحصیلات تکمیلی:			

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب *علی شاکرمی* تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: علی شاکرمی

امضاء

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

که با شمع جوانی سوختند

تا چراغ راه من باشند.

تقدیم به:

همسر مهربانم

که هیچ گاه حتی لحظه ای

تنهایم نگذاشت.

سپاسگزاری

سپاس خداوند مهربان را که با نعمت های بیشمارش انسان را غنی ساخت و می سازد و وای بر این بنده ناسپاس، خداوندا سپاس که چشمان، بازوان و تفکر مرا یاری فرمودی تا بتوانم این پایان نامه را تدوین کنم ،تو را سپاس ای یکتا. لازم است از دوستان گرامیم آقایان مهندس خسته بند بخاطر در اختیار گذاشتن تجربیات ارزشمندش، مهندس کربلائی بخاطر زحماتش، مهندس نارچین بخاطر عکسهای پایان نامه و آقای سید محمد سجادی تقدیر و تشکر ویژه به عمل بیاورم. و در پایان سپاسگذاری می کنم از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر محمدرضا سهرابی که همواره همچون دوستی مهربان راهنمای من بود.

چکیده:

با بررسیهای انجام شده روی تأثیر نانوسیلیس بر بتن مشخص شده که ذرات نانو سیلیس با یک فرایند فیزیکی- شیمیایی بتن را متراکم ساخته و در مقاومت فشاری بتن تأثیر مطلوبی می گذارد. از سوی دیگر بکار بردن الیاف فولادی در بتن باعث کوچک شدن و هم راستا شدن ترکها می شود. همچنین الیاف فولادی با پل زنی بین میکرو ترکها در بتن ایجاد مقاومت کششی می کنند. در این مطالعه آزمایشگاهی سه آزمایش فشار، کشش و خمش به عمل آمده است و ۱۰۸ نمونه مکعبی به ابعاد ۱۵۰x۱۵۰x۱۵۰mm، ۴۸ نمونه استوانه ای به قطر ۱۵cm و ارتفاع ۳۰cm و ۲۴ نمونه خمشی به ابعاد ۱۵۰x۱۵۰x۷۵۰mm ساخته شده است. نمونه های مکعبی برای آزمون فشار در سه سن ۳،۷ و۲۸ روزه بکار رفته اند، نمونه های استوانه ای برای تست کشش در دو سن ۷ و۲۸ روزه استفاده شده اند، و آزمایش خمش فقط در سن ۲۸ روزه به انجام رسیده است. نانو سیلیس در سه درصد، یعنی ٪۱، ٪۲ و ٪۳ وزنی سیمان استفاده شده است. الیاف فولادی در دو نسبت $۳۰kg/m^3$ و $۶۰kg/m^3$ به مخلوط بتن اضافه شده اند. در مجموع با نمونه شاهد ۱۲ طرح مخلوط بتن با نانوسیلیس والیاف فولادی بصورت ترکیبی و مجزا ساخته شده است. در نهایت و بعد از انجام آزمایشات مشخص شد که نانوسیلیس و الیاف فولادی هم بصورت مجزا و هم ترکیبی اثرات مطلوبی روی خواص فشاری، کششی و خمشی بتن دارند البته در مواردی ترکیب دو افزودنی ارتقاء نسبتاً کمی نسبت به استفاده مجزای آنها روی خواص بتن داشته است. چنین بتنی را می توان در ساخت دیوارها، عرشه پلها و همچنین تونل سازی و بطور کلی در سازه های حساس مورد استفاده قرار داد

کلمات کلیدی: مقاومت خمشی- مقاومت فشاری- مقاومت کششی- نانوسیلیس- الیاف فولادی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه **۱**

