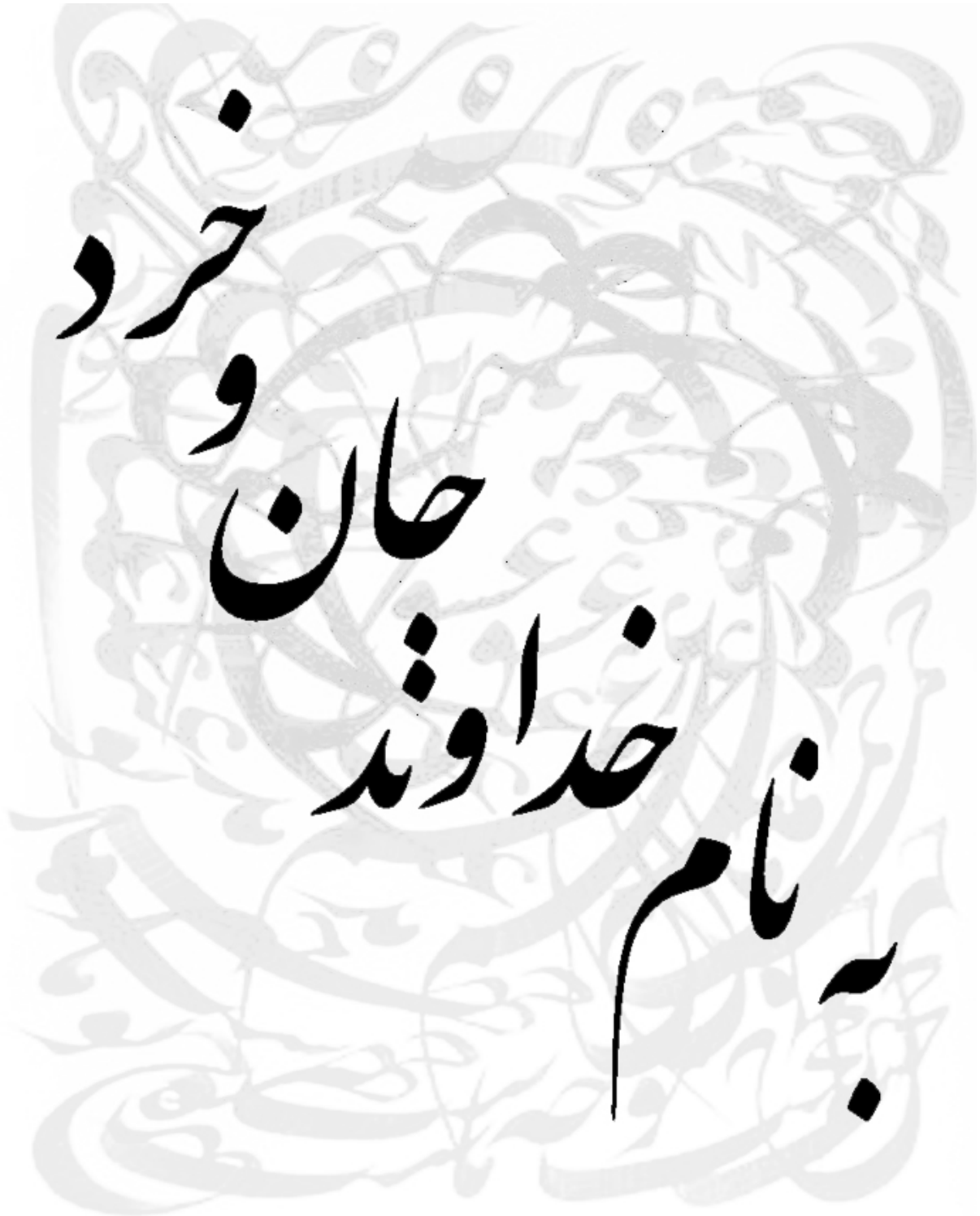
به نام خداوند جان و خرد

پژوهشگاه مواد و انرژی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد- نانومواد

موضوع

آلیاژسازی مکانیکی برای رسیدن به ساختار نانو در سیستم Al-Cu-Fe

اساتید راهنما:

دکتر تورج عباد زاده

دکتر اصغر کاظم زاده

استاد مشاور:

دکتر احسان مرزبان راد

نگارنده:

زهرا کریمی

کد شناسه پروژه:

۷۷۸۸۶۰

سال تحصیلی

۱۳۸۹-۹۰

تقدیم به

همراهان صبور زندگی: مادر و پدر عزیزم

و به تمامی دانش پژوهان

همه کسانی که در گذر روزهای پر نشیب و فراز گذشته یاریم کردند...

