دانشکده فیزیک

گروه نانوفیزیک

مطالعه روش های صنعتی سنتز نانوساختارهای فلزی

صمد امامی

استاد راهنما :

دکتر حمید هراتی زاده

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده فیزیک

گروه نانوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای صمد امامی

تحت عنوان مطالعه روش های صنعتی سنتز نانوساختارهای فلزی

در تاریخ ..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :	
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

تقدیم به:

پدر بزرگوارم

مادر مهربانم

همسر عزیزم

تقدیر و تشکر:

حمد و ستایش، خداوند تعلیم دهنده را که سفره الطاف بی کران و نعمات بی پایان اش پیوسته برای اهل علم و حکمت مفتوح است. خداوندی که ذره ای از علم و دانش بی منتهایش را با دریای جود و کرمش به من ارزانی فرمود، تا در کشف ذره ای از ذرات بی کرانش به کار بگیرم و این نامه را به پایان برسانم.

سلام و درود بی پایان، محضر حضرت صاحب الزمان (عجل الله تعالی فرجه الشریف) قطب عالم امکان، که ذرات عالم وجود، به یمن میمنت حضورش قوام و ثبات و پایداری یافته است.

درود و سلام و احترام بر ارواح طیبه شهدائی که با خون خود، راه سرخ ایمان و آزادگی را، برای ما نمایاندند و برای همیشه ما را وام دار خویش ساختند.

و تقدیر و تشکر از پدر و مادر دلسوز و مهربانم، که سجاده ی دعایشان همچون چشمه ای بی پایان و خروشان در لحظه لحظه های عمرم ساری و جاری بوده است. تا درخت وجودم را، برای فراگرفتن بار علم و دانش، سیراب نمایند.

و همسر عزیزم، که از نشانه های لطف خداوندگار در زندگی من بوده است. او که نمونه صبر و آرامش است و دلگرمی های همیشگی اش، به سان باران پر لطافت بهاری، مرا از خستگی های سرد زمستان زندگی ام رهایی می بخشد و در سایه مهربانی هایش مشکلات مسیر برایم سهل و آسان می گردد.

و برادران و خواهران مهربانم، که همیشه همراه و همدل و همدم و دوستدارم بوده اند.

و تشکر و امتنان شایان، از استاد راهنمای فرزانه ام، استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر حمید هراتی زاده که راهنمای روشن بخش راه و مشکل گشای سختی های کارم بودند. و همواره نگارنده را مورد الطاف و محبت های خویش قرار داده اند.

و نیز کمال سپاسگزاری از بقیه اساتید محترم و دوستان عزیزم که مشفقانه و مصلحانه، بنده را در تامین این پایان نامه یاری نموده اند، دارم.

تعهد نامه

اینجانب صمد امامی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته علوم وفناوری نانو، دانشکده فیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود، نویسنده پایان نامه با عنوان مطالعه روش های صنعتی سنتز نانوساختارهای فلزی، تحت راهنمایی دکتر حمید هراتی زاده، متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است

.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده:

در این پایان نامه روش‌های مختلفی برای تولید نانوذرات فلزی با قابلیت کنترل فرایند و آهنگ سنتز آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفته است. دو روش کلی شیمیایی و آسیاب کاری مکانیکی برای تولید نانوذرات فلزی از قبیل مس، روی، آهن، منیزیم و منگنز مورد استفاده قرار گرفت.

در روش شیمیایی که با استفاده از کاهش نمک سولفات مس پنج آبه با عامل کاهنده گلوکز با نسبت های مولی مختلف صورت گرفت، نانوذرات فلزی به صورت کلوئیدی سنتز شد. طیف سنجی UV-Visible نمونه ها دقایقی پس از اتمام واکنش، نشان دهنده سنتز موفق نانوذرات مس بود. بهترین نتیجه زمانی حاصل شد که نسبت مولی گلوکز به سولفات مس، ۱۰۰۰ به ۱ بود. از مهم ترین مزایای این روش تولید، می توان به قابلیت افزایش مقیاس تولید نانوذرات با ثابت نگه داشتن نسبت ها اما با افزایش مواد اولیه مورد استفاده به مقدار دلخواه اشاره کرد. ولی نانوذرات سنتز شده به این روش دارای پایداری کمی بوده و به سرعت بر روی هم انباشته شده و از بین می رود. برای حل این مشکل، اثر محیط های مختلف بر روی پایداری نانوذرات مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که از میان نمونه های مختلف، نمونه ای که برای جلوگیری از تابش طول موج‌های تشدیدی در محیطی تاریک نگه داری می شد، بیشترین پایداری را داشت.

