بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی مواد و متالورژی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد گرایش شناسایی و انتخاب مواد

بررسی اثر منگنز و زمان آسیاکاری بر خواص میکروساختاری و مغناطیسی آلیاژ نانوساختار $Fe_{65}Co_{35}$ تهیه شده به روش آلیاژسازی مکانیکی

استاد راهنما :

دکتر شهریار شرفی

مؤلف :

فاضل خانگلی

آبان‌ماه ۱۳۹۰

این پایان‌نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

بخش مواد
دانشکده فنی و مهندسی
دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچ گونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو: فاضل خانگلی ملک‌حیلی

استاد راهنما: دکتر شهریار سرفی

استاد مشاور:

داور۱: دکتر مرتضی زندرحیمی

داور۲: دکتر غلامحسین اکبری

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده در جلسه دفاع: دکتر علی مرادی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است

تشکر و قدردانی:

از تمامی کسانی که در مراحل انجام این پایان‌نامه بنده را یاری نموده‌اند کمال تشکر را دارم. از پدر و مادر و همسر عزیزم که با صبر و بردباری در سختی‌ها و مشکلات با الطاف بی‌دریغشان قوت قلب و نقطه امیدم بوده‌اند سپاسگزارم. همچنین از استاد گرانقدرم دکتر شهریار شرفی که با راهنمایی-هایشان مرا در پیشبرد هرچه بهتر این پایان‌نامه یاری رساندند متشکرم. لازم است از دوست صمیمی‌ام مهندس سعید فارابی که با کمک‌های بی‌شائبه بسیار، بنده را یاری رساندند قدردانی نمایم.

فاضل خانگلی

آبان‌ماه ۱۳۹۰

چکیده

دو ترکیب با نسبت اتمی $[Fe_{65}Co_{35}]$ و $[Fe_{65}Co_{35}]_{90}Mn_{10}$ به کمک آسیاب سیاره‌ای آلیاژسازی مکانیکی شده و تاثیر منگنز روی خواص میکروساختاری و مغناطیسی آلیاژ $[Fe_{65}\ Co_{35}]$ مورد بررسی قرار گرفت. با ثابت نگه داشتن پارامترهای موثر و تغییر زمان آسیاکاری، تغییرات مربوط به اندازه دانه ،کرنش و پارامتر شبکه ذرات آهن و همچنین تغییرات حاصل در خواص مغناطیسی دو ترکیب در زمان‌های مختلف آسیاکاری تعیین گردید. پس از ۱۰ ساعت آسیاکاری، منگنز در ساختار آهن حل شده و پس از ۳۰ ساعت آسیاکاری، محلول سازی به طور کامل انجام شد. وجود منگنز تغییر محسوسی در زمان آلیاژسازی ترکیب $[Fe_{65}\ Co_{35}]$ایجاد نمی‌کند وتاثیر آن روی تغییرات کرنش شبکه و اندازه دانه ذرات آهن به صورت جزئی بوده و روند کلی تغییرات ثابت مانده است. حضور منگنز در شبکه اتم‌های آهن تا حدی کاهش پارامتر شبکه را موجب شده، مغناطش اشباع ترکیب $[Fe_{65}\ Co_{35}]$ را نیز تقلیل می‌بخشد و همچنین پس از انحلال در شبکه آهن موجب افزایش نیروی پسماندزدای این ترکیب می‌گردد. بهترین خواص ساختاری و مغناطیسی ترکیب $[Fe_{65}Co_{35}]_{90}Mn_{10}$ هم پس از ۳۰ ساعت آسیاکاری حاصل می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آلیاژسازی مکانیکی ، نانوساختار ، خواص مغناطیسی، آهن ، کبالت ، منگنز.

