

دانشگاه تهران



پردیس دانشکده های فنی

دانشکده مهندسی متالورژی و مواد

عنوان:

تاثیر اتمسفر گازی حاوی هیدروژن بر مورفولوژی و ترکیب فازی

نانو ذرات مغناطیسی هگزا فزیت

نگارش:

حمیدرضا کوه دار

استاد راهنما:

دکتر سید علی سید ابراهیمی

استاد مشاور:

دکتر حسین عبدی زاده

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته

مهندسی متالورژی و مواد

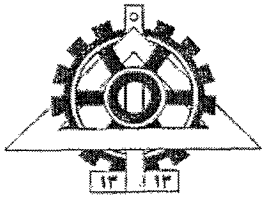
گرایش شناسایی، انتخاب و روش ساخت مواد مهندسی

زمستان ۱۳۸۶

۱۳۸۷ / ۳ / ۲۸

۹۳۴۸۰

تأیید شده است
توسط هیئت مدیره
تاریخ: ۱۳۸۷/۳/۲۸



تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب حمیدرضا کوه دار تایید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشکده فنی دانشگاه تهران می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: حمیدرضا کوه دار

امضاء دانشجو:

تقدیم به پدر پر تلاش و مادر مهربانم

چکیده

در این تحقیق پودر نانو کریستالی هگزا فريت استرانسیم از طریق عملیات حرارتی تحت اتمسفر دینامیک هیدروژن و کلسیناسیون مجدد پودر تهیه شده به روش مرسوم به دست آمد. ابتدا پودر هگزا فريت استرانسیم از طریق روش مرسوم با کلسیناسیون کربنات استرانسیم و هماتیت در دمای 1100°C به مدت یک ساعت تهیه شد. سپس این پودر در اتمسفر دینامیک هیدروژن در دماها و دبی های گاز مختلف برای زمان های متفاوت حرارت داده شد و نمونه پودری هیدروژن دهی شده در دمای 850°C و دبی گاز 60 cc/min به مدت یک ساعت به عنوان نمونه بهینه انتخاب گردید. در اثر هیدروژن دهی یک تغییر در خواص مغناطیسی ماده از سخت به نرم به وسیله تجزیه هگزا فريت و احیای اکسید آهن به آهن فلزی با دانه های بسیار ریز ایجاد شد. در مرحله بعد پودر بهینه هیدروژن دهی شده در دماهای مختلف به مدت یک ساعت کلسینه شد و نهایتاً پودر نانو کریستالی هگزا فريت استرانسیم تک فاز بعد از کلسیناسیون در دمای 1000°C بدست آمد. در این کار، تاثیرات این فرایند بر روی فازهای ایجاد شده، مورفولوژی و اندازه ذرات و خواص مغناطیسی به وسیله آنالیز پراش پرتو ایکس، میکروسکپ های الکترونی روبشی و عبوری و دستگاه مغناطش سنج نمونه ارتعاشی (VSM) مورد بررسی قرار گرفت. اندازه متوسط کریستالهای هگزا فريت بعد از عملیات گاز دهی و کلسیناسیون مجدد حدود 40 nm اندازه گیری شد. همچنین نتایج بدست آمده یک افزایش قابل توجه در میزان میدان پسماندزدای مغناطیسی به وسیله اعمال این فرایند بر روی پودر هگزا فريت را نشان داد.

تقدیر و تشکر:

اکنون که به یاری پروردگار بخش دیگری از راه بلند و بی پایان کسب علم سپری شده است و گام دیگری از زندگی را پشت سر گذاشته ام برخورد لازم می دانم از همه کسانی که مرا در این مسیر یاری کرده اند، تشکر و قدر دانی کنم.

در ابتدا از استاد بزرگووارم جناب آقای دکتر سید علی سید ابراهیمی به خاطر صبر و شکیبایی شان در طول انجام این تحقیق تشکر می کنم.