در روش آسیاب کاری مکانیکی، از یک دستگاه سیاره ای پر انرژی برای سنتز نانوذرات استفاده شد. اثر عامل های مختلفی از قبیل سرعت آسیاب کاری، زمان آسیاب کاری، وزن گلوله ها و پودر در داخل قندانی، اتمسفر داخل قندانی، عامل کنترل فرآیند، جنس قندانی، اندازه و توزیع اندازه گلوله ها و... بررسی شد. اثر عوامل اشاره شده بر نتیجه به دست آمده به صورت زیر می باشد:

- درحالی که نانوذرات روی با سرعت آسیاب کاری ۱۸۰/۵۶۰ دور بر دقیقه در قندانی فلزی با اندازه

متوسط ۴۰ نانومتر سنتز شد، با افزایش سرعت آسیاب کاری و تغییر جنس قندانی به تفلون، نانوورقه ها و ساختارهای درهم پیچیده دو بعدی به دست آمد.

- افزایش زمان آسیاب کاری فلز روی از ۴/۵ ساعت به ۸ ساعت، باعث افزایش اندازه نانوذرات شده است که احتمالا به دلیل جوش سرد مابین نانوذرات سنتز شده می باشد.
- افزایش وزن گلوله ها و بنابراین افزایش وزن پودر، اثر نامطلوبی بر تشکیل نانوذرات می گذارد که به دلیل پر شدن بیش از حد مجاز محیط داخل قندانی و جلوگیری از انجام برخورد های پر انرژی در داخل آن می باشد.
- استفاده از اتمسفرهای آرگون و خلا در داخل قندانی باعث جلوگیری از تشکیل فازهای اکسید در تولید نانوذرات فلزی مس، روی، آهن، منیزیوم و منگنز شد.
- اثر عامل کنترل فرآیند به عنوان عاملی برای جلوگیری از انجام پدیده جوش سرد، به تنهایی و با ثابت نگه داشتن بقیه شرایط آزمایش در سنتز نانوذرات مس، روی و منیزیوم بررسی شد، نتایج نشان می دهد که در مورد مس، اندازه نانوذرات سنتز شده کوچک تر از حالتی است که در آن از عامل کنترل فرآیند استفاده نشده است.

کلمات کلیدی: نانوساختارهای فلزی، کاهش شیمیایی، آسیاب سیاره ای، مس، روی، آهن، منیزیوم، منگنز

فهرست مطالب

تقدیم اثر ..... د
تقدیر و تشکر ..... ه
تعهدنامه ..... و
چکیده ..... ز
فهرست مطالب ..... ط
فهرست شکل‌ها ..... م
فهرست جدول‌ها ..... ع

۱ فصل اول : اهمیت فلزات و تاریخچه استفاده از آنها ۱

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ تاریخچه فلزات و علم متالورژی ۴

۱-۳ معرفی خصوصیات برخی فلزات ۶

۱-۳-۱ خصوصیات فلز مس ۶
۱-۳-۲ خصوصیات فلز روی ۸
۱-۳-۲-۱ روی به عنوان عنصر آلیاژی ۹
۱-۳-۳ خصوصیات فلز آهن ۱۰
۱-۳-۳-۱ خواص مکانیکی آهن ۱۱
۱-۳-۴ خصوصیات فلز منیزیوم ۱۲
۱-۳-۵ خصوصیات فلز منگنز ۱۲
۱-۳-۵-۱ کاربردهای منگنز ۱۳

۲ فصل دوم : اهمیت و کاربرد نانوذرات فلزی ۱۵

۲-۱ نانو چیست؟ ۱۶

۲-۱-۱ تاریخچه نانو ۱۶
۲-۱-۲ انواع ساختارهای نانویی ۱۸
۲-۱-۲-۱ نانوساختارهای صفر بعدی ۱۸
۲-۱-۲-۲ نانوساختارهای تک بعدی ۱۹