فهرست مطالب

چکیده	ه
فصل اول (مقدمه)	۱
فصل دوم (تئوری و مروری برتحقیقات پیشین)	۵
۲-۱ نانو فناوری	۶
۲-۱-۱ تعاریف نانو فناوری و گستره آن	۷
۲-۱-۲ فرآیند آلیاژ سازی مکانیکی	۸
۲-۱-۲-۱ متغیرهای فرآیند	۹
۲-۱-۲-۱-۱ نوع آسیاب	۹
۲-۱-۲-۱-۲ سرعت آسیاکاری	۱۰
۲-۱-۲-۱-۳ زمان آسیاکاری	۱۱
۲-۱-۲-۱-۴ عامل ساینده	۱۱
۲-۱-۲-۱-۵ نسبت وزنی گلوله به پودر	۱۳
۲-۱-۲-۱-۶ میزان پرکردن محفظه	۱۳
۲-۱-۲-۱-۷ اتمسفر آسیاکاری	۱۴
۲-۱-۲-۱-۸ واکنشهای کنترل فرآیند	۱۴
۲-۱-۲-۱-۹ درجه حرارت آسیاکاری	۱۵
۲-۱-۲-۲ مکانیزم آلیاژسازی	۱۵

۲-۱-۳ مغناطیس ۱۸
۲-۱-۳-۱ فاکتورهای مغناطیسی ۱۸
۲-۱-۳-۲ انواع مواد مغناطیسی ۱۹
۲-۱-۳-۲-۱ مواد پارامغناطیس ۲۰
۲-۱-۳-۲-۲ مواد فرومغناطیس ۲۱
۲-۱-۳-۲-۳ مواد آنتی فرومغناطیس ۲۲
۲-۱-۳-۳ تلفات مغناطیسی ۲۳
۲-۱-۳-٤ حوزه های مغناطیسی ۲٤
۲-۱-۳-٤-۱ حرکت دیواره‌های حوزه‌ی مغناطیسی ۲۵
۲-۱-۳-٤-۲ موانع در برابر حرکت دیواره ها ۲٦
۲-۱-۳-۵ حلقه پسماند ۲۸
۲-۱-۳-٦ مواد مغناطیسی نرم ۲۹
۲-۲ مروری بر تحقیقات پیشین ۳۱
۲-۲-۱ آسیاکاری و خواص مغناطیسی پودر آهن خالص ۳۱
۲-۲-۲ آلیاژ سازی سیستم Fe-Co ۳٤
۲-۲-۳ سیستم آلیاژی Fe-Mn و Fe-Co-Mn ۳۷
فصل سوم (مواد و روش تحقیق) ۳۹
۳-۱ تعیین ترکیب شیمیایی ٤۰

۳-۲ مواد اولیه ٤٠

۳-۳ عملیات آسیاکاری ٤٠

۳-٤ نمونه برداری ٤١

۳-٥ بررسی های مورفولوژیکی ٤١

۳-٦ آنالیز فازی ٤٢

۳-۷ تعیین پارامترهای ساختاری ٤٢

۳-۸ تست های مغناطیسی ٤٤

فصل چهارم (ارائه نتایج) ۴۵

۴- ۱ میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۶

۴- ۱- ۱ تصاویر SEM ۴۶

۴- ۱- ۲ توزیع عناصر ۵۹

۴- ۲ آنالیز پراش اشعه ایکس ۶۲

۴- ۳ تغییرات اندازه دانه ۷۳

۴- ۴ تغییرات پارامتر شبکه ۷۳

۴- ۵ تغییرات کرنش درونی ۷۴

۴- ۶ نتایج آزمایش های مغناطیسی ۷۵

۴- ۶- ۱ حلقه پسماند ۷۵

۴- ۶- ۲ مغناطش اشباع ۷۷

۴- ۶- ۳ نیروی پسماندزدا ۷۸

فصل ۵ (بحث وتحلیل نتایج) ۸۰

۵- ۱ تغییرات مورفولوژیکی ذرات پودری ۸۱

۵- ۲ آنالیز پراش اشعه ایکس ۸۳

۵- ۲-۱ تغییرات اندازه کریستالی ۸۴

۵- ۲-۲ تغییرات پارامتر شبکه ۸۵

۵- ۲-۳ تغییرات کرنش درونی ۸۶

۵- ۳ تست مغناطیس ۸۷

۵- ۳- ۱ مغناطش اشباع ۸۷

۵-۳-۲ نیروی پسماندزدا ۸۸

۵- ۴ نتیجه‌گیری ۸۹

۵- ۵ پیشنهادات ۸۹

۵- ۶ منابع و مراجع ۹۰

فهرست شکل و نمودار

عنوان **صفحه**

شکل(۲-۱) تغییرات حاصل در ذرات در اثر ضربه. برای فاز نرم به صورت مسطح شدن و برای فاز ترد به صورت خرد و تکه تکه شدن ۱۶

