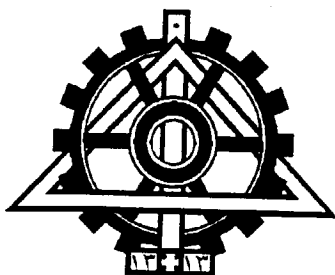


۳۰۵۲۲



دانشگاه تهران



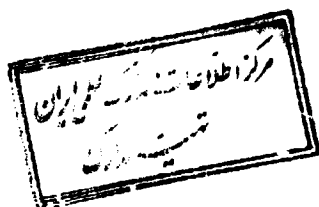
بررسی تأثیر عوامل مهم بر ریزساختار و خواص

آهنرباهای سرامیکی ناهمسانگرد

۱۳۷۹ / ۷ / ۱۰

توسط:

علی نجفی



اساتید راهنما:

دکتر ابوالقاسم عطائی

دکتر سعید حشمتی منش

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در

8161

رشته مهندسی مواد و متالورژی

گرایش:

شناسایی و انتخاب مواد

دانشکده فنی

تابستان سال ۱۳۷۹

۳۰۵۲۲

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته: مهندسی مواد و متالورژی

گرایش: شناسائی و انتخاب مواد

موضوع:

بررسی تأثیر عوامل مهم بر ریزساختار و خواص

آهنرباهای سرامیکی ناهمسانگرد

توسط:

علی نجفی

از این پایان نامه در تاریخ ۷۹/۵/۲۳ در مقابل هیئت داوران دفاع گردید و مورد تصویب قرار گرفت.

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده فنی: دکتر بنی هاشمی

مدیر گروه آموزشی: دکتر ایوب حلوائی

سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی گروه: دکتر حمیدرضا قاسمی منفرد

اساتید راهنما: دکتر ابوالقاسم عطائی

دکتر سعید حشمتی منش

استاد مشاور: دکتر علی محمد هادیان

استاد مدعو: دکتر سیدعلی سیدابراهیمی



تقدیم به

پدر و مادر بزرگوارم

بررسی تأثیر عوامل مهم بر ریزساختار و خواص آهنرباهای سرامیکی ناهمسانگرد

نام و نام خانوادگی: علی نجفی

رشته: شناسائی و انتخاب مواد

گروه: مهندسی مواد و متالورژی

اساتید راهنما: دکتر ابوالقاسم عطائی

دکتر سعید حشمتی منش

تاریخ دفاع: ۷۹/۵/۲۳

چکیده

در این تحقیق پودر مغناطیسی هگزا فریت باریم ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$) به روش مرسوم از مواد اولیه داخلی تهیه و سپس تحت شرایط مختلف آسیاگردید. نتایج حاصل از خردایش نشان می‌دهد که نرخ کاهش اندازه ذرات در آسیای گلوله‌ای خشک (Ball Mill) بیشتر از آسیای افقی تر (Wet Jar Mill) می‌باشد ولی امکان ورود ناخالصی در آسیای گلوله‌ای خشک بیشتر است. نتایج مطالعات انجام شده بر روی نمونه‌های تف‌جوشی شده حاکی از آنست که چگالی نهائی و ریزساختار نمونه‌ها تابعی از فشار پرس و غلظت دوغاب می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که مقدار بهینه آب در دوغاب حدود ۴۰ درصد وزنی و فشار بهینه پرس حدود ۲۰۰ MPa می‌باشد. براساس نتایج حاصل از بررسی تأثیر مواد افزودنی، افزایش SiO_2 باعث افزایش چگالی نهائی می‌شود در حالیکه افزایش Al_2O_3 چگالی را به مقدار جزئی کاهش می‌دهد. همچنین، SiO_2 بعنوان ماده افزودنی در کنترل رشد دانه‌ها مؤثرتر از Al_2O_3 می‌باشد. بررسی تأثیر دما و زمان تف‌جوشی بر چگالی و ریزساختار نمونه‌ها نشان می‌دهد که در دمای 1150°C با افزایش زمان تف‌جوشی، رشد دانه‌ها چشمگیر نیست در حالیکه چگالی نهائی بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. ولی تف‌جوشی در دمای 1200°C بمدت بیش از یک ساعت، ضمن افزایش چگالی، باعث رشد شدید دانه‌ها نیز می‌شود. تف‌جوشی در دماهای بالاتر از 1200°C حتی در یکساعت نیز رشد چشمگیر دانه‌ها را در پی دارد.

تشکر و قدردانی

در ابتدای این گزارش لازم می‌دانم از زحمات بیدریغ اساتید عزیز جناب آقای دکتر ابوالقاسم عطایی و جناب آقای دکتر سعید حشمتی منش که در انجام این پژوهش همواره از راهنمایی‌های ارزشمند ایشان بهره‌مند شده‌ام سپاسگزاری نمایم. همچنین از استاد گرانقدر جناب آقای دکتر علی محمد هادیان که مسئولیت مشاوره این پروژه را بر عهده داشتند قدردانی می‌نمایم. از اساتید گرامی آقایان دکتر سید علی سید ابراهیمی و دکتر حمیدرضا قاسمی منفرد که زحمت بازخوانی پروژه را متقبل شده‌اند، کمال تشکر را دارم و نیز از آقایان مهندس ثابت مرزوقی و مهندس بختیاری و تمام عزیزانی که در انجام این پژوهش صمیمانه یاریم نمودند سپاسگزارم.