۲-۱-۲-۳ نانوساختارهای دو بعدی ۲۰
۲-۱-۲-۴ نانوساختارهای سه بعدی ۲۰
۲-۲ اهمیت نانوذرات فلزی ۲۲
۲-۳ کاربردهای نانوذرات فلزی ۲۵
۲-۳-۱ کاربردهای نانوذرات مس ۲۶
۲-۳-۲ کاربردهای نانوذرات آهن ۲۸
۲-۳-۲-۱ استفاده از نانوذرات آهن برای مقابله با سرطان پستان بدخیم ۲۹
۲-۳-۲-۲ تولید نانوالکترود دارای ظرفیت بالا برای باتری‌های یون لیتیم ۳۰
۲-۳-۳ کاربردهای نانوذرات منیزیوم ۳۰
۲-۳-۴ کاربردهای نانوذرات طلا ۳۰
۲-۳-۵ کاربردهای نانوذرات نقره ۳۱
۲-۳-۶ کاربردهای نانوذرات پالادیم ۳۲
۲-۳-۷ کاربردهای نانوذرات پلاتین ۳۳
۲-۳-۸ کاربردهای نانوذرات روتنیم، ایریدیم و رودیم ۳۳
۲-۳-۹ کاربردهای نانوذرات کبالت و نیکل ۳۳
۳ فصل سوم : مروری بر روش‌های سنتز نانوساختارهای فلزی ۳۵
۳-۱ مقدمه ۳۶
۳-۲ روش سنتز شیمیایی ۳۹
۳-۲-۱ سنتز نانوذرات طلا ۴۲
۳-۲-۲ سنتز نانوذرات نقره ۴۲
۳-۲-۳ سنتز نانوذرات مس ۴۳
۳-۲-۴ پایدارسازی سطح نانوذرات ۴۳
۳-۳ آسیاب‌کاری مکانیکی ۴۴
۳-۳-۱ معرفی کلی دستگاه آسیاب سیاره ای پرانرژی و طرز کار آن ۴۵
۳-۳-۲ ویژگی‌های منحصر به فرد دستگاه نسبت به دستگاههای مشابه ۴۷
۳-۳-۳ معرفی اجزای دستگاه ۴۸

۳-۳-۳-۱ سیستم الکتریکی ۵۰
۳-۳-۳-۲ موتورها ۵۰
۳-۳-۳-۳ محور و دیسک چرخان اصلی ۵۰
۳-۳-۳-۴ سیستم کنترل لمسی ۵۱
۳-۳-۳-۵ محفظه های نگهدارنده قنداني ها ۵۱
۳-۳-۳-۶ قنداني ها ۵۱
۳-۳-۳-۷ گلوله ها ۵۱
۳-۳-۳-۸ پروانه های خنک کننده ۵۲
۳-۳-۳-۹ چرخ ها و پایه ها ۵۳
۳-۳-۴ پارامترهای قابل تغییر در آسیاب کاری ۵۳
۳-۳-۴-۱ سرعت چرخش دیسک اصلی و قنداني ها ۵۴
۳-۳-۴-۲ زمان آسیاب کاری ۵۴
۳-۳-۴-۳ نسبت وزنی گلوله ها به پودر ۵۵
۳-۳-۴-۴ حجم گلوله ها و پودر در داخل قنداني ها ۵۶
۳-۳-۴-۵ جنس، تعداد، اندازه و توزیع اندازه گلوله ها ۵۶
۳-۳-۴-۶ جنس و اندازه قنداني ها ۵۷
۳-۳-۴-۷ اتمسفرهای مختلف درون قنداني ها ۵۸
۳-۳-۴-۸ دمای آسیاب کاری ۵۸
۳-۳-۴-۹ عامل کنترل فرآیند ۵۹
۳-۴ روش چگالش از بخار ۶۰
۳-۵ روش تغییر شکل پلاستیک شدید ۶۱
۳-۵-۱ مفهوم تغییر شکل پلاستیک ۶۱
۳-۵-۲ مفهوم تغییر شکل پلاستیک شدید ۶۲
۳-۵-۳ روش‌های تغییر شکل پلاستیک شدید ۶۳
۳-۵-۳-۱ فرآیندهای تغییر شکل پلاستیک شدید مواد بالک ۶۴
۴ فصل چهارم : نتایج کارهای انجام شده، بحث و نتیجه گیری ۷۰
۴-۱ کاهش شیمیایی نمک فلزی ۷۱
۴-۱-۱ مراحل آزمایشگاهی و بحث ۷۲
۴-۱-۱-۱ روش اول ۷۲
۴-۱-۱-۲ روش دوم ۷۶