تشکر و قدردانی

سپاس خداوندگار بزرگ را که مسیر زندگی مرا از دروازه های دانش گشود. سپاس او را که در این راه انسان های بزرگواری قرار داد تا بواسطه ی درس هایی که از آن ها آموختم، زندگی کردن را نیز بیاموزم.

تشکر بی کران از اساتید محترم و راهنمایم که در تمامی مراحل این تحقیق مرا در انجام این پروژه یاری نمودند.

حق تالیف/گردآوری و تحقیق

این پروژه تحقیقاتی به شماره شناسه ۷۷۸۸۶۰ درپژوهشگاه موادوانرژی به ثبت رسیده است و کلیه دستاوردهای تحقیقاتی شامل نتایج نظری، نتایج علمی و عملی، دانش فنی و سایر موارد مربوط به این پروژه متعلق به پژوهشگاه مواد و انرژی می‌باشد. بهره برداری از نتایج پروژه برای موسسات دولتی و غیر دولتی با مجوز پژوهشگاه مواد و انرژی و درج نام پژوهشگاه مواد و انرژی امکان پذیر است.

چکیده

شبه کریستال ها گروهی از مواد نو با ویژگی های مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد می باشند. تاکنون شبه کریستال ها بر پایه ی فلزاتی نظیر Zr, Al, Ti و ...،بوسیله ی روش های مختلف تهیه شده اند. در این بین؛ شبه کریستال های حاصل از ترکیب عناصر Al، Cu ،Fe به دلیل سمی نبودن، در دسترس بودن و قیمت مناسب عناصر آلیاژی شان، مورد توجه می باشند. فرآیند آلیاژسازی مکانیکی از مخلوط پودرهای اولیه و عملیات آنیل بعدی برای رسیدن به فاز شبه کریستال روش مورد توافق بسیاری از محققین می باشد.

در این مطالعه، ابتدا پودر آلیاژی Al-Cu-Fe با ترکیب اسمی $Al_{60}Cu_{23}Fe_{12}$ (at.%) به روش آلیاژسازی مکانیکی تهیه شد. بعد از ۱۶ ساعت آسیا β-Al (Cu, Fe) بدست آمده بیشتر شامل محلول جامد نانوکریستالین β-Al (Cu, Fe) با ساختار مکعبی بود. به منظور تنش زدایی، مقداری از پودر، در دمای ۱۵۰°C به مدت ۲۰ min در کوره ی معمولی حرارت داده شد. قطعات خام از پودرهای تنش زدایی شده و نشده، از پودر ۱۶ h آسیا شده، تهیه شد و در دماهای انتخابی مختلف بین ۲۰۰ تا ۸۰۰°C توسط کوره ی معمولی (تحت اتمسفر آرگون) و تشعشعات مایکروویو، پخت شدند. دگرگونی های فازی و تغییرات مورفولوژیکی و ساختاری در ساعت های مختلف آسیا و دماهای مختلف آنیلینگ به ترتیب توسط آنالیزهای XRD و SEM، TEM مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی ترکیب شیمیایی از آنالیز های EDAX و ICP استفاده شد.
نتایج نشان می دهد که میزان بیشتری از فاز شبه کریستال برای پودر تنش زدایی شده، بواسطه ی گرمایش با کوره ی مایکروویو نسبت به کوره ی معمولی تشکیل می شود. برای پودر تنش زدایی شده و پخت شده بوسیله ی کوره ی مایکروویو، میزان قابل توجهی از فاز شبه کریستال در رنج دمایی ۲۰۰ تا ۵۰۰°C تشکیل می شود.

کلید واژه: آلیاژسازی مکانیکی، سیستم سه تایی Al-Cu-Fe، شبه کریستال، گرمایش با مایکروویو، مواد نانوکریستال.