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق ۲

۱-۳- روش تحقیق ۳

۱-۴- فصول ۳

۱-۵- تاریخچه نانو تکنولوژی ۴

۱-۶- معرفی نانو و نانو فناوری ۵

۱-۷- مزایا و کاربرد نانو فناوری ۸

۱-۸- جایگاه نانو تکنولوژی در ایران ۱۱

۱-۹- انواع نانو تکنولوژی ۱۱

۱-۱۰- روشها ی ساخت در مقیاس نانو ۱۳

۱-۱۱- ابزارهای علوم نانویی ۱۵

۱-۱۲- نانو مواد ۲۲

فصل دوم: مقدمه ای بر بتن **۳۱**

۲-۱- تاریخچه سیمان پرتلند و بتن ۳۲

۲-۲- بتن چیست و بتن با کیفیت خوب چگونه است؟ ۳۲

۲-۳- اجزاء تشکیل دهنده بتن و خواص آنها ۳۵

۲-۴- مواد افزودنی و نقش آنها در بتن ۴۴

فصل سوم: اثر نانو سیلیس بر بتن بر اساس مطالعات پیشین **۵۶**

۳-۱- مقدمه ۵۷

۳-۲- خواص ملات سیمان با نانو سیلیس ۵۸

۳-۳- مقاومت سایشی بتن حاوی نانو سیلیس ۶۲

فصل چهارم: تأثیر الیاف فولادی بر بتن بر اساس مطالعات پیشین **۷۰**

۴-۱- مقدمه ۷۱

۴-۲ مقاومت فشاری و کششی بتن با الیاف فولادی ۷۱

۴-۳ مقاومت خمشی بتن با الیاف فولادی ۷۳

۴-۴ پیچش اعضاء بتنی با الیاف فولادی ۷۵

۴-۵ فرسودگی بتن با الیاف فولادی ۷۸

۴-۶ تأ ثیر الیاف فولادی بر لوله های بتنی..... ۸۰
فصل پنجم: مواد و مصالح مصرفی و طرح اختلاط ۸۴
۵-۱- مقدمه ۸۵
۵-۲- سنگدانه ۸۵
۵-۳- سیمان ۹۲
۵-۴- آب ۹۲
۵-۵- نانوسیلیس ۹۲
۵-۶- الیاف فولادی ۹۲
۵-۷- فوق روان کننده ۹۳
۵-۸- طرح اختلاط ۹۳
فصل ششم: آزمایشات و نحوه انجام آنها ۹۸
۶-۱- مقدمه ۹۹
۶-۲- آزمایش مقاومت فشاری ۹۹
۶-۳- آزمایش مقاومت کششی ۱۰۱
۶-۴- آزمایش مقاومت خمشی ۱۰۲
فصل هفتم: نتایج آزمایشات و تحلیل آنها ۱۰۵
۷-۱- مقدمه ۱۰۶
۷-۲- مقاومت فشاری ۱۰۸
۷-۳- مقاومت کششی ۱۱۷
۷-۴- مقاومت خمشی ۱۲۴
فصل هشتم: نتیجه گیری و جمع بندی ۱۳۰
۸-۱- مقدمه ۱۳۱
۸-۲- بهترین نتیجه ۱۳۱
۸-۳- جمع بندی ۱۳۱
۸-۴- پیشنهادات ۱۳۲
مراجع ۱۳۳
پیوست ها ۱۳۶
پیوست (الف) – ریز ساختار ۱۳۷