شکل(۲-۲) ایجاد تعادل بین جوش خوردن و شکستن ذرات ۱۷

شکل(۲-۳) نسبت تاثیرپذیری مغناطیسی با دما در مواد پارامغناطیس ۲۱

شکل(۲-۴) منحنی‌های مغناطیس شدن آهن،کبالت و نیکل در دمای اتاق ۲۲

شکل(۲-۵) نسبت تاثیرپذیری مغناطیسی و معکوس تاثیرپذیری مغناطیسی با دما در مواد آنتی فرومغناطیس. آنتی فرومغناطیس:AF ، پارامغناطیس :P ۲۳

شکل(۲-٦) تغییرات جهت بردار مغناطش مربوط به دیواره ۱۸۰ درجه ۲۵

شکل(۲-۷) عبور دیواره حوزه مغناطیسی از ناخالصی ۲۷

شکل(۲-۸) روند تغییرات مغناطش با اعمال میدان خارجی ۲۸

شکل(۲-۹) حلقه پسماند مغناطیسی ۲۹

شکل(۲-۱۰) گستره مواد مغناطیسی نرم نانو ساختار ۳۱

شکل(۲-۱۱) نمودار اندازه کریستالیت‌های ذرات آهن بر حسب زمان آسیاکاری ۳۲

شکل(۲-۱۲) نمودار مقدار میکروکرنش شبکه اتمهای آهن در زمان‌های مختلف آسیاکاری ۳۲

شکل(۲-۱۳) نمودار اندازه پارامتر شبکه اتمهای آهن برحسب زمان آسیاکاری ۳۳

شکل(۲-۱٤) نمودار نیروی مغناطیس‌زدا بر حسب زمان آسیاکاری ۳٤

شکل(۲-۱۵) نمودار مغناطش اشباع برحسب درصد کبالت، برای زمانهای مختلف آسیاکاری ۳۷

شکل(۲-۱٦) تغییرات مقاومت ویژه ترکیب FeCo با اضافه کردن عناصر مختلف ۳۸

شکل(۴-۱) مخلوط پودرهای آهن- کبالت- منگنز قبل از آسیاکاری ۴۷

شکل(۴-۲) ترکیب آهن- کبالت پس از ۴۵ دقیقه آسیاکاری ۴۸

شکل(۴-۳) ترکیب آهن- کبالت- منگنز پس از ۴۵ دقیقه آسیاکاری ۴۹

شکل(۴-۴) ترکیب آهن- کبالت پس از ۳ ساعت آسیاکاری ۵۰

شکل(۴-۵) ترکیب آهن- کبالت- منگنز پس از ۳ ساعت آسیاکاری ۵۱
شکل(۴-۶) حضور ذرات آگلومره در ترکیب آهن- کبالت پس از ۶ ساعت آسیاکاری ۵۲
شکل(۴-۷) توده ای از ذرات آگلومره شده در ترکیب آهن- کبالت- منگنز ۵۳
پس از ۶ ساعت آسیاکاری
شکل(۴-۸) ترکیب آهن- کبالت پس از ۲۰ ساعت آسیاکاری ۵۴
شکل(۴-۹) ایجاد ساختار لایه ای در ترکیب آهن- کبالت- منگنز پس از ۲۰ ساعت آسیاکاری ۵۵
شکل(۴-۱۰) ذره در حال شکست در ترکیب آهن- کبالت پس از ۳۰ ساعت آسیاکاری ۵۶
شکل(۴-۱۱) یکنواختی نسبی ذرات در ترکیب آهن- کبالت- منگنز پس از ۳۰ ساعت آسیاکاری ۵۷
شکل(۴-۱۲) ترکیب آهن- کبالت پس از ۴۵ ساعت آسیاکاری ۵۸
شکل(۴-۱۳) ترکیب آهن- کبالت- منگنز پس از ۴۵ ساعت آسیاکاری ۵۹
شکل(۴-۱۴) نحوه توزیع عناصر در ترکیب آهن- کبالت- منگنز قبل از آسیاکاری ۶۰
.(a) مخلوط پودرها (b) ذرات آهن (c) ذرات کبالت (d) ذرات منگنز
شکل(۴-۱۵) نحوه توزیع عناصر در ترکیب آهن- کبالت بعد از ۳۰ ساعت آسیاکاری ۶۱
.(a) مخلوط پودرها (b) ذرات آهن (c) ذرات کبالت
شکل(۴-۱۶) نحوه توزیع عناصر در ترکیب آهن- کبالت- منگنز بعد از ۳۰ ساعت آسیاکاری ۶۲
.(a) مخلوط پودرها (b) ذرات آهن (c) ذرات کبالت (d) ذرات منگنز
شکل (۴-۱۷) الگوی پراش مخلوط پودری آهن- کبالت- منگنز قبل از آسیاکاری ۶۳
شکل (۴-۱۸) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت بعد از ۴۵ دقیقه آسیاکاری ۶۳
شکل (۴-۱۹) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت- منگنز بعد از ۴۵ دقیقه آسیاکاری ۶۴
شکل (۴-۲۰) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت بعد از ۳ ساعت آسیاکاری ۶۴
شکل (۴-۲۱) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت- منگنز بعد از ۳ ساعت آسیاکاری ۶۵
شکل (۴-۲۲) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت بعد از ۶ ساعت آسیاکاری ۶۵
شکل (۴-۲۳) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت- منگنز بعد از ۶ ساعت آسیاکاری ۶۶
شکل (۴-۲۴) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت بعد از ۱۰ ساعت آسیاکاری ۶۶
شکل (۴-۲۵) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت- منگنز بعد از ۱۰ ساعت آسیاکاری ۶۷
شکل (۴-۲۶) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت بعد از ۲۰ ساعت آسیاکاری ۶۷