۴-۲ خردایش مکانیکی با آسیاب سیاره ای پرانرژی ۷۷
۴-۲-۱ بررسی نتایج سنتز نانوساختارهای مس به روش آسیاب کاری ۸۰
۴-۲-۲ بررسی نتایج سنتز نانوساختارهای روی به روش آسیاب کاری ۸۸
۴-۲-۳ بررسی نتایج سنتز نانوساختارهای آهن به روش آسیاب کاری ۹۵
۴-۲-۴ بررسی نتایج سنتز نانوساختارهای منیزیوم به روش آسیاب کاری ۹۹
۴-۲-۵ بررسی نتایج سنتز نانوساختارهای منگنز به روش آسیاب کاری ۱۰۳
۴-۲-۶ بررسی نتایج آسیاب‌کاری گرافیت ۱۰۷
۴-۳ نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۰۹
منابع ۱۱۱

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱: (الف) خط گالوانیزه ورق فولاد. (ب) محصولات نهایی (فولاد مبارکه اصفهان) عمده کاربردهای ورق گالوانیزه عبارتند از: پانل ها و تابلوهای برق، سینی کابل، برخی از قطعات لوازم خانگی و تجهیزات آشپزخانه، مخازن، مجراهای هوا و دودکش، ناودان ها و لوله ها، بدنه و سقف سوله ها و سالن ها [۴] ۹

شکل ۲-۱: جام مشهور لیکرگوس مربوط به قرن پنجم میلادی. ویژگی جالب این جام این است که وقتی نور از بیرون به آن می تابد، به رنگ سبز و وقتی نور از داخل به آن می تابد به رنگ قرمز دیده می شود که به دلیل وجود نانوذرات نقره و طلا و مس می باشد. [۱۰] ۱۷

شکل ۲-۲: تصویر SEM نانوذرات صفر بعدی [۸] ۱۹

شکل ۲-۳ : تصویر SEM نانوذرات تک بعدی (نانوسیم ها) [۸] ۱۹

شکل ۲-۴: نانو ورق های سیلیکات نیکل که در تولید باتری های لیتیومی به کار می روند. [۸] ۲۰

شکل ۲-۵ : نانو ساختار سه بعدی اکسید آهن که شبیه به گل است [۸] ۲۱

شکل ۳-۱: مقایسه روش بالا به پایین و پایین به بالا [۱۱] ۳۷

شکل ۳-۲ : عوامل پایدار کننده سطح نانوذرات [۱۱] ۴۴

شکل ۳-۳: دستگاه آسیاب سیاره ای پرانرژی ساخت شرکت نانوشات موجود در دانشگاه شاهرود ۴۶

شکل ۳-۴: دیسک چرخان اصلی و محفظه های نگهدارنده قندانی ها. فِلِش ها، جهت های چرخش را نشان می دهند.... ۴۶

شکل ۳-۵: مکانیزم عملکرد دستگاه [۲۸]..... ۴۶

شکل ۳-۶: منوی اصلی کنترل کننده لمسی دستگاه ۴۸

شکل ۳-۷ ..... ۴۸

شکل ۳-۸ ..... ۴۸

شکل ۳-۹ ..... ۴۹

شکل ۳-۱۰ ..... ۴۹

شکل ۳-۱۱..... ۴۹

شکل ۳-۱۲: پروانه خنک کننده موتورها و قندانی‌ها ۵۲

شکل ۳-۱۳: کاهش اندازه دانه با افزایش زمان آسیاب کاری برای آهن، آلومینیوم و نیکل [۲۹]..... ۵۴

شکل ۳-۱۴: نحوه کاهش اندازه ذرات فلز روی نسبت به زمان در دمای اتاق و دمای نیتروژن مایع [۳۰]..... ۵۸

شکل ۳-۱۵: تجهیزات مربوط به روش IGC برای سنتز نانوذرات فلزی [۳۳]..... ۵۹

شکل ۳-۱۶: نمودار شماتیک تنش-کرنش یک فلز در حالت الاستیک [۳۴]..... ۶۱

شکل ۳-۱۷: دسته بندی کلی روش های تغییر شکل پلاستیک شدید بر اساس شکل محصول.[۱۱]..... ۶۳