فهرست جدول ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول۲-۱ ترکیبات اصلی سیمان پرتلند ۳۶
جدول۲-۲ انواع عمده سیمان پرتلند ۳۸
جدول۲-۳ مقادیر نمونه ترکیبات مرکب انواع مختلف سیمان پرتلند(٪) ۳۹
جدول۲-۴ دسته بندی سنگها از نظر شکل بر اساس آیین نامه BS ۴۱
جدول۲-۵ طبقه بندی بافت سطحی سنگدانه ها بر اساس آیین نامه BS ۴۲
جدول۲-۶ رده بندی مواد افزودنی (RILEM) ۴۸
جدول۳-۱طرح اختلاط نمونه ها ۵۹
جدول۳-۲ مقاومت فشاری(Mpa) ۶۰
جدول۳-۳ طرح اختلاط نمونه ها(در cm^3 ۷۶۸) ۶۱
جدول۳-۴ مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه(Mpa) ۶۱
جدول۳-۵ مقاومت خمشی ۷ و ۲۸ روزه(Mpa) ۶۲
جدول۳-۶ مشخصات نانو ذرات ۶۳
جدول۳-۷ مشخصات الیاف پلی پروپیلن(PP) ۶۳
جدول۳-۸ نسبتهای اختلاط (kg/m^3) ۶۳
جدول۳-۹ مقاومت خمشی و فشاری ۲۸ روزه(Mpa) ۶۴
جدول۳-۱۰ نتایج آزمایش سایش نمونه ها(شاخص سایش) ۶۷
جدول۳-۱۱ مقادیر θ_1 و θ_2 بدست آمده از درونیابی خطی ۶۸
جدول۴-۱ دستور العمل مخلوط کردن نمونه های بتنی (kg/m^3) ۷۲
جدول۴-۲ مقاومت فشاری نمونه های C۲۰ و C۳۰ ۷۲
جدول۴-۳ مقاومت فشاری در سنین اولیه(Mpa) ۷۳
جدول۴-۴ مقاومت خمشی نمونه های C۲۰ و C۳۰ (غیر مسلح) ۷۴
جدول۴-۵ نتایج تست خمشی چهار نقطه ایی برای تیر های بتن آرمه ۷۵
جدول۴-۶ جزئیات مشخصات طرح های مختلف برای تست پیچش ۷۶
جدول۴-۷ مقاومت نهایی پیچشی ۷۷
جدول ۴-۸ ترکیب بتن برای تست فرسودگی(kg/m^3) ۷۸
جدول ۴-۹ طرح اختلاط بتن برای ساخت لوله های بتنی ۸۰
جدول ۴-۱۰ شش ترکیب مختلف بتن با الیاف فولادی برای ساخت لوله های بتنی ۸۱
جدول۴-۱۱ سایز محاسبه شده ترک در ۶۰٪ بار نهایی(mm) ۸۲
جدول۵-۱ حدود مقادیر وزن مخصوص سنگدانه ها ۸۷

جدول۵-۲ دانه بندی ماسه ۸۹
جدول۵-۳ دانه بندی ماسه اصلاح شده ۹۰
جدول۵-۴ دانه بندی شن ۹۱
جدول۵-۵ مشخصات محلول ٪۴۰ نانوسیلیس ۹۲
جدول۵-۶ مشخصات الیاف فولادی ۹۳
جدول۵-۷ پارامترهای طرح اختلاط ۹۵
جدول۵-۸ نسبتهای اختلاط(kg/m^3) ۹۷
جدول۷-۱ نتایج مقاومت های فشاری، کششی و خمشی(Mpa) ۱۰۷
جدول۷-۲ درصدهای بهبودی مقاومت های فشاری، کششی و خمشی ۱۰۸