به علاوه از جناب آقای دکتر حسین عبدی زاده که مشاوره این تحقیق بر عهده ایشان بود و آقایان دکتر پیروز مرعشی و دکتر شهرام رایگان که زحمت بازخوانی این پایان نامه را تقبل نمودند سپاسگزاری می کنم.

همچنین از همکارانم در آزمایشگاه مواد مغناطیسی که با تلاش های خود در مدت انجام این تحقیق موجبات به نتیجه رسیدن این تحقیق را فراهم کردند خصوصا آقایان مهندس یوردخانی و مهندس دهقان سپاسگزاری می نمایم.

در ضمن از مساعدت ها و همکاری های مرکز پژوهش شرکت ملی گاز ایران که با حمایت های مالی و معنوی خود امکان این تحقیق را فراهم کردند نهایت تشکر و قدردانی را دارم.

توخوشنود باشی و ما رستگار

خدایا چنان کن سرانجام کار

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۴	فصل اول: مروری بر مفاهیم بنیادی مغناطیس
۵	۱-۱- پارامترهای مغناطیسی
۷	۱-۲- انواع مواد مغناطیسی
۹	۱-۳- حوزه های مغناطیسی
۹	۱-۴- دیواره حوزه مغناطیسی
۱۰	۱-۵- ذرات تک حوزه
۱۱	۱-۶- حلقه پسماند
۱۱	۱-۷- نیروی پسماند زدای مغناطیسی
۱۲	۱-۸- مواد مغناطیسی سخت و نرم
۱۳	فصل دوم: مروری بر منابع
۱۴	۲-۱- سرامیک های مغناطیسی (فریت ها)
۱۴	۲-۱-۱- فریت های مکعبی
۱۴	۲-۱-۲- فریت های هگزاگونال
۱۵	۲-۲- روش های فراوری هگزا فریت ها
۱۵	۲-۲-۱- روش مرسوم
۱۷	۲-۲-۲- روش های غیر مرسوم
۲۴	۲-۳- اثر عملیات حرارتی گازی و کلسیناسیون بعدی بر ترکیب فازی، ریز ساختار و خواص مغناطیسی هگزا فریت استرانسیم
۲۴	۲-۳-۱- اثر عملیات حرارتی هیدروژن و کلسیناسیون بر ترکیب فازی هگزا فریت استرانسیم
۲۶	۲-۳-۲- اثر عملیات حرارتی نیتروژن و کلسیناسیون بعدی بر ترکیب فازی هگزا فریت استرانسیم
۲۷	۲-۳-۳- اثر عملیات حرارتی هیدروژن و کلسیناسیون بر میکروساختار هگزا فریت استرانسیم
۲۹	۲-۳-۴- اثر عملیات حرارتی نیتروژن و کلسیناسیون بر ریز ساختار هگزا فریت ها
۳۰	۲-۳-۵- اثر عملیات حرارتی گازی هیدروژن و کلسیناسیون بعدی بر خواص مغناطیسی
۳۲	۲-۳-۶- اثر عملیات حرارتی گازی نیتروژن دهی و کلسیناسیون بر خواص مغناطیسی
۳۳	۲-۳-۷- مقایسه خواص مغناطیسی پودر هیدروژن دهی و نیتروژن دهی شده
۳۵	فصل سوم: روش انجام آزمایش و تجهیزات مورد استفاده
۳۶	۳-۱- مواد اولیه
۳۶	۳-۲- تهیه پودر هگزا فریت استرانسیم به روش مرسوم
۳۷	۳-۳- روش انجام آزمایش های عملیات حرارتی گازی تحت اتمسفر هیدروژن و کلسیناسیون
۳۸	۳-۴- تجهیزات مورد استفاده