شکل ۳-۱۸: شکل شماتیک فرآیند ECAPبا هندسه مکعبی (مقطع چهارگوش) و زاویه کانال ۹۰ درجه [۳۴]، [۳۸]... ۶۴

شکل ۳-۱۹: مسیرهای مختلف اصلی برای روش ECAP [۳۴]..... ۶۶

شکل ۳-۲۰: فرآیند ECAP برای ورق های ضخیم [۳۴] ۶۶
شکل ۳-۲۱: فرآیند پیچش با فشار بالا، از سمت راست به ترتیب: با سنبه چرخان، با قالب چرخان، نمونه تحت فرآیند[۳۹] ۶۷
شکل ۴-۱: طیف UV-Visible به دست آمده دقایقی پس از سنتز نانوذرات مس. پیک این طیف در حدود nm ۴۵۰ قرار دارد. ۷۳
شکل ۴-۲: از بین رفتن نانوذرات مس با گذشت زمان به دلیل کلوخه ای شدن. ۷۴
شکل ۴-۳: اثر محیط های مختلف بر پایداری نانوذرات مس ۷۵
شکل ۴-۴: طیف UV_Visible مربوط به روش دوم در زمان های مختلف. ۷۷
شکل ۴-۵: آنالیز XRD نمونه مس قبل از آسیاب کاری ۸۱
شکل ۴-۶: آنالیز XRD نمونه مس (الف) ۸۱
شکل ۴-۷: آنالیز XRD نمونه مس (ب) ۸۱
شکل ۴-۸: آنالیز XRD نمونه مس (ج) ۸۲
شکل ۴-۹: آنالیز XRD نمونه مس (د) ۸۲
شکل ۴-۱۰: آنالیز XRD نمونه مس (ه) ۸۲
شکل ۴-۱۱: آنالیز XRD نمونه مس (و) ۸۱
شکل ۴-۱۲: تصاویر FESEM نمونه مس (الف) ۸۱
شکل ۴-۱۳: تصویر FESEM نمونه مس (ب) ۸۴
شکل ۴-۱۴: تصاویر FESEM نمونه مس (ج) ۸۵
شکل ۴-۱۵: تصاویر FESEM نمونه مس (د) ۸۳
شکل ۴-۱۶: تصاویر SEM نمونه مس (ه) ۸۴
شکل ۴-۱۷: تصویر FESEM نمونه مس (و) ۸۶
شکل ۴-۱۸: آنالیز XRD نمونه روی قبل از آسیاب کاری ۸۹
شکل ۴-۱۹: آنالیز XRD نمونه روی (الف) ۸۹
شکل ۴-۲۰: آنالیز XRD نمونه روی (ب) ۸۹
شکل ۴-۲۱: آنالیز XRD نمونه روی (ج) ۹۰
شکل ۴-۲۲: آنالیز XRD نمونه روی (د) ۹۰
شکل ۴-۲۳: تصاویر FESEM نمونه روی (الف) ۸۸
شکل ۴-۲۴: تصاویر FESEM نمونه روی (ب) ۹۰
شکل ۴-۲۵: تصاویر FESEM نمونه روی (ج) ۹۰
شکل ۴-۲۶: تصاویر FESEM نمونه روی (د) ۹۱
شکل ۴-۲۷: آنالیز XRD نمونه آهن قبل از آسیاب کاری ۹۴

شکل ۴-۲۸: آنالیز XRD نمونه آهن (الف) ۹۶
شکل ۴-۲۹: آنالیز XRD نمونه آهن (ب) ۹۷
شکل ۴-۳۰: تصاویر FESEM نمونه آهن (الف) ۹۷
شکل ۴-۳۱: تصاویر FESEM نمونه آهن (ب) ۹۵
شکل ۴-۳۲: آنالیز XRD نمونه منیزیوم قبل از آسیاب کاری ۱۰۰
شکل ۴-۳۳: آنالیز XRD نمونه منیزیوم (الف) ۱۰۰
شکل ۴-۳۴: آنالیز XRD نمونه منیزیوم (ب) ۱۰۰
شکل ۴-۳۵: تصاویر FESEM نمونه منیزیوم (ب) ۹۹
شکل ۴-۳۶: تصاویر FESEM نمونه منیزیوم (الف) ۹۹
شکل ۴-۳۷: آنالیز XRD نمونه منگنز قبل از آسیاب کاری ۱۰۲
شکل ۴-۳۸: آنالیز XRD نمونه منگنز (الف) ۱۰۲
شکل ۴-۳۹: آنالیز XRD نمونه منگنز (ب) ۱۰۳
شکل ۴-۴۰: تصاویر FESEM نمونه منگنز (الف) ۱۰۳
شکل ۴-۴۱: تصاویر FESEM نمونه منگنز (ب) ۱۰۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۱–۱: خواص فیزیکی و شیمیایی مس[۳]..... ۷