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل۳-۱ نانوسیلیس ۵۸
شکل۳-۲ سیلیکافوم ۵۸
شکل۳-۳ رابطه بین مقاومت فشاری و مقاومت سایشی ۶۷
شکل۳-۴ رابطه کلی بین مقاومتهای فشاری و سایشی ۶۸
شکل ۴-۱ تیرهای بتن آرمه قبل و بعد بتن ریزی ۷۴
شکل ۴-۲ شکل شماتیک نمونه آماده به آزمایش پیچشی ۷۶
شکل ۴-۳ نمونه های ترک داده شده ۷۹
شکل ۴-۴ نحوه عایق بندی ترکها ۷۹
شکل ۴-۵ شکل و نوع الیاف فولادی مورد استفاده در لوله های بتنی ۸۱
شکل ۴-۶ مقاومت لوله های بتنی بر بار واحد طول مؤثرشان ۸۳
شکل ۵-۱ منحنی دانه بندی اولیه ۸۹
شکل ۵-۲ منحنی دانه بندی اصلاح شده ۹۰
شکل ۵-۳ منحنی دانه بندی شن ۹۱
شکل ۵-۴ الیاف فولادی ۹۳
شکل ۶-۱ قالبها پس از بتن ریزی ۱۰۰
شکل ۶-۲ قرار دادن نمونه فشاری در دستگاه ۱۰۰
شکل۶-۳ نمونه استاندارد استوانه ای ۱۰۱
شکل ۶-۴ آزمایش برزیلی ۱۰۲
شکل ۶-۵ نمونه های خمشی ۱۰۳
شکل ۶-۶ دستگاه خمش چهار نقطه ای ۱۰۳
شکل ۶-۷ قرارگیری نمونه خمشی در دستگاه ۱۰۳
شکل ۶-۸ دیاگرام بارگذاری، برش و لنگر ۱۰۴
شکل ۷-۱ مقاومت فشاری نمونه های حاوی ۱، ۲ و ۳ درصد نانو سیلیس ۱۰۹
شکل ۷-۲ مقاومتهای فشاری نمونه های حاوی ٪۱ نانو سیلیس ۱۱۰
شکل ۷-۳ مقاومتهای فشاری نمونه های حاوی ٪۲ نانو سیلیس ۱۱۱
شکل ۷-۴ مقاومتهای فشاری نمونه های حاوی ٪۳ نانو سیلیس ۱۱۲
شکل ۷-۵ نمودار مقاومتهای فشاری نمونه های حاوی الیاف بدون نانو سیلیس ۱۱۳

شکل ۷-۶ نمودار مقاومت فشاری نمونه های حاوی kg/m^3 ۳۰ الیاف فولادی ۱۱۴
شکل ۷-۷ نمودار مقاومت فشاری نمونه های حاوی kg/m^3 ۶۰ الیاف فولادی ۱۱۵
شکل ۷-۸ نمودارهای مقاومت فشاری کل نمونه ها ۱۱۶
شکل ۷-۹ نمودار مقاومت کششی نمونه های حاوی نانو سیلیس و بدون الیاف فولادی ۱۱۷
شکل ۷-۱۰ مقاومت کششی نمونه های حاوی ٪۱ نانوسیلیس ۱۱۸
شکل ۷-۱۱ مقاومت کششی نمونه های حاوی ٪۲ نانوسیلیس ۱۱۹
شکل ۷-۱۲ مقاومت کششی نمونه های حاوی ٪۳ نانوسیلیس ۱۲۰
شکل ۷-۱۳ مقاومت کششی نمونه های حاوی الیاف فولادی بدون نانوسیلیس ۱۲۰
شکل ۷-۱۴ نمودار مقاومتهای کششی نمونه های حاوی $۳۰kg/m^3$ الیاف فولادی ۱۲۱
شکل ۷-۱۵ نمودار مقاومتهای کششی نمونه های حاوی $۶۰kg/m^3$ الیاف فولادی ۱۲۲
شکل ۷-۱۶ نمودارهای مقاومت کششی کل نمونه ها ۱۲۳
شکل ۷-۱۷ شکست نمونه های با الیاف و بدون الیاف ۱۲۳
شکل ۷-۱۸ نمودار شماتیک برای نشان دادن رفتار نمونه های با $۶۰kg/m^3$ الیاف فولادی ۱۲۴
شکل ۷-۱۹ نمودار مقاومت خمشی نمونه های حاوی نانوسیلیس ۱۲۵
شکل ۷-۲۰ نمودار مقاومت خمشی نمونه های حاوی ٪۱ نانو سیلیس ۱۲۵
شکل ۷-۲۱ نمودار مقاومت خمشی نمونه های حاوی ٪۲ نانوسیلیس ۱۲۶
شکل ۷-۲۲ نمودار مقاومت خمشی نمونه های حاوی ٪۳ نانوسیلیس ۱۲۶
شکل ۷-۲۳ نمودار مقاومت خمشی نمونه های حاوی الیاف فولادی بدون نانوسیلیس ۱۲۷
شکل ۷-۲۴ نمودار مقاومت خمشی نمونه های حاوی $۳۰kg/m^3$ الیاف فولادی ۱۲۷
شکل ۷-۲۵ نمودار مقاوت خمشی نمونه های حاوی $۶۰kg/m^3$ الیاف فولادی ۱۲۸
شکل ۷-۲۶ نمودار مقاومت خمشی کل نمونه ها در یک سوم میانی دهانه ۱۲۹
شکل۱ خمیر سیمان بدون نانوسیلیس ۱۳۸
شکل۲ خمیر سیمان با نانوسیلیس(الف) و بدون نانو سیلیس(ب و ج) ۱۳۹
شکل۳ خمیر سیمان با نانوسیلیس ۱۳۹
شکل۴ نمونه C-۳ در تحقیق حاضر با دو بزرگ نمایی ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ برابر ۱۴۰
شکل۵ نمونه C در تحقیق حاضر با بزرگ نمایی ۵۰۰۰ برابر ۱۴۰
شکل۶ موقعیت یک رشته فولادی در خمیر سیمان بدون نانوسیلیس(الف) ۱۴۱
و با نانو سیلیس (ب)