فهرست مطالب

فهرست مطالب.....شماره ی صفحه

فصل اول: مقدمه.....۱

۱-۱ پیشگفتار ۲

فصل دوم: مروری بر منابع مطالعاتی.....۴

۲-۱ مقدمه ۵

۲-۲ شبه کریستال ها.....۵

۲-۲-۱ فاز بیست وجهی ۶

۲-۲-۱-۱ الگوی پراش ۷

۲-۲-۲ نمایی از فضای چند بعدی.....۷

۲-۲-۳ اندیس گذاری الگوی پراش و تصاویر.....۹

۲-۲-۴ تقریب های کریستالی..... ۱۲

۲-۲-۴-۱ فازهای کریستالی مرتبط با فاز بیست وجهی..... ۱۲

۲-۲-۴-۲ تقریبهای کریستالی گویا نسبت به فاز شبه کریستال ۱۳

۲-۲-۵ ساختارهای فضای حقیقی ۱۴

۲-۲-۵-۱ مدل شبه شبکه..... ۱۴

۲-۲-۵-۱-۱ حالت تعادلی- موزاییک کردن..... ۱۴

۲-۲-۵-۱-۲ تعادل شبه پایدار- شیشه بیست وجهی..... ۱۶

۲-۲-۶ مشخصات ساختاری شبه کریستالهای Al-Cu-Fe..... ۱۷

۲-۳ خواص و کاربردهای مواد آلیاژی Al-Cu-Fe..... ۱۸

۲-۳-۱ خواص فیزیکی..... ۱۸

۲-۳-۲ خواص مکانیکی شبه کریستال های Al-Cu-Fe..... ۱۹

۲-۴ کاربردهای کنونی و پتانسیل های کاربردی شبه کریستالهای Al-Cu-Fe..... ۱۹

۲-۵ سنتز آلیاژهای غنی از Al در سیستم Al-Fe-Cu ۲۰
۲-۵-۱ روشهای تهیه ی شبه کریستال Al-Cu- Fe ۲۱
۲-۵-۲ سیستم Al-Cu-Fe در حالت تعادلی ۲۱
۲-۵-۳ سایر روش های تولید این آلیاژ ۲۴
۲-۶ آلیاژسازی مکانیکی ۲۶
۲-۶-۱ تاریخچه آلیاژسازی مکانیکی ۲۶
۲-۶-۲ استفاده از آلیاژسازی مکانیکی برای ساخت مواد مختلف ۲۷
۲-۶-۳ عوامل تاثیر گذار بر آلیاژسازی مکانیکی ۳۰
۲-۶-۴ مکانیزم آلیاژسازی مکانیکی برای رسیدن به نانو ساختار ۳۳
۲-۶-۵ گستردگی حلالیت جامد ۳۴
۲-۵-۶ مزایای استفاده از آلیاژسازی مکانیکی ۳۵
۲-۷ گرمایش مایکروویو ۳۶
۲-۷-۱ تئوری ماکروویو ۳۶
۲-۷-۲ عمق نفوذ ۳۷
۲-۷-۳ برهمکنش ماکروویو با ماده ۳۹
۲-۷-۳-۱ اتلاف (کاهش) هدایت ۴۰
۲-۷-۳-۲ اتلاف هیسترزیس ۴۱
۲-۷-۴ توسعه ی گرمایش ماکروویو ۴۱
۲-۷-۵ خصوصیات گرمایش ماکروویو ۴۲
۲-۷-۶ مزایا و معایب پخت با ماکروویو ۴۴
فصل سوم: فعالیت های تجربی ۴۵
۳-۱ مقدمه ۴۶
۳-۳ امکانات مورد استفاده ضمن آلیاژسازی مکانیکی و گرمایش ۴۷
۳-۳-۱ مواد اولیه ۴۷

۳-۳-۲ تجهیزات ۴۸
۳-۴ نرم افزارهای تخصصی مورد استفاده ۴۹
۳-۲ مراحل انجام پروژه..... ۴۹
۳-۵ عملیات آلیاژسازی مکانیکی ۵۱
۳-۶ ساخت قطعه از پودرهای آلیاژی..... ۵۳
۳-۶-۱ عملیات تنش زدایی و قطعه زنی..... ۵۳
۳-۷ پخت/ گرمایش قطعه های آلیاژی تهیه شده، بوسیله ی مایکروویو ۵۳
۳-۷-۱ بررسی اثر دما بر فازهای تشکیل شده ۵۳
۳-۷-۲ بررسی اثر زمان آسیا بر نوع فاز های تشکیل شده در دماهای مختلف..... ۵۴
۳-۸ پخت/ گرمایش قطعه های آلیاژی تهیه شده، بوسیله ی کوره..... ۵۴
۳-۹ شناسایی و مطالعات ساختاری و فازی..... ۵۴
۳-۹-۱ بررسی ریز ساختار و مورفولوژی ۵۴
۳-۹-۲ آنالیز پراش اشعه ایکس(XRD)..... ۵۴
۳-۹-۳ بررسی ترکیب شیمیایی ۵۵
۳-۹-۴ آنالیز گرماسنج افتراقیDSC ۵۵
۳-۹-۵ آنالیز با میکروسکوپ الکترونی عبوری(TEM)..... ۵۵
فصل چهارم: نتایج و بحث..... ۵۶
۴-۱ مقدمه ۵۷
۴-۲ بررسی تغییرات ساختاری ۵۸
۴-۲ بررسی تغییرات فازی..... ۶۳
۴-۲-۱ گستردگی حلالیت جامد..... ۶۵
۴-۳ بررسی ترکیب شیمیایی..... ۶۸
۴-۴ عملیات پخت ۶۹