جدول ۲–۱ : رابطه بین قطر (d) ذره طلا، تعداد کل اتم ها و درصد اتم های سطحی. توجه شود که این مقادیر فقط برای ساختارهای شبکه FCC استخراج شده است؛ بنابراین در مورد ساختارهای بلوری دیگر این مقادیر متفاوت خواهد بود. [۱۲]..... ۲۴

جدول ۳-۱: دستورالعمل انتخاب عامل کاهنده و شرایط واکنش برای تولید نانوذرات طلا، نقره و مس[۲۷]..... ۴۱

جدول ۴-۱: مشخصات کامل تولید نانوساختارهای مس با آسیاب سیاره ای پرانرژی..... ۷۹

جدول ۴-۲: مشخصات کامل تولید نانوساختارهای روی با آسیاب سیاره ای پرانرژی..... ۸۷

جدول ۴-۳: مشخصات کامل تولید نانوساختارهای آهن با آسیاب سیاره ای پرانرژی..... ۹۴

جدول ۴-۴: مشخصات کامل تولید نانوساختارهای منیزیوم با آسیاب سیاره ای پرانرژی..... ۹۸

جدول ۴-۵: مشخصات کامل تولید نانوساختارهای منگنز با آسیاب سیاره ای پرانرژی..... ۱۰۲

۱ فصل اول

اهمیت فلزات و تاریخچه استفاده از آنها

۱–۱ مقدمه

فلز ماده ای جامد است که معمولا سخت و شفاف است و دارای هدایت الکتریکی و گرمایی خوبی است.فلزات معمولا چکش خوارند، بدین معنی که می توانند بارها با چکش یا تحت فشار از شکل خود خارج شوند بدون آنکه دچار شکستگی یا ترک شده باشند. فلزات همچنین قابلیت ذوب شدن و ریخته گری دارند و می توان آنها را به صورت مفتول درآورد.

این خصوصیات به دلیل ساختار بلوری خاص با اتم هایی است که به صورت منظم بایکدیگر ارتباط دارند و به صورت صفحاتی بر روی هم قرار گرفته اند که به اتم ها اجازه می دهد هنگام اعمال نیرو، بر روی هم بلغزند. همین امکان لغزیدن است که فلز را چکش خوار می کند. رسانایی الکتریکی آنها نیز ناشی از ساختار اتمی آنهاست. چراکه فلزات دارای هسته هایی با بار مثبت اند که توسط دریای الکترون‌ها احاطه شده اند و این خصوصیت به آنها اجازه می دهد که جریان الکتریکی و گرما را هدایت کنند.

با توجه به اینکه بخش عمده ای از موضوع بحث این پژوهش مربوط به آسیاب کاری فلزات می باشد، در مورد مهم ترین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی که در آسیاب کاری فلزات از اهمیت برخوردار است بحث می کنیم:

۱- خاصیت چکش خواری[۱]، توانایی کشیده شدن در همه جهت ها بدون شکستن به هنگام چکش کاری[۲] یا ورق کاری[۳] است. طلا چکش خوارترین فلزات است پس از آن نقره، آلومینیوم، مس، قلع، پلاتین، سرب، روی، آهن و نیکل قرار دارد.

۱ Malleability
۲ Hammering
۳ Lamination

۲- قابلیت مفتول شدن[۱] خاصیتی است که ارتباط ظریفی با چکش خواری دارد و به توانایی تغییر شکل فلز به منظور تبدیل به حالت مفتول یا طناب اطلاق می شود. طلا بیشترین قابلیت مفتول شدن را دارد و نقره، پلاتین، آهن، نیکل، مس، آلومینیوم، روی، قلع و سرب در مراحل بعدی قرار دارند.