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

با توجه به گستردگی مصرف بتن در ساخت سازه های مختلف و وجود خطراتی از قبیل زلزله، باد و ... از ابتدای ساخت سیمان و بتن بشر همیشه در زمینه تولید بتنی با خواص مطلوب تر تلاش کرده است. این تلاشها در زمینه های مختلف بوده است، در این زمینه می توان از جایگزین کردن کلی مواد دیگری به جای سیمان(مانند بتن گوگردی) تا جایگزین کردن مواد مختلف به جای قسمتی از سیمان یا سنگدانه(مانند بتن الیافی) نام برد. اما می توان گفت محور کلی این آزمایشات در زمینه تولید بتنی با تراکم و انسجام بیشتر و البته اقتصادی بوده است.

در بتن که به عنوان یک مصالح سازه ایی مطرح است، خواص متعددی مورد نظر است. این خواص عبارتند از : مقاومت فشاری، کششی، خمشی، پیچشی، سایشی و ... که البته بعضی از این خواص مانند مقاومتهای کششی و خمشی به هم وابستگی مستقیم دارند.

معمولاً ماده یا روشی که یکی از خواص بتن را ارتقا دهد، روی دیگر خواص بتن نیز بی تأثیر نخواهد بود، اما تأثیر بعضی از مواد بر روی بعضی خواص شاخص تر است. در میان این مواد و روشها می توان از کاربرد الیاف در بتن نام برد. الیاف در بتن باعث ارتقاء مقاومتهای کششی و خمشی می شود. انواع الیافی که در بتن به کار می روند عبارتند از الیاف شیشه، الیاف پلی پروپیلن، الیاف کربن، الیاف فولادی و ...

از طرف دیگر با پیدایش علم نانو و ساخت نانو مواد و ورود مواد به فاز کوانتومی و ارائه خواص فیزیکی و شیمیایی فوق العاده، ایده ارتقاء خواص بتن با کاربرد نانو ساختارها شکل گرفت. نانو موادی که در بتن به کار می روند با انجام فعالیتهای فیزیکی و شیمیایی باعث تراکم بهتر بتن می شوند، و خواص کلی بتن را ارتقاء می دهند. از میان این مواد می توان نانو اکسید آهن، نانو اکسید تیتانیم، نانو سیلیس و ... را نام برد.