۳۸	۱-۴-۳- پراش پرتو ایکس (XRD)
۴۰	۲-۴-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)
۴۰	۳-۴-۳- میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)
۴۰	۴-۴-۳- اندازه گیری مغناطیسی به روش نمونه ارتعاش کننده (VSM)
۴۱	فصل چهارم: بحث و نتایج
۴۲	۱-۴- تولید هگزاریت استرانسیم به روش مرسوم
۴۳	۲-۴- اثر عملیات حرارتی گازی در اتمسفر هیدروژن بر ترکیب فازی هگزاریت استرانسیم
۵۴	۳-۴- اثر کلسیناسیون بر ترکیب فازی نمونه هیدروژن دهی شده بهینه
۵۷	۴-۴- اثر عملیات حرارتی گازی و کلسیناسیون بر مورفولوژی ذرات هگزاریت استرانسیم
۵۷	۱-۴-۴- اثر عملیات حرارتی گازی بر مورفولوژی ذرات هگزاریت استرانسیم
۶۶	۲-۴-۴- اثر کلسیناسیون بر مورفولوژی پودر حاصل از عملیات حرارتی گازی
۷۲	۵-۴- اثر عملیات حرارتی گازی و کلسیناسیون بر اندازه ذرات و کریستالیت های نمونه پودری
۷۲	۱-۵-۴- اثر عملیات حرارتی گازی بر اندازه ذرات و کریستالیت ها
۷۳	۲-۵-۴- اثر کلسیناسیون بر اندازه ذرات و کریستالیت ها
۷۵	۶-۴- مقایسه خواص مغناطیسی پودر هگزاریت اولیه و پودر هگزاریت بعد از عملیات گازی و کلسیناسیون
۷۸	فصل پنجم: نتیجه گیری
۸۱	مراجع

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۱۵	جدول ۱-۲- مقایسه خواص فیزیکی هگزامتیت ها
۳۶	جدول ۱-۳- مشخصات فیزیکی و شیمیایی مواد مورد استفاده
۳۹	جدول ۲-۳- حروف اختصاری استفاده شده برای فازها
۵۳	جدول ۱-۴- بهینه سازی پارامترهای عملیات هیدروژن دهی
۷۲	جدول ۲-۴- اندازه کریستالیت های پودر بعد از عملیات حرارتی در اتمسفر هیدروژن در شرایط مختلف
۷۳	جدول ۳-۴- اندازه کریستالیت های پودر عملیات حرارتی شده در شرایط بهینه و سپس کلسینه شده در دماهای ۹۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۱۰۰°C به مدت ۱ ساعت
۷۵	جدول ۴-۴- خواص مغناطیسی نمونه پودری هگزامتیت استرانسیم اولیه تهیه شده به روش مرسوم
۷۶	جدول ۵-۴- خواص مغناطیسی نمونه پودری هگزامتیت استرانسیم هیدروژن دهی و سپس کلسینه شده بهینه