شکل (۴-۲۷) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت- منگنز بعد از ۲۰ ساعت آسیاکاری ۶۸
شکل (۴-۲۸) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت بعد از ۳۰ ساعت آسیاکاری ۶۸
شکل (۴-۲۹) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت- منگنز بعد از ۳۰ ساعت آسیاکاری ۶۹
شکل (۴-۳۰) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت بعد از ۴۵ ساعت آسیاکاری ۶۹
شکل (۴-۳۱) الگوی پراش ترکیب آهن- کبالت- منگنز بعد از ۴۵ ساعت آسیاکاری ۷۰
شکل (۴-۳۲) مقایسه الگوهای پراش ترکیب آهن-کبالت در زمان‌های مختلف آسیاکاری ۷۱
شکل (۴-۳۳) مقایسه الگوهای پراش ترکیب آهن-کبالت-منگنز در زمان‌های مختلف آسیاکاری ۷۲
شکل (۴-۳۴) تغییرات اندازه دانه ذرات آهن در زمان های مختلف برای
دو ترکیب Fe-Co و Fe-Co-Mn ۷۳
شکل (٤-۳۵) تغییرات پارامتر شبکه اتم های آهن در ترکیب های
Fe-Co و Fe-Co-Mn در زمانهای مختلف آسیاکاری ۷٤
شکل (۴-۳۶) تغییرات میکروکرنش اتم های آهن در زمان های مختلف
آسیاکاری برای دو ترکیب Fe-Co و Fe-Co-Mn ۷۴
شکل (۴-۳۷) حلقه پسماند پودرهای آهن- کبالت و آهن- کبالت- منگنز قبل از آسیاکاری ۷۵
شکل (۴-۳۸) حلقه پسماند نمونه ها پس از ۴۵ دقیقه آسیاکاری ۷۶
شکل (۴-۳۹) حلقه پسماند نمونه ها پس از ۱۰ ساعت آسیاکاری ۷۶
شکل (۴-۴۰) حلقه پسماند نمونه ها پس از ۳۰ ساعت آسیاکاری ۷۷
شکل (۴-۴۱) حلقه پسماند نمونه‌ها پس از ۴۵ ساعت آسیاکاری ۷۷
شکل (۴-۴۲) مقایسه مغناطش اشباع دو ترکیب Fe-Co و Fe-Co-Mn ۷۸
در زمان های مختلف آسیاکاری
شکل (۴-۴۳) مقایسه نیروی پسماند زدا در دو ترکیب Fe-Co و Fe-Co-Mn ۷۹
در زمان های مختلف آسیاکاری

فهرست جدول

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱) چند نمونه از آسیاب مورد استفاده در آلیاژسازی مکانیکی ۱۰

فصل اول

مقدمه

در دنیای امروز فناوری مهمترین عامل برتری کشورها بر یکدیگر محسوب میشود.فناوری نانو با ارائه رویکردی جدید در توسعه علوم و فنون مختلف یکی از امیدبخش‌ترین فناوری های قرن حاضر لقب گرفته است. خواص متفاوت مشاهده شده در مواد نانو ساختار در مقایسه با مواد معمول،به عنوان نیروی محرکه قوی برای ایجاد علاقه شدید دانشمندان به این زمینه از علم و فناوری در سال های اخیر مطرح می‌باشد[۱].