همچنین از مسئولین محترم دانشکده مواد و متالورژی دانشگاه بیرمنگام انگلستان بخاطر مساعدتهایی که در انجام آزمایشهای اندازه‌گیری خواص مغناطیسی داشتند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول : مقدمه.....
۴	فصل دوم : مروری بر منابع.....
۴	۱-۲) مروری بر خواص مغناطیسی مواد.....
۴	۱-۱-۲) پارامترهای مغناطیسی.....
۷	۲-۱-۲) واحدهای مغناطیسی.....
۷	۳-۱-۲) حلقه پسماند مواد مغناطیسی.....
۷	۴-۱-۲) ناهمسانگردی مغناطیسی.....
۹	۱-۴-۱-۲) ناهمسانگردی کریستالی.....
۱۰	۲-۴-۱-۲) ناهمسانگردی شکلی.....
۱۰	۳-۴-۱-۲) ناهمسانگردی تنشی.....
۱۱	۵-۱-۲) حوزه‌های مغناطیسی.....
۱۲	۱-۵-۱-۲) دیواره حوزه‌ها.....
۱۲	۲-۵-۱-۲) ضخامت دیواره حوزه‌ها.....
۱۲	۳-۵-۱-۲) حرکت دیواره حوزه‌ها.....
۱۳	۴-۵-۱-۲) ذرات تک حوزه.....
۱۴	۶-۱-۲) مکانیزمهای نیروی وادارندگی مغناطیسی.....
۱۵	۷-۱-۲) تقسیم‌بندی مواد از لحاظ خاصیت مغناطیسی.....
۱۹	۸-۱-۲) مواد مغناطیسی سخت و نرم.....
۲۲	۲-۲) سرامیکهای مغناطیسی (فریتها).....
۲۴	۱-۲-۲) ساختار کریستالی.....
۲۴	۲-۲-۲) مغناطش اشباع.....

عنوان

صفحه

۲۶	..... ناهمسانگردی کریستالی (۳-۲-۲)
۲۷	..... نیروی وادارندگی مغناطیسی (۴-۲-۲)
۲۸	..... خواص فیزیکی و شیمیائی (۵-۲-۲)
۲۹	..... فرآوری آهنرباهای سرامیکی (۳-۲)
۲۹	..... تهیه پودر هگزافریتها (۱-۳-۲)
۲۹	..... روش مرسوم تهیه پودر هگزافریتها (۱-۱-۳-۲)
۳۰	..... انتخاب مواد اولیه (۱-۱-۱-۳-۲)
۳۱	..... نسبت مولی اجزاء (۲-۱-۱-۳-۲)
۳۱	..... مخلوط سازی پودرها (۳-۱-۱-۳-۲)
۳۱	..... کلسینه کردن (۴-۱-۱-۳-۲)
۳۳	..... آسیا کردن (۵-۱-۱-۳-۲)
۳۶	..... روشهای غیرمرسوم تهیه پودر هگزافریتها (۲-۱-۳-۲)
۳۷	..... روشهای تهیه قطعه مغناطیسی (۲-۳-۲)
۳۷	..... روش مرسوم تهیه قطعه مغناطیسی (۱-۲-۳-۲)
۳۷	..... فشردن پودر (۱-۱-۲-۳-۲)
۴۲	..... تف جوشی (۲-۱-۲-۳-۲)
۴۳	..... تف جوشی در حضور فاز مذاب (۱-۲-۱-۲-۳-۲)
۴۸	..... ترکیب شیمیائی و افزودنیها (۲-۲-۱-۲-۳-۲)
۵۵	..... دمای تف جوشی (۳-۲-۱-۲-۳-۲)
۵۸	..... زمان تف جوشی (۴-۲-۱-۲-۳-۲)
۵۹	..... سرعت گرم و سرد کردن (۵-۲-۱-۲-۳-۲)
۶۱	..... اتمسفر تف جوشی (۶-۲-۱-۲-۳-۲)
۶۱	..... انقباض و چگالی (۷-۲-۱-۲-۳-۲)

۶۱	..... (۲-۲-۳-۲) روشهای غیرمرسوم شکل دهی هگزافریتها
۶۱	..... (۱-۲-۲-۳-۲) روش پرس گرم
۶۲	..... (۲-۲-۲-۳-۲) روش نوردواکستروژن
۶۲	..... (۳-۲-۲-۳-۲) روش تک تف جوشی کردن
۶۲	..... (۴-۲-۲-۳-۲) روش تف جوشی با استفاده از امواج مایکروویو
۶۲	..... (۳-۲-۳-۲) سنگ زنی و آهنربا کردن فریتهای سخت
۶۴	..... فصل سوم: روش تحقیق و تجهیزات مورد استفاده
۶۵	..... (۱-۳) تهیه پودر هگزافریتها
۶۶	..... (۲-۳) آسیا کردن
۶۸	..... (۳-۳) تهیه دوغاب فریتی
۶۹	..... (۴-۳) پرس کردن تحت میدان مغناطیسی
۷۴	..... (۵-۳) تف جوشی
۷۶	..... (۶-۳) آماده سازی نمونه ها و متالوگرافی
۷۶	..... (۷-۳) دیفراکتومتر اشعه ایکس
۷۷	..... (۸-۳) اندازه گیری خواص مغناطیسی
۷۸	..... فصل چهارم: نتایج و بحث
۷۸	..... (۱-۴) تهیه پودر هگزافریت باریم
۸۷	..... (۲-۴) تأثیر فشار پرس بر چگالی هگزافریت باریم
۸۹	..... (۳-۴) تأثیر غلظت دوغاب بر چگالی و درجه همراستائی
۹۴	..... (۴-۴) تأثیر مواد افزودنی بر ریزساختار و چگالی نمونه ها
۹۴	..... (۱-۴-۴) بررسی تأثیر SiO_2
۱۰۰	..... (۲-۴-۴) بررسی تأثیر Al_2O_3
۱۰۳	..... (۳-