۱-۲ ضرورت انجام تحقیق

در طراحی سازه ها بتن را به عنوان مصالحی به کار می برند که فاقد مقاومت کششی می باشد. لذا برای جبران این فقدان از آرماتورهای کششی در مقطعی از عضو بتنی که تحت کشش قرار می گیرد استفاده می شود. در مقاطع فشاری هم در اکثر موارد باید آرماتورهای فشاری کمکی قرار داده شوند. حال اگر بتوان با یک طرح اختلاط

معمولی، بتنی ساخت که دارای مقاومت فشاری بالا و مقاومت کششی نسبی باشد، می توان در مقطع بتنی آرماتورهای فشاری را حذف و آرماتورهای کششی را کم نمود، این مسأله از لحاظ اقتصادی مطلوب می باشد. بعد از مطالعه مقالات و گزارش آزمایشهای متعدد این نتیجه حاصل شد که با تر کیب توأم نانو ساختارها و الیاف در بتن احتمالاً باید خواص فوق العاده فشاری ، کششی و خمشی حاصل شود. به این ترتیب تصمیم بر انجام این مطالعه آزمایشگاهی گرفته شد. در انتخاب مصالح و نوع بتن سعی گردید انتخاب به گونه ای باشد تا ضمن گرفتن نتایج خوب، معیارهای اجرایی و اقتصادی نیز رعایت شود. بنابراین از نانو سیلیس و الیاف فولادی در بتن معمولی استفاده شد.

۱-۳ روش تحقیق

انجام آین آزمایش شامل چند مرحله می باشد. در مرحله اول باید مصالح انتخاب شوند. در مورد انتخاب آب، سیمان و سنگدانه باید از مصالح موجود در بازار استفاده شود. اما برای انتخاب نانو سیلیس و الیاف فولادی تحقیقاتی انجام شده است که طی این تحقیقات مصالحی انتخاب شده اند که اولاً از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشند و ثانیاً در کشور کاربرد صنعتی داشته باشند. مرحله بعد تعیین مشخصات مصالح و طرح اختلاط بتن می باشد. این مشخصات شامل وزن مخصوص، درصد جذب آب، دانه بندی و... می باشند. در این بخش از روش ها و جداول ارائه شده در آیین نامه ACI و استاندارد ASTM استفاده شده است. برای ساختن و قالب گیری نمونه ها ار پیشنهادات استاندارد انگلستان(BS) استفاده شده است. در نهایت برای آزمایش فشار از روش معمول فک بتن شکن، برای آزمایش کشش ار روشی موسوم به روش برزیلی و برای آزمایش خمش از تست خمش چهار نقطه ای استفاده شده است.

۱-۴ فصول

این پایان نامه در هشت فصل و یک پیوست تنظیم گردیده است. در فصل اول مقدمه ای بر نانو تکنولوژی آورده شده است. در فصل دوم مقدمه ای بر بتن آورده شده است. در فصل سوم و چهارم تأثیر نانو سیلیس و الیاف فولادی به طور جداگانه و با توجه به آزمایشهای دیگران بر روی خواص بتن بررسی شده است. در فصل پنچم و

ششم مصالح و روش انجام آزمایشات آورده شده است. در فصل هفتم روی نتایج آزمایشات بحث شده است. در نهایت و در فصل هشتم جمع بندی به انجام رسیده است. البته در پیوست الف نیز بحث های ریز ساختاری بر اساس عکسهای الکترونی آورده شده است.