مواد نانو بلورین را می‌توان با ادغام خوشه‌های کوچک یا شکستن مواد چند بلوری توده‌ای به واحدهای بلوری با ابعاد نانومتری تولید کرد. این روش‌ها به دو دسته‌ی پایین به بالا و بالا به پایین تقسیم بندی شده‌اند. در رهیافت پایین به بالا بایستی نانوساختار را اتم به اتم و لایه به لایه چید . در روش بالا به پایین تولید از یک ماده‌ی توده‌ای شروع شده و میکروساختار به یک نانوساختار شکسته می‌شود. روش‌های گوناگونی برای تولید مواد نانو ساختار وجود دارد و یکی از این روش ها، روش آلیاژسازی مکانیکی می‌باشد. آلیاژسازی مکانیکی شامل تغییر شکل تکراری ذرات پودری در یک آسیاب پر انرژی است تا هنگامی که ترکیب مورد نظر بدست آید. نشان داده شده است که دانه‌های دارای ابعاد نانومتری تقریبا در هر ماده‌ای پس از مدت زمان مناسب آسیاکردن قابل دستیابی است[۲و۳].

بیش از چند دهه است که از آسیاب گلوله‌ای به عنوان روشی استاندارد به منظور کاهش ابعاد ذرات در زمینه های کانه آرایی و متالورژی پودر استفاده شده است. تا آنجا که امروزه از آن برای اهداف مهمتری یعنی تهیه مواد با خواص فیزیکی، مکانیکی، الکتریکی و مغناطیسی مطلوب تر و در واقع مواد جدید مهندسی استفاده می‌شود[۳]. یکی از کاربردهای روش آلیاژسازی مکانیکی تولید آلیاژهای نانو ساختار با خواص مغناطیسی نرم می‌باشد. خواص برتر آلیاژهای مغناطیسی در حالت نانو ساختار ناشی از کاهش ناهمسانگردی مغناطیسی[1] در این مواد است. امکان همسو شدن گشتاورهای مغناطیسی[2] در مواد نانو ساختار از این واقعیت سرچشمه می‌گیرد که درساختارهای معمولی به علت حوزه های بزرگ مغناطیسی و همچنین رشد این حوزه ها در طی فرایند مغناطش، اثر جفت‌شدگی[3] گشتاورهای مغناطیسی محدود به سطح حوزه ها بوده و قابل

1 - Magnetization Anisotropy
2 - Magnetic Moment
3 - Coupling

صرف نظرکردن است. تنها در حالت نانو ساختار است که ابعاد حوزه‌ها لاجرم کاهش یافته و امکان اثرگذاری گشتاورهای مغناطیسی حوزه‌های مجاور، بر روی یکدیگر فراهم می‌آید که در نهایت بهبود رفتار مغناطیسی را درپی خواهد داشت[٤و٥].

سیستم آلیاژی Fe-Co در میان تمامی سیستم های مغناطیسی نرم دارای بیشترین مغناطش اشباع[1] می‌باشد. از سوی دیگر دارای نفوذپذیری مغناطیسی[2] بالا و نیروی پسماندزدای[3] پایین هستند. دمای کوری[4] بالای این دسته از آلیاژها به همراه خواص مغناطیسی نرم مناسبی که در کاربردهای دمای بالا دارند باعث شده به صورت وسیع مورد استفاده قرار گیرند. همچنین تلفات جریانهای گردابی[5] در اثر آلیاژ شدن آهن با کبالت نسبت به آهن خالص کمتر شده که این امر باعث افزایش راندمان سیستم استفاده کننده از این آلیاژ می‌شود[٦].