۴-۴-۱ نتایج آنالیز XRD ۷۲
۴-۴-۱-۱ پخت قطعات حاصل از پودر تنش زدایی نشده ۷۲
۴-۴-۱-۲ پخت قطعات حاصل از پودرتنش زدایی شده ۷۳
۴-۵ نتایج آزمون DSC ۷۴
۴-۶ آنالیز تصاویر SEM ۷۷
۴-۷ پخت بوسیله ی کوره ی معمولی ۷۹
۴-۸ آنالیز تصاویر TEM ۸۱
۴-۹ بررسی پارامترهای دما وزمان روی نوع فازتشکیل شده ۸۳
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادها ۸۷
۵-۱ نتیجه گیری ۸۸
۵-۲ پیشنهادها ۹۰
فصل ششم: منابع و مراجع ۹۱

فهرست شکل ها

فهرست شکل ها.....شماره صفحه
شکل ۲- ۱: الگوی پراش مربوط به یک شبه کریستال بیست وجهی، مشاهده شده از یکی از جهات مربوط به تقارن ۵- گانه. تقارن پنتاگونال به دور مرکز تصویرکامل است و با عدد طلایی ۲ گسترده می شود ۷
شکل ۲- ۲: تصویر کردن از ۲D به ۱D. a) تصویر در فضای واقعی از شبکه ی دوره ای در ۲D از یک پنجره به یک خط که شیب تقاطع آنها τ^{-1}، است.b) تصویر در فضای واقعی از پنجره که با شیبی معادل یک تقریب گویا از τ^{-1}، در اینجا ۱/۲ کشیده شده؛ تقریب ساختاری نتیجه شده در $1D$ در هر مسافت تکرار از زنجیره ی فیبوناچی تبعیت می کند.....۹
شکل ۲- ۳: یک جفت سه بعدی که نمایان گر بردارهای پایه ی مورد استفاده در اندیس گذاری به روش السر است: a) برای فضای موازی و b) برای فضای عمود..... ۱۰
شکل ۲- ۴: کریستال پایه با تقریب های کریستالی ۱/۱ با فاز شبه کریستال. ساختار بیست وجهی مک کی با ۵۴ اتم. مرکز ساختار در ترکیب $\alpha(Al_9Mn_2Si_{18})$، خالی می باشد..... ۱۲
شکل ۲- ۵: الگوهای پراش ساختگی پنج گانه، محاسبه شده برای تقریب های گویای مکعبی. برای مقایسه، الگوی محاسبه شده برای فاز i نشان داده شده است ۱۳
شکل ۲- ۶:a) موازییک پن رز در دو بعد. b) دو شکل پایه؛ لوزی های حاده و منفرجه که در a و c فرش شده اند. موزاییک پن رز که با استفاده از طراحی امان ساخته شده است در شکل d نشان داده شده است..... ۱۵
شکل ۲- ۷: مدل پیشنهاد شده برای ساختار Al- Cu- Fe..... ۱۷
شکل ۲- ۸: قسمت غنی از آلومینیوم دیاگرام سه تایی Al-Cu-Fe . دایره های سفید مناطق تک فاز، دایره های سفید و سیاه مناطق دو فازی را نشان می دهند و دوایر سیاه حضور همزمان سه فاز را نشان می دهند ۲۳
شکل ۲- ۹: دیاگرام فازی دوتایی Cu-Fe-lA در رنج ترکیبی فاز شبه کریستال (i) بین $\omega(Al_{70}Cu_{20}Fe_{10})$ و $Al_{58}Cu_{28}Fe_{14}$..... ۲۳
شکل ۲- ۱۰: میکروگراف شبه کریستال $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ تهیه شده با آنیلینگ برای ۴۸h در ۱۱۱۸ K بعد از انجماد به روش مرسوم a)تصویرOM b)تصویر SEM..... ۲۴
شکل ۲- ۱۱: مفهوم انرژی دار کردن و سرد کردن، در سنتز مواد غیر تعادلی ۲۷
شکل ۲- ۱۲: فاکتورهای مختلف تاثیر گذار در آلیاژسازی مکانیکی..... ۳۰
شکل ۲- ۱۳: شمایی از حرکت گلوله ها که نمایانگر حرکت گلوله ها داخل آسیاب گلوله ای..... ۳۱
شکل ۲- ۱۴: برخورد گلوله- پودر- گلوله ی مخلوط پودرها حین آلیاژسازی مکانیکی..... ۳۳
شکل ۲- ۱۵: دیاگرام شماتیک نشان دهنده تغییرات حلالیت جامد با زمان حین آلیاژسازی مکانیکی ترکیب پودرهای فلز. ۳۵
شکل ۲- ۱۶: شمای کلی موج الکترومغناطیس. ۳۷
شکل ۲- ۱۷: برهمکنش میدان الکترومغناطیس با مواد ۳۹
شکل ۲- ۱۸: مکانیزمهای مختلف قطبی شدن ۴۰