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۸	شکل ۱-۱- تقسیم بندی مواد مغناطیسی با توجه به گشتاورهای مغناطیسی اتمی
۹	شکل ۱-۲- چرخش ۱۸۰ درجه ای گشتاورهای مغناطیسی در دیواره حوزه مغناطیسی
۱۰	شکل ۱-۳- حرکت دیواره حوزه در اثر میدان اعمال شده
۱۱	شکل ۱-۴- حلقه هیستریزیس یک ماده مغناطیسی
۱۴	شکل ۱-۲- دیاگرام فازی $BaO-Fe_2O_3$ در هوا ($P_{O_2}=0.2atm$)
۱۶	شکل ۲-۲- مراحل فرایند تولید هگزافریت ها به روش مرسوم
۲۵	شکل ۲-۳- الگوهای پراش اشعه ایکس نمونه های هیدروژن دهی شده در فشار ۱ بار به مدت ۱ ساعت در دمای الف) $700^{\circ}C$ ب) $900^{\circ}C$ $(Fe, + = SrO, 7SrO.5Fe_2O_3, *)$, $([] = FeO)$
۲۵	شکل ۲-۴- الگوی پراش اشعه ایکس (a) پودر اولیه تهیه شده به روش مرسوم (b) پودر اولیه بعد از هیدروژن دهی در $700^{\circ}C$ درجه سانتیگراد در فشار $1/3$ بار به مدت ۱ ساعت (c) پودر کلسینه شده در دمای $1000^{\circ}C$ درجه سانتیگراد در هوا به مدت ۱ ساعت بعد از هیدروژن دهی $([] = FeO, \nabla = Sr_7Fe_{10}O_{22}, \uparrow = Fe)$
۲۶	شکل ۲-۵- الگوهای پراش اشعه ایکس نمونه های نیتروژن دهی شده الف) در دمای $950^{\circ}C$ به مدت ۵ ساعت در فشار اولیه ۱ بار ب) بعد از کلسیناسیون در دمای $1000^{\circ}C$ در هوا به مدت ۱ ساعت $(\Delta = Fe_3O_4, + = Fe)$
۲۷	شکل ۲-۶- میکروساختار پودر اولیه که دانه های شش وجهی را نشان می دهد
۲۸	شکل ۲-۷- ریز ساختار پودر هگزافریت استرانسیم بعد از هیدروژن دهی در دمای $700^{\circ}C$ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت در فشار $1/3$ بار
۲۸	شکل ۲-۸- ریزساختار پودر حاصل از کلسیناسیون بعد از هیدروژن دهی
۲۹	شکل ۲-۹- ریزساختار پودر هگزافریت استرانسیم بعد از نیتروژن دهی در دمای $950^{\circ}C$ به مدت ۵ ساعت تحت فشار اولیه ۱ بار
۲۹	شکل ۲-۱۰- ریزساختار پودر اولیه هگزافریت استرانسیم
۳۰	شکل ۲-۱۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی با قدرت تفکیک بالا از پودر هگزافریت استرانسیم بعد از نیتروژن دهی در دمای $950^{\circ}C$ به مدت ۵ ساعت تحت فشار اولیه ۱ بار و کلسینه شده در دمای $1100^{\circ}C$ درجه سانتیگراد
۳۰	شکل ۲-۱۲- مقایسه منحنی های مغناطش بین پودر اولیه، پودر هیدروژن دهی شده و کلسینه شده
۳۱	شکل ۲-۱۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی با قدرت تفکیک بالا بعد از هیدروژن دهی در $700^{\circ}C$ به مدت ۱ ساعت، تحت فشار اولیه $1/3$ bar

- شکل ۲-۱۴- تصویر میکروسکوپ الکترونی با قدرت تفکیک بالا بعد از هیدروژن دهی در 700°C به مدت ۱ ساعت، تحت فشار اولیه $1/3 \text{ bar}$ و سپس کلسینه شده در هوا در دمای 1000°C به مدت ۱ ساعت
- شکل ۲-۱۵- منحنی مغناطش پودر اولیه بعد از نیتروژن دهی تحت فشار ۱ بار، در دمای 950°C به مدت ۵ ساعت که کاهش قابل ملاحظه ای در وادارندگی مغناطیسی مشاهده می شود
- شکل ۲-۱۶- منحنی مغناطش نمونه بهینه هیدروژن دهی شده
- شکل ۲-۱۷- منحنی مغناطش نمونه بهینه نیتروژن دهی شده
- شکل ۳-۱- نمایی از کوره مورد استفاده برای انجام عملیات حرارتی گازی تحت اتمسفر هیدروژن
- شکل ۳-۲- نمایی از کوره مورد استفاده برای انجام عملیات حرارتی گازی تحت اتمسفر هیدروژن همراه با تجهیزات کنترل جریان گاز
- شکل ۴-۱- الگوی پراش پرتو ایکس پودر هگزافریت استرانسیم تهیه شده به روش مرسوم (هگزافریت استرانسیم = SH)
- شکل ۴-۲- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه پودری هگزافریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 350°C و دبی گاز 30 cc/min به مدت یک ساعت (آهن = F ، هگزافریت استرانسیم = SH ، مگنتیت = M و $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)
- شکل ۴-۳- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه پودری هگزافریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 450°C و دبی گاز 30 CC/min به مدت یک ساعت (آهن = F ، هگزافریت استرانسیم = SH ، مگنتیت = M و $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)
- شکل ۴-۴- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه پودری هگزافریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 550°C و دبی گاز 30 CC/min به مدت یک ساعت (آهن = F ، مگنتیت = M و $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)
- شکل ۴-۵- نمودار پایداری ترمودینامیکی آهن و اکسیدهای آن در احیا توسط هیدروژن
- شکل ۴-۶- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه پودری هگزافریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 650°C و دبی گاز 30 cc/min به مدت یک ساعت (آهن = F ، ووستیت = W و $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)
- شکل ۴-۷- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه پودری هگزافریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 750°C و دبی گاز 30 cc/min به مدت یک ساعت (آهن = F ، ووستیت = F و $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)
- شکل ۴-۸- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه پودری هگزافریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 850°C و دبی گاز 30 cc/min به مدت یک ساعت (آهن = F ، ووستیت = W و $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)