همانطور که در بالا ذکر شد مهمترین مشخصه سیستم آلیاژی Fe-Co این است که دارای بالاترین مقدار مغناطش اشباع در بین سیستم‌های بررسی شده می‌باشد. نشان داده شده است که در این سیستم به طور مشخص ترکیب [$Fe_{65}Co_{35}$] دارای خواص مغناطیسی بسیار خوب و حداکثر مغناطش اشباع است. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد اضافه شدن عناصر دیگر غیر از منگنز به این ترکیب اثرات مخربی روی مقدار مغناطش اشباع آن دارد. منگنز تنها عنصری است که دارای گشتاور اتمی بیشتر از مقدار میانگین مربوط به ترکیب Fe-Co است. همچنین این عنصر از لحاظ رفتار مغناطیسی دارای شرایط خاص و پیچیده‌ای می‌باشد[۳۳]. تحقیقات انجام شده در مورد تاثیرات منگنز روی سیستم آلیاژی Fe-Co که توسط فرایند آلیاژسازی مکانیکی انجام شده باشد بسیار محدود است. با توجه به این مطالب به نظر می‌رسد که اضافه کردن عنصر منگنز به سیستم آلیاژی [$Fe_{65}Co_{35}$] مورد مناسبی برای انجام تحقیقات و بررسی‌های بیشتر باشد. از این رو هدف این پایان نامه بررسی اثر اضافه کردن ۱۰ درصد اتمی منگنز به آلیاژ [$Fe_{65}Co_{35}$] انتخاب شده است. مقدار ۱۰ درصد منگنز با استفاده از مطالعه کارهای تحقیقاتی اندکی که تاکنون روی این سیستم انجام شده انتخاب گردیده است.

این پایان نامه مشتمل بر ٥ فصل می‌باشد. فصل اول مقدمه و معرفی کلی این پژوهش است. فصل دوم مروری است اجمالی بر تئوری و مطالب مورد نیاز جهت انجام پروژه به همراه تحقیقات

1 - Saturation Magnetization
2 - Permeability
3 - Coercivity
4 - Courie Temperature
5 - Eddy Current Losses

پیشین در این زمینه .در فصل سوم مراحل و نحوه‌ی انجام آزمایشات ذکر شده است. فصل چهارم در برگیرنده نتایج حاصل از آزمایشات تجربی می‌باشد و در فصل پنجم سعی بر این بوده که در هر مورد عوامل موثر بر نتایج حاصله توضیح داده شود وچکیده ای از نتایج بدست آمده به همراه پیشنهاداتی در جهت ادامه راه این پروژه و شروع پروژه‌های دیگری در این زمینه آمده است.

فصل دوم

تئوری و مروری بر تحقیقات پیشین

۲-۱ نانو فناوری

نانو فناوری زمینه تازه و جذابی از علم و فناوری است که می تواند شانس بزرگ و بی‌سابقه ای را در افق دید ما قرار دهد، "توانایی چیدن و دوباره‌سازی ساختارهای مولکولی با کمک قوانین فیزیک". نانو فناوری تاثیر زیادی بر هر آنچه که می‌سازیم می‌گذارد. در حقیقت ساختن، چیزی به غیر از مرتب کردن اتمها نیست. اگر بتوانیم اتم‌ها را با دقت و انعطاف بیشتر و هزینه کمتر در کنار هم قرار دهیم آنگاه تمام محصولاتی که در دنیای کنونی تولید می‌کنیم، تغییر اساسی خواهند کرد. به عنوان مثال موادی که توسط این فناوری ساخته خواهند شد می‌توانند به اندازه الماس درخشان و قوی باشند و این می‌تواند تاثیر بزرگی بر روی صنایع فضایی بگذارد. دستگاه ها و وسایل جراحی را می توان در اندازه و دقت مولکولی تولید کرد به طوری که قادر باشند وارد سلول شوند، جایی که بیشتر بیماری ها از آنجا منشاء می‌گیرند. پایه‌ی این زمینه هیجان انگیز یک حقیقت بسیار ساده است" اتم‌ها می‌توانند در بینهایت حالت مختلف چیده شوند". در حال حاضر ما فقط درصد بسیار کوچکی از آنچه که احتمال دارد را می توانیم بسازیم[۱].