شکل ۲- ۱۹: منحنی هیسترزیس B بر حسبH ۴۱
شکل ۲- ۲۰: توزیع گرما در ماده حین گرمایش A) به روش های قدیمی B) گرمایش مایکروویو ۴۲

شکل ۳- ۱: A) پودر آلومینیوم، B) پودر مس، C) پودر آهن ۴۸
شکل ۳- ۲:مراحل انجام کار ۵۰
شکل ۳- ۳: نمودار XRD مربوط به پودر آسیا شده به مدت ۱۶h ۵۲
شکل ۳- ۴: نمایی از دستگاه آلیاژسازی مکانیکی سیاره ای ۵۲

شکل ۴- ۱: پودرهای Al-Cu-Fe آلیاژسازی شده در زمان های مختلف آسیا: A(۰ ،B(۲ ، C(۴، D(۱۰ ،F(۸E(۶، G(۱۲، H(۱۴، I(۱۶، J)۲۰ و K) ۳۰h ۶۲
شکل ۴- ۲: الگوی XRD نمونه پودرهای آسیا شده $Al_{۶۵}Cu_{۲۳}Fe_{۱۲}$ در زمان های مختلف آسیا ۶۳
شکل ۴- ۳A): نمودار XRD ، B) تغییرات شدت پیک ماکزیمم، مربوط به زمان های ۱۶، ۲۰ و۳۰ hr آسیا ۶۵
شکل ۴- ۴ : نمودار دوبه دو عناصر آهن، آلومینیوم و مسa) Al-Fe، b)Al-Cu، c) Al-Cu-Fe[۵۳]. d) نمودار سه تایی Al-Cu-Fe در دمای اتاق ۶۶
شکل ۴- ۵: نتایجEDAX مربوط به پودر۱۶ ساعت آسیا شده ۶۸
شکل ۴- ۶: تغییرات چگالی بر حسب فشار اعمالی ۷۰
شکل ۴- ۷: مورفولوژی سطحی نمونه های پخت شده در دمای ۸۰۰C و در فشار های مختلف A۲۰)، B) ۲۵ ، C)۳۰ ، D۴۰) بار، پودر تنش زدایی نشده E) در فشار۲۰ بار، پودر تنش زدایی شده ۷۰
شکل ۴- ۸: الگوی XRD مربوط به پودرهای تنش زدایی شده و نشده ۷۱
شکل ۴- ۹: الگوی XRD قطعات تهیه شده از پودر ۱۶h، و پخت شده در دماهای مختلف ۷۲
شکل ۴- ۱۰: الگوی XRD قطعات تهیه شده از پودر ۱۶h، و سینتر شده در دماهای مختلف ۷۳
شکل ۴- ۱۱: نمودار DSC مربوط به پودرهای آلیاژی Al-Cu-Fe(a تنش زدایی نشده b) تنش زدایی شده ۷۵
شکل ۴- ۱۲: نمای شماتیک استحاله های فازی محتمل حین حرارت دادن قطعات تهیه شده از پودرهای آلیاژی $Al_{۶۵}Cu_{۲۳}Fe_{۱۲}$. ۷۶
شکل ۴- ۱۳: a) نمونه ی پودر پراکنده شده در محلول ایزوپروپانول به روش آلتراسونیک b) نمای سطحی نمونه پلیت پخت شده ۷۷
شکل ۴- ۱۴: نقشه ی توزیع ترکیبات عناصر از تصویر شکل A که توزیع نسبتا یکنواخت از عناصر را در سطح مقطع نشان می دهد B)Al, C)Cu ,E)Fe ۷۷
شکل ۴- ۱۵: تصاویر SEM مربوط به سطح مقطع قطعات پخت شده با مایکروویو در دماهای مختلف پخت A) ۴۰۰، B)۵۰۰، C)۶۰۰، D)۷۰۰ و E)$۸۰۰^{\circ}C$ ۷۸