۱-۵ تاریخچه نانو تکنولوژی

تاریخ علم پدیده های متعدد و فراوانی را در صفحات خود جای داده است. پس از جنگ جهانی دوم دستاوردهایی نظیر کامپیوتر و DNA، آنچنان خارق العاده بودند که به عنوان انقلابی ترین دوران در تاریخ علم بشری به شمار آمده اند. هم اکنون نیز دست یابی به فناوری های نوینی همچون فناوری اطلاعات و بیوفناوری با جایگاه ویژه، پیشرفت های چشمگیر علمی و تکنولوژی را به دست آورده است. اما با پیشرفت دانش بشری و نزدیکی به مرزهای حقیقی درعلم کوانتوم و پدید آمدن واژه ای به نام نانو عرصه جدیدی از علم گشوده شد. تاریخچه و شکل گیری این علم به زمانی باز می گردد که ریچارد فاینمن(Richard Feynman) (فیزیکدان آمریکایی متخصص کوانتوم نظری و برنده جایزه نوبل سال ۱۹۶۵ میلادی) با سخنرانی معروف خود با عنوان (آن پایین فضای بسیاری هست) به بررسی بعد رشد نیافته مواد پرداخت و توجه اندیشمندان را در جهان به این علم جلب و توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستمهای جدید با در دست گرفتن کنترل در سطح مولکولی و اتمی را عنوان کرد. فناوری نانو در جهان از چهل سال پیش تا کنون که نانو تکنولوژی و کاربردهای وسیعی که این فناوری را به عنوان یک زمینه فرارشته ای و فرابخشی مطرح کرده، رشد بسیاری یافته است و می توان به کاربردهای آن در مواد، پزشکی و بهداشت، داروسازی، الکترونیک، کامپیوتر، مهندسی، محیط زیست، بیو فناوری، مسائل دفاعی، انرژی، کشاورزی و بسیاری از صنایع مانند نساجی، فولاد، برق و... اشاره کرد. بنابراین می توان این علم و ابعاد آن را فراتر از حال دانست و عنوان کرد که نانو تکنولوژی بخشی از آینده نیست بلکه همه آینده است[۱].

به نظر می رسد که نانو نیز همچون مسافرت فضایی و اینترنت در ایام شکوفایی، مناقشه های همگانی، سیاسی و رسانه ای را بر می انگیزد. دولت فدرال ایالت متحده در سال ۲۰۰۱ برای انجام تحقیقات نانو مبلغ ۴۴۲ میلیون دلار هزینه کرده است. برای سال ۲۰۰۲ مصرف بیش از ۶۰۰ میلیون دلار بابت برنامه های نانو زمان بندی شد، هرچند که بودجه درخواست شده برای این حوزه فقط ۵۱۹ میلیون دلار بود که این احتمال را پیش می آورد که

در خلال یک دوره رکورد کلی اقتصادی بیشتر از بودجه درخواست شده به آن اختصاص یابد. نانو از جمله تنها بخشهای رو به رشدی در بودجه فدرال است که بدون برقرار بودن رابطه ای انحصاری بین آن و بخشهای دفاع و مبارزه با تروریسم، برای امنیت ملی اهمیت چشمگیری دارد. در سال ۲۰۰۲ شرکتهای فناوری مختلف از جمله IBM، HP و NEC برای برنامه های نانو اولویت قائل شده اند و امکانات تحقیقاتی خود را در جهت مطالعه و توسعه ابزار و قطعات نانو به کار گرفته اند. علی رغم این صف آرایی چشمگیر و تأثیرگذار، واحدهای کوچکتر و بخوبی سازمان یافته ای هم وارد این معرکه شده اند. سرمایه گذاران، متخصصان، گردانندگان نمایشگاهها، و جراید خاص هم به حمایت از آنان بر خاسته اند[۲].

نانو فناوری در عمل به سه شاخه اساسی(نانو فناوری مرطوب، خشک ومحاسباتی) تقسیم شده که امروزه دو تغییر از نانو فناوری یکی حرکت از بزرگ به کوچک شامل مواردی همچون کوچکتر کردن هرچه بیشتر تراشه های رایانه ای و دیگری حرکت از کوچک به بزرگ به معنای ساخت مواد با کنار یکدیگر قرار دادن تک تک اتمها یا مولکولها در دست است. ویژگی و دستاوردهای بالقوه، کاربردهای این علم در عرصه های مختلف همچون دوام پذیری مواد، هوا و فضا، امنیت ملی، صنعت و مواردی که اشاره شد، همگی بر نقش این علم در دستیابی بشر به آینده ای بهتر با بهره مندی از نانو را نوید می دهد[۱].