- شکل ۴-۹- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه پودری هگزا فیریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 850°C و دبی گاز 50 cc/min به مدت یک ساعت (آهن = F، ووستیت = W و $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)
- شکل ۴-۱۰- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه پودری هگزا فیریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 850°C و دبی گاز 60 cc/min به مدت یک ساعت (آهن = F و $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)
- شکل ۴-۱۱- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه پودری هگزا فیریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 750°C و دبی گاز 60 cc/min به مدت یک ساعت (آهن = F، ووستیت = W و $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)
- شکل ۴-۱۲- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه پودری هگزا فیریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 850°C و دبی گاز 60 cc/min به مدت نیم ساعت (آهن = F، ووستیت = W و $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)
- شکل ۴-۱۳- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه کلسینه شده در دمای 900°C به مدت یک ساعت (هگزا فیریت استرانسیم = SH، هماتیت = H، $S = \text{Sr}_7\text{Fe}_{10}\text{O}_{22}$)
- شکل ۴-۱۴- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه کلسینه شده در دمای 1000°C به مدت یک ساعت (هگزا فیریت استرانسیم = SH)
- شکل ۴-۱۵- الگوی پراش پرتو ایکس نمونه کلسینه شده در دمای 1100°C به مدت یک ساعت (هگزا فیریت استرانسیم = SH)
- شکل ۴-۱۶- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه پودری هگزا فیریت استرانسیم تهیه شده به روش مرسوم
- شکل ۴-۱۷- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه پودری هگزا فیریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 850°C درجه سانتیگراد و دبی 30 cc/min به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۱۸- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه پودری هگزا فیریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 850°C درجه سانتیگراد و دبی 30 cc/min به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۱۹- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه پودری هگزا فیریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 850°C درجه سانتیگراد و دبی 30 cc/min به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۲۰- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه پودری هگزا فیریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای 850°C درجه سانتیگراد و دبی 30 cc/min به مدت یک ساعت

- شکل ۴-۲۱- آنالیز EDS نمونه پودری هگزا فریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای ۸۵۰ درجه سانتیگراد و دبی ۳۰ cc/min به مدت یک ساعت مربوط به موضع \otimes در شکل ۴-۲۰
- شکل ۴-۲۲- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه پودری هگزا فریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای ۸۵۰ درجه سانتیگراد و دبی ۳۰ cc/min به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۲۳- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه پودری هگزا فریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای ۸۵۰ درجه سانتیگراد و دبی ۳۰ cc/min به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۲۴- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه پودری هگزا فریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد و دبی ۳۰ cc/min به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۲۵- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه پودری هگزا فریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد و دبی ۳۰ cc/min به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۲۶- آنالیز EDS نمونه پودری هگزا فریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد و دبی ۳۰ cc/min به مدت یک ساعت مربوط به موضع $\textcircled{1}$ در شکل ۴-۲۴
- شکل ۴-۲۷- آنالیز EDS نمونه پودری هگزا فریت استرانسیم احیا شده توسط هیدروژن در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد و دبی ۳۰ cc/min به مدت یک ساعت مربوط به موضع $\textcircled{2}$ در شکل ۴-۲۴
- شکل ۴-۲۸- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۲۹- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۳۰- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۳۱- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۳۲- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۳۳- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت

- شکل ۴-۳۴- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۳۵- آنالیز EDS نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت مربوط به موضع X در شکل ۴-۳۴
- شکل ۴-۳۶- تصویر میکروسکپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۳۷- تصویر میکروسکپ الکترونی عبوری (TEM) نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۳۸- تصویر میکروسکپ الکترونی عبوری (TEM) نمونه بهینه تهیه شده توسط هیدروژن و سپس کلسینه شده در دمای ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به مدت یک ساعت
- شکل ۴-۳۹- حلقه هیستریزس نمونه پودری هگزا فريت استرانسیم اولیه تهیه شده به روش مرسوم
- شکل ۴-۴۰- حلقه هیستریزس نمونه پودری هگزا فريت استرانسیم تولید شده پس از هیدروژن دهی و کلسیناسیون بهینه

مقدمه

هگزافریت استرانسیم با فرمول شیمیایی $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ و ساختار کریستالی هگزاگونال جزء اکسید های فری مغناطیس بوده و به دلیل داشتن خواص مناسب مانند درجه حرارت کوری بالا، میدان پسماند زدای مغناطیسی بزرگ، مقاومت به خوردگی مناسب و هزینه کم تولید به عنوان یک ماده مغناطیسی دائم در کاربردهای میکروویو و محیطهای ذخیره اطلاعات مورد استفاده قرار می گیرد. قدیمی ترین روش جهت تهیه هگزافریت استرانسیم روش مرسوم بوده که شامل واکنش در حالت جامد بین هماتیت (Fe_2O_3) و کربنات استرانسیم (SrCO_3) در دمای بالاتر از 1100°C و سپس خرد کردن و آسیا کردن برای تهیه پودری با اندازه ذره مناسب می باشد. این روش ساده و ارزان بوده ولی در عین حال دارای محدودیتهایی از جمله بزرگ بودن اندازه ذرات پودر، آلودگی پودر و دمای بالای فرایند است. جهت غلبه بر محدودیتهای موجود در روش مرسوم از روش های دیگری تحت عنوان روش های غیر مرسوم جهت تهیه نانو ذرات هگزافریت استرانسیم استفاده می شود که از آن جمله می توان به روش های آلیاژسازی مکانیکی، هیدروترمال، هم رسوبی، سل-ژل و سل-ژل خود احتراقی اشاره کرد. عملیات حرارتی تحت اتمسفر استاتیک هیدروژن و سپس کلسیناسیون پودر تهیه شده به روش مرسوم روش دیگری جهت تهیه نانوذرات هگزافریت استرانسیم است که در دهه گذشته بدان پرداخته شده است. با این روش می توان بعد از عملیات حرارتی گازی و کلسیناسیون مجدد پودر اولیه، میدان پسماند زدای مغناطیسی بزرگتری در مقایسه با پودر تهیه شده به روش مرسوم (پودر اولیه) بدست آورد.

در تحقیق حاضر تاثیر عملیات حرارتی تحت اتمسفر دینامیک هیدروژن و کلسیناسیون مجدد بر روی پودر هگزافریت استرانسیم تهیه شده به روش مرسوم بررسی شده است.