شکل ۴- ۱۶: نمونه های تهیه شده از پودرهای آلیاژی شده در h ۱۶ و پخت شده در دماهای مختلف در کوره ی معمولی تحت اتمسفر آرگون ۸۰
شکل ۴- ۱۷: نمونه های تهیه شده از پودرهای آلیاژی شده در h ۱۶ ، تنش زدایی شده در دمای C ۱۲۰ به مدت Min۱۵ و پخت شده در دماهای مختلف در کوره ی معمولی تحت اتمسفر آرگون..... ۸۰
شکل ۴- ۱۸: تصاویر پراش مربوط به پودر های آلیاژی شده به مدت h ۱۶ و پخت شده در C° ۳۰۰..... ۸۲
شکل ۴- ۱۹: تصاویر الگوی پراش مربوط به فاز شبه کریستال..... ۸۲
شکل ۴- ۲۰: تصاویر a) میدان روشن و b) میدان تیره از نمونه پودرh ۱۶ تنش زدایی شده، و پخت شده توسط مایکروویو..... ۸۳
شکل ۴- ۲۱: پودرهای آلیاژی شده در ۲h و پخت شده در دماهای مختلف C°۸۰۰-۲۰۰ . ..... ۸۵
شکل ۴- ۲۲: پودرهای آلیاژی شده در ۶h و پخت شده در دماهای مختلف C°۸۰۰-۲۰۰..... ۸۵
شکل ۴- ۲۳: پودرهای آلیاژی شده در ۱۲h و پخت شده در دماهای مختلف C°۸۰۰-۲۰۰..... ۸۶

فهرست جدول ها

فهرست جدول ها .....شماره صفحه
جدول ۲- ۱: مهمترین فازهای دوتایی و سه تایی در سیستم Al-Cu-Fe، بهمراه ساختار آنها..... ۲۲
جدول ۲- ۲ مقایسه ای بین مشخصه های روشهای مختلف فرایند تولید شبه کریستال ۲۵
جدول ۲- ۳؛روند تولید مواد مختلف بوسیله ی آلیاژسازی مکانیکی..... ۲۸
جدول ۲- ۴:عمق نفوذ مربوط به برخی از فلزات در فرکانسهای مختلف مایکروویو..... ۳۸

جدول ۳- ۱: مشخصات مواد اولیه ی مورد استفاده در فرآیند آلیاژسازی ۴۷

جدول ۴- ۱: میزان حلالیت دو به دوعناصرآلومینیوم،آهن، مس درحالت جامد..... ۶۶
جدول ۴- ۲: نتایج آنالیزICP..... ۶۹

فصل اول: مقدمه

۱-۱ پیشگفتار

در سال ۱۹۸۴ برای اولین بار در آلیاژ سریع سرد شده یAl-Mn، فازی با نظم بلند دامنه[1] ولی ترتیب انتقالی غیر موازی دیده شد[۳-۱]. کشف این فاز که هم اکنون با نام شبه کریستال ها[2] (QCs) شناخته می شوند، در ابتدا شبهات و بحثهای زیادی را به همراه داشت. در ۱۵ سال گذشته، شبه کریستالهاموضوع بسیاری از مطالعات تئوری شدند که این توجه گسترده ناشی از خواص و ساختار منحصر به فرد شبه کریستال می باشد.

از طرف دیگر، تلاش زیادی در یافتن آلیاژهای جدید با قابلیت تشکیل فازهای شبه کریستال صورت گرفته است. تا به امروز، فازهای شبه کریستالی در بیش از صد سیستم آلیاژی فلزی مشاهده شده اند؛ برای مثال، آلیاژهای شبه کریستال بر پایه ی آلومینیوم، مس، گالیوم، منیزیوم، نیکل، تانتالوم، تیتانیوم، روی و زیرکونیوم گزارش شده است [۱,۴]. اگرچه، عناصر آلیاژی اغلب به راحتی قابل دسترس نبوده، گران و سمی میباشند. در این بین آلیاژهای Al-Cu-Fe استثنا هستند؛ این آلیاژها در نتیجه ی سمی نبودن، در دسترس بودن و قیمت مطلوبشان، مورد توجه میباشند [۱,۵]. تکنیک های مرتبط با تکنولوژی تولید آلومینیوم، آلیاژ شبه کریستال-Al Fe-Cu را از سایر آلیاژهای شبه کریستال جذاب تر کرده است [۱]. این سیستم قابلیت ایجاد ساختارهای آمورف، کریستالی و شبه کریستال را دارا می باشد.