این فناوری یک رشته تازه بوجود آمده از تحقیقات و توسعه است که برای افزایش کنترل ساختارهای مواد در اندازه نانو (حداقل در یک بعد) احیا شده است. نانو فناوری یک دسته از روش-های تازه کشف شده از فناوری حالت جامد، فناوری زیستی، فناوری شیمیایی و فناوری اسکن-پیمایشگر است که با روش‌های بالا به پایین و پایین به بالا به اندازه نانو نزدیک می‌شود. روش بالا به پایین به ماشین‌های ریز و تبدیل مواد از حالت ماکروسکوپیک به اندازه نانوسکوپیک مربوط می‌شود. روش پایین به بالا به تولید از مولکول‌های مجزا یا اتم‌ها اشاره دارد . امروزه، نانوفناوری شامل پنج رشته عمده نانوالکترونیک، نانو مواد، نانو فناوری مولکولی، نانو فناوری زیستی و میکروسکوپ‌هایی با تفکیک‌پذیری در مقیاس نانو می‌باشد. اگرچه مرزها نامعلوم است اما هر یک از این موارد مسیر های متفاوتی را در زمینه ایجاد فرصت های جدید نشان می‌دهند[۱]. در سال ۱۹۵۹ ریچارد فینمن[1] در سخنرانی معروفش چنین گفت :«تا جایی که توانایی درکش را دارم اصول فیزیک، ساخت اجسام به صورت اتم به اتم را رد نمی‌کند. این تلاش برای شکستن هیچ قانونی نیست، در اصل چیزی است که می توان آن‌را انجام داد ولی در عمل تاکنون انجام نشده چون ما بسیار بزرگ هستیم »[۷].

1 - Richard Feynman

۲-۱-۱ تعاریف نانو فناوری و گستره‌ی آن

در این بخش بطور علمی به تعاریف موجود در زمینه نانوفناوری پرداخته و همگرایی فناوری‌های درگیر در فناوری نوظهور نانو را تحلیل خواهیم نمود. نانوفناوری واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری های پیشرفته در عرصه کار به مقیاس نانو اطلاق می‌شود. معمولا منظور از مقیاس نانو ابعادی در حدود ۰/۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌باشد. واژه نانو فناوری اولین بار توسط نوریوتاینگوچی[1] استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبان‌ها جاری گردید. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد و وسایل دقیقی که حدود ابعادی آنها در حد نانومتر می‌باشد، بکار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی اریک دکسلر[2] در کتابش تحت عنوان : « نانوسامانه ها، ماشین‌های مولکولی، چگونگی ساخت و محاسبات آنها » توسعه داد. از نظر دکسلر و همکارانش ، اصطلاح نانوفناوری به معنای نانوفناوری مولکولی است که کنترل مکانی سه بعدی از اتم‌های مجزا و مولکول‌ها را به همراه دارد. همانگونه که اشاره شد یک نانومتر یک هزارم میکرون است و چیزی که با این تشابه مشخص می‌شود، این است که نانوفناوری عبارت است از « دستکاری کوچک‌ترین اجزاء ماده ». بر اساس تعریفی از لغتنامه دانشگاهی ماریام- وبستر بر طبق واژه‌نامه ماشین خلقت، نانوفناوری عبارت است از «هنر دستکاری مواد در مقیاس اتمی یا مولکولی و به خصوص ساخت قطعات و لوازم میکروسکوپی مانند روبات‌های میکروسکوپی»[۷].

نانو فناوری که گاه به آن فناوری ساخت مولکولی نیز گفته می‌شود، اینگونه نیز تعریف می‌گردد که شاخه‌ای از مهندسی است که با طراحی و ساخت مدارات الکترونیکی و ادوات مکانیکی بسیار کوچک (در ابعاد مولکولی) سرو کار دارد . پژوهشگاه نانوفناوری انگلستان تعریف نانوفناوری را بدین‌گونه بیان می‌کند : قلمرویی از علم و فناوری که به ابعاد ۰/۱ تا ۱۰۰ نانومتر می‌پردازد، در جایی که این ابعاد بتوانند نقش مهمی در خواص قطعه ایفا کنند. بحث نانوفناوری اغلب مشابه بحث سامانه های میکرو- الکترومکانیکی[3] می‌باشد. در واقع نانو فناوری زیر مجموعه این سامانه است و به فناوری های بزرگتر از ابعاد مولکولی (ابعاد نانو) نیز می‌پردازد و در نهایت درحالی که تعاریف زیادی برای

1 - Norio Tinogochi
2 - Eric Drexler
3 - Micro-Electromechanical System