۱-۶ معرفی نانو و نانو فناوری

۱-۶-۱ تعریف نانو

وقتی نیل آرمسترانگ پا بر کره ماه نهاد، آن را گامهای کوتاه یک انسان اما خیزش بزرگی برای بشریت نامید. نانو ممکن است برای نژاد انسانی خیزش بزرگ دیگری را بنمایاند. اما گامی چندان کوتاه(ذرات نانو) که گامهای نیل آرمسترانگ(رد پای نیل آرمسترانگ بر روی کره ماه) نسبت به آن به اندازه های منظومه شمسی است[۲].

پیشوند نانو به معنی یک میلیاردیم است. یک نانو متر برابر است با ۱/۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰ یک متر. برای درک بهتر باید توجه کنیم که ضخامت یک تار موی انسان برابر است با پنجاه هزار نانو متر. پهنای اندام یک باکتری از

چندصد نانو متر تجاوز نمی کند . کوچکترین شئ قابل رویت با چشم غیر مسلح انسان ده هزار نانومتر پهنا دارد[۲].

این اندازه تقریبا چهار برابر قطر یک اتم منفرد می باشد. یک مکعب با وجه ۲/۵ نانو متر در حدود ۱۰۰۰ اتم را در خود جای می دهد. کوچکترین مدارات مجتمع کنونی ۲۵۰ نانو متر می باشد که شامل یک میلیون اتم در یک لایه مربعی با ارتفاع یک اتم می باشد. پروتئین ها و مولکول هایی که واکنش شیمیایی را در سلولها تسهیل می کنند، ۱تا ۲۰ نانو متر اندازه دارند[۳].

دانش نانو به بیان بسیار ساده عبارت است از مطالعه اصول بنیانی مولکولها و ساختارهایی با دست کم دارای یک بعد به اندازه تقریبی یک تا صد نانو متر. چنین ساختاری را با تساهل، *نانو ساختار* می گویند. گفتیم که نانو فناوری عبارت است از کاربرد نانو ساختارها در ابزارهای مفیدی با مقیاس نانو. این تعریف زیاد واقع بینانه نمی نماید. برای روشن شدن موضوع باید بدانیم که مقیاس نانو فقط کوچک نیست بلکه کوچک از نوع خاص است. هر چیزی که ابعادش کوچکتر از یک نانو متر باشد یک اتم آزاد و یا یک مولکول رهاست که بصورت یک ذره رقیق بخار شناور در فضاست. از این رو نانو ساختارها نه تنها از چیزهایی که تا کنون ساخته ایم کوچکترند بلکه کوچکترین چیزهای جامدی اند که امکان ساخت آن وجود دارد. علاوه بر این ، مقیاس نانو منحصر است زیرا در آن محدوده، خواص معمول ماده، چون رسانایی الکتریکی، سختی یا نقطه ذوب با خواص عجیب و غریب دنیای اتم و مولکول مثل آثار کوانتومی و موجی ذرات به هم می رسند. در مقیاس نانو بیشترین خواص ماده و ماشینها بستگی به ابعادشان دارد و این همان چیزی است که در مقیاسهای دیگر مشاهده نمی شود. مثلاً یک مدار یا نانوسیم ضرورتاً از قانون اهم، یعنی معادله مهمی که اساس الکترونیک امروزی به شمار می آید، پیروی نمی کند. قانون اهم بین جریان، ولتاژ و مقاومت رابطه بر قرار می کند و جریان الکترونها درون یک سیم را مانند جریان آب درون یک رودخانه می نگرد. حال اگر قطر یک سیم در حد قطر یک اتم باشد جریان الکترونها نمی توانند از سیم مثل سیال بگذرند بلکه یکی پس از دیگری عبور می کنند و به این ترتیب، قانون اهم دیگر صادق نیست. این گونه جفت شدگی ابعاد و خواص بنیادی شیمیایی، الکتریکی و فیزیکی مواد کلید تمامی دانش نانو به شمار می آید[۲].