فازهای مختلف این ساختار به دلیل خواص منحصر بفرد فراوان مثل ضریب اصطکاک پایین، سختی بالا، انرژی سطحی بالا، انبساط حرارتی قابل مقایسه با فلزات [۶]، دارای کاربردهایی نظیر پوشش سطوح [۷]، عامل تقویت کننده در کامپوزیت ها [۶]کاتالیست [۸, ۹] و ... می باشند.

از میان روش های مختلف تولید این مواد آلیاژسازی مکانیکی به عنوان یک روش غیر تعادلی، امکان ایجاد ساختارهای تک فاز شبه کریستال و با ترکیب یکنواخت را در دماهای پایین فراهم می کند.

تاکنون Al–Cu–Feشبه کریستال از[۱۴-۱۹] ,$Al_{۷۰}Cu_{۲۰}Fe_{۱۰}$ [۱۰-۱۵] ،$Al_{۶۵}Cu_{۲۰}Fe_{۱۵}$ ،$Al_{۶۵}Cu_{۲۳}Fe_{۱۲}$ [۲۱،۲۲] و ... توسط آلیاژسازی مکانیکی بدست آمده اند. شبه کریستالها اغلب ناپایدار واگر که برای مدت زمان طولانی آسیا شوند، ممکن است به فرم کریستالی یا آمورف تغییر یابند[۲۳ ,۱].

وجود اعوجاجات فراوان در ساختار شبه کریستالها سنتز این مواد را مستقیما از طریق آلیاژ سازی مکانیکی مشکل می سازد؛ تشکیل آنها شدیدا متاثر از ترکیب مواد اولیه عناصر، زمان آسیا، عملیات حرارتی و دیگر پارامترها می باشد [۲۳,۴]. به همین جهت استفاده از روشهای عملیات حرارتی بعدی برای رسیدن به این ساختار

---

[1] - Long Range Order

[2] - Quasi Crystals (QCs)

توصیه شده است [۴, ۲۴].این امر که عملیات حرارتی یک روش موثر برای تشکیل فاز شبه کریستال میباشد مورد توافق بسیاری از محققین است [۱,۴,۲۵,۲۶].

گرمایش و در پی آن سرمایش سریع برای حفظ ساختارهای نانومقیاس در جامدات نانو ساختار الزامی است [۲۷،۲۸]. در طول چند دهه ی اخیر، گرمایش مایکروویو برای گستره ی متنوعی از کاربردها، از سنتز شیمیایی برای تهیه انواع اغذیه تا پخت مواد نو مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از مایکروویو برای عملیات حرارتی فلزات بوسیله ی محققین مختلف گزارش شده است [۲۹].

با توجه به اینکه ساختارهای شبه کریستال دارای پتانسیل های کاربردی بی شماری می باشند و با توجه به اینکه روش آلیاژسازی مکانیکی امکان رسیدن به نانو ساختار آن ها را فراهم می کند، در این پروژه سعی بر بررسی امکان ایجاد این مواد با استفاده از روش آلیاژسازی مکانیکی و گرمایش بوسیله ی مایکروویو گردیده است.

فصل دوم: مروری بر منابع مطالعاتی

۲-۱ مقدمه

با در نظر گرفتن امکان قابلیت سیستم Al-Cu-Fe بر تشکیل فاز شبه کریستال از روش آلیاژسازی مکانیکی و متعاقب آن عملیات آنیل، در قسمت های ابتدایی این فصل مبانی مربوط به شبه کریستال ها و روش آلیاژسازی مکانیکی مرور شده است.

همچنین به دلیل استفاده از گرمایش مایکروویو برای عملیات پخت/حرارت دهی، تئوری مایکروویو مطرح شده و در انتها بر کاربردهای شبه کریستال ها اشاره شده است.

۲-۲ شبه کریستال ها[3]

در جامدات آمورف و غیر کریستالی در بازه ی اتمی زیاد، هیچ نظم دوره ای یا متقارنی از اتمها موجود نمی باشد. اگرچه ممکن است در مقیاس کوتاه اتمی برخی از نشانه های قاعده مندی در ترتیب اتمها مشاهده گردد. بالعکس در مواد کریستالی نظم بلند دامنه وجود دارد که این دوره ای بودن چیدمان اتم ها، یک سری از قوانین را ایجاد می کند. به عنوان مثال تنها تقارنهای ۱-۲-۳-۴و ۶ گانه می توانند چیدمان اتمها را در مواد کریستالی نشان دهند. در عمل این قواعد تقارن بدین معناست که مشخصات فضای اتمی، بعد از یک چرخش $2\pi/n$ دست نخورده باقی بماند. براساس شبکه های براوه که در مواد کریستالی جامعیت دارند، تقارن ۵ و$n(n>6)$ ازحالت های سیستم تقارن خارج می شوند[۳۰,۳۱].

شبه کریستال ها ساختارهایی هستند که هم منظمند و هم غیر دوره ای. درشبه کریستال ها یک قاعده ی تکرار شونده در چیدمان اتمها، به همراه تقارن چرخشی غیر متعارف برای کریستالها، یعنی تقارن چرخش$(n>6)$ وجود دارد که آن ها الگوهایی می سازند که فضا را پر می کنند اما فاقد تقارن انتقالی[4]می باشند [۳۲].

بیست وجهی ها[5]، شامل ۲۰ عدد از چهاروجهی هایی است که به طور جزئی نسبت به شکل طبیعی خود اعوجاج دارند و حول یک محور مشترک مرتب شده اند. این ساختار به عنوان یک جسم متراکم، پایدار و با پیکر بندی مشخص امکان تقارن موضعی در بسیاری از فازهای بین کریستالی پیچیده که اغلب در شیشه ها و مایعات سریع سرد شده ایجاد می شوند را، توضیح می دهد [۳۱].

---

[3] - Quasi Crystals (QCs)
[4] - Translational Symmetry
[5] - Icosahedral

شبه کریستال ها هم اکنون بسیار رایج اند. در تئوری، دو نوع شبه کریستال وجود دارد[۳۰]. در کنار شبه کریستال های بیست وجهی، فازهایی که دیگر تقارن های چرخشی غیر متعارف را نمایش می دهند نیز کشف شده اند. آن ها شامل فازهای هشت وجهی (تقارن ۸ گانه)، فازهای ده وجهی و بسیاری از شبه کریستال های یک بعدی می باشند [۳۱]. اگرچه شبه کریستال های اولیه ناپایدار بوده و با حرارت دیدن به فازهای کریستالی پایدارتر دگرگون می شوند، هم اکنون شبه کریستال های تعادلی نیز کشف شده اند که برخی از آن ها شدیدا عاری از نقص می باشند و وجود نظم انتقالی شبه کریستالی بلند دامنه را نشان می دهند [۳۳,۳۴]. تلاش های زیادی برای مشخص کردن یک شبه شبکه[۶] (معادل شبکه براوه برای سیستم های کریستالی) و چیدمان اتمی آن صورت گرفته است. بر این اساس، هم اکنون شبه کریستال ها به فازهای کریستالی پیچیده با اندازه های سلولی بزرگ مرتبط می شوند [۳۱,۳۵].

۲-۲-۱ فاز بیست وجهی

تا سال ۱۹۹۳ لیستی مشتمل بر ۱۰۰ آلیاژ از شبه کریستال ها گزارش شده است. شناخته شده ترین آن ها شبه کریستال با تقارن بیست وجهی می باشد که به سهولت در آلیاژهای i(Al-TM)و همچنین i(Ti-TM)؛ (TM: فلزات واسطه وi: icosahedral phase)؛ تشکیل می شوند. اگرچه گزارش های نیز در سایر سیستم ها ارائه شده است. در موارد محدودی شبه کریستال ها در یک محدوده ی دمایی محدود شده، فازهای تعادلی هستند. به عنوان مثال؛ می توان به آلیاژهای i(Al,Li,Cu) یا i(Al,Fe,Cu) اشاره کرد [۳۱].

شباهت های بی شماری بین فازهای شبه کریستال Ti-TM و Al-TM وجود دارد: الف) در بسیاری از نمونه ها، فاز i به عنوان فاز ناپایدار در یک ترکیب چند فازی ظاهر می شود. ب) اغلب ذوب شده با ظاهری دندریتی و هسته ای شکل هستند و معمولا قطر آن ها بین ۱ تا ۲μm است. پ) فاز i اغلب با یک رابطه ی جهت گیری قوی با فازهای کریستالی پیچیده شکل می گیرد که شباهت آن ها را در نظم اتمی کوتاه برد نشان می دهد. د) عنصر سیلسیوم اغلب نقش مهمی را در تشکیل فاز i بازی می کند. با وجود کمبود دوره یا تناوب های انتقالی شبه کریستال ها تمایل دارند که در یک جهت مرتب شوند [۳۱].

---

[6]- Quasilattice