پژوهش حاضر مشتمل بر پنج فصل است که در فصل اول به مروری بر مفاهیم بنیادی مغناطیس اشاره دارد. در فصل دوم به مروری بر منابع موجود در این زمینه و تحقیقات صورت گرفته در گذشته پرداخته شده است. فصل بعدی در مورد روش انجام آزمایش و تجهیزات مورد استفاده است. در فصل چهارم به

نتایج حاصل از عملیات حرارتی تحت اتمسفر دینامیک هیدروژن و کلسیناسیون مجدد پودر اولیه و تحلیل آنها پرداخته شده است. در نهایت نتایج نهایی حاصل از این پژوهش به صورت طبقه بندی شده در فصل پنجم ارائه شده اند.

فصل اول

مروری بر مفاهیم بنیادی مغناطیس

۱- مروری بر مفاهیم بنیادی مغناطیس

۱-۱ پارامترهای مغناطیسی

الف) میدان مغناطیسی

یکی از اساسی ترین مفاهیم در مغناطیس، میدان مغناطیسی (H) می باشد. اثراتی که یک آهنربا در فضای اطراف خود ایجاد می کند را میدان مغناطیسی گویند. میدان مغناطیسی میدان نیرویی شبیه به میدان های الکتریکی و جاذبه است. این میدان به وسیله حرکت بار الکتریکی و یا توسط یک آهنربا ایجاد می شود.

در مورد آهنربا های دائمی هیچ جریان الکتریکی وجود ندارد اما حرکت های اسپینی و اوربیتالی الکترون ها در داخل آهنربا منجر به ایجاد میدان مغناطیسی در اطراف آن می شود. در دو انتهای هر آهنربا، حوزه پتانسیل مغناطیسی وجود دارد که قطب های مغناطیسی نامیده می شود. بر خلاف میدان های الکتریکی و جاذبه، آهنربای تک قطبی وجود ندارد و آهنرباها همیشه به صورت دوقطبی هستند. یک جریان یک آمپری که از یک سیم به طول یک متر عبور می کند، میدان مماسی $\pi/4$ آمپر بر متر در فاصله شعاعی یک متر از سیم ایجاد می نماید. واحد میدان مغناطیسی در سیستم SI، آمپر بر متر (A/m) و در سیستم cgs ارستد (Oe) است [۱].

ب) القای مغناطیسی

نتیجه اعمال میدان مغناطیسی با شدت H ، القای مغناطیسی B است. در سیستم mks واحد B ، تسلا نامیده می شود. در مورد برخی مواد B تابعی خطی از H است و رابطه ۱-۱ در خلاء بین این دو پارامتر برقرار است:

$$B = \mu \cdot H \quad (1-1)$$

که μ نفوذ پذیری مغناطیسی در خلاء است. در اغلب موارد به ویژه در مواد فرومغناطیس و فری مغناطیس، B تابعی خطی از H نیست و رابطه ۱-۲ بین این دو برقرار است:

$$B = \mu H \quad (2-1)$$

μ قابلیت نفوذپذیری مغناطیسی ماده است و لزوماً ثابت نیست [۱].

پ) مغناطش

مغناطش طبق تعریف، گشتاور مغناطیسی بر واحد حجم بوده و توسط رابطه ۱-۳ بیان می گردد:

$$M = m / V \quad (3-1)$$

m گشتاور مغناطیسی و V حجم ماده است.

رابطه بین سه پارامتر اساسی مغناطیس (M, H, B) در سیستم mks توسط رابطه عمومی زیر بیان می شود.

$$B = \mu \cdot (H + M) \quad (4-1)$$

واحد H و M بر حسب آمپر بر متر و B بر حسب تسلا است [۱].

ت) نفوذ پذیری و پذیرفتاری مغناطیسی

نفوذ پذیری (μ) و پذیرفتاری مغناطیسی (χ)، دو پارامتر مهم مورد استفاده در مطالعه مواد مغناطیسی می باشند که این پارامترها توسط روابط ۱-۵ و ۱-۶ بیان می گردند [۱].

$$\mu = B/H \quad (5-1)$$

$$\chi = M/H \quad (6-1)$$