۳- قابلیت ارتجاعی[۲] توانایی بازگرداندن شکل اولیه فلز پس از یک تغییر شکل آنی است که توسط یک ضربه به وجود آمده است.

۴- سختی[۳]، مقاومتی است که فلز در مقابل خراشیده شدن از خود نشان می دهد. در صورت وجود هرگونه آلودگی، سختی فلز تغییر می یابد.

فلزات از بلورهایی به اسم دانه ها[۴] ساخته شده اند. وقتی ماده ای از حالت مایع به جامد تبدیل می شود، فرآیندی با عنوان بلورینگی[۵] اتفاق می افتد. اتم ها خود را در واحدهای جامد کوچکی به اسم بلور به شکل های مکعب، هشت وجهی و غیره در می آورند. با سرد شدن ماده، این بلورها رشد یافته و تا رسیدن به بلور مجاور امتداد می یابند و در محل تقاطع یک "مرز دانه"[۶] به وجود می آورند. ساختارهایی شبه به درخت[۷] که دندریت[۸] نامیده می شود، درون بلورهای در حال سرد شدن شکل می گیرد و در جهت های مختلف درون هر کدام از بلورها گسترش می یابند. اگر فرآیند سرد شدن به آرامی انجام شود، شاخه های ثانویه دندریت ها از هم بیشتر فاصله می گیرند و فلز شکننده[۹] تر می شود؛ در حالی که اگر فرآیند سرد شدن به سرعت انجام شود، شاخه ها به هم متصل شده و ضخیم تر می شوند و فلز سخت تر می شود.

---

۱ Ductility
۲ Elasticity
۳ Hardness
۴ Grains
۵ Crystallization
۶ Grain frontier
۷ Tree-shaped structures
۸ Dendrites
۹ Brittle

سه نوع ساختار اتم بلوری یا آرایش درون بلورها وجود دارد. طلا، نقره، مس، سرب، آلومینیوم و نیکل، شکل مکعبی مرکز سطحی[1] تشکیل می دهند و بنابراین دارای خصوصیت های مشابهی هستند و می توانند در زمینه های مشابهی استفاده شوند[۱].

در بخش های دیگر این فصل، ابتدا پیشینه ای از اهمیت و کاربرد فلزات و مختصری در مورد تاریخچه علم متالورژی در زندگی گذشته و امروز بشر بیان می‌کنیم. سپس به طور خاص در مورد فلزات مس، روی، آهن، منیزیوم و منگنز که در این پژوهش مورد توجه بوده اند بحث خواهیم کرد.

۱–۲ تاریخچه فلزات و علم متالورژی

علم شناخت و استخراج فلزات و هنر کار روی آنها را متالورژی می‌نامند. این تعریف که متالورژی از قدیمی‌ترین هنرها و یکی از جدیدترین علوم است، به خوبی تاریخچه طولانی و جالب رشته متالورژی را بیان می‌کند. از زمانی که بشر فلز را شناخت، متالورژی را به‌عنوان یک هنر فرا گرفت. این علم، فرآوری مواد معدنی از کانه‌های آنها (جداسازی از سنگ معدن)، ذوب، تصفیه و تولید شمش، بهبود خواص و تهیه آلیاژها و فن کاربری فلزات و شکل دادن آنها را در بر می‌گیرد. صنعت متالورژی در جهان از دیرباز به‌عنوان صنعت مادر شناخته شده و با پیشرفت‌های روز افزون تکنولوژی، نقش آن آشکارتر می‌گردد. شواهد باستان شناسی نشان می‌دهد که ساکنین فلات ایران، جزو اولین اقوامی بوده‌اند که به کشف فلزات و استفاده از آن نائل گردیده‌اند[۲].

دوره فلزات پس از عصر سنگ بوده و از حدود ۶ تا ۷ هزار سال پیش از هجرت آغاز شده است. به نظر می‌رسد که مس اولین فلزی است که به طور خالص و طبیعی و جدا از مواد معدنی مورد استفاده بشر قرار گرفته است. با نگاهی به انوع سنگهای مس، می‌بینیم که آنها کم و بیش از ظاهری فلزی با رنگهای الوان،

---

۱ Face-Centered Cube (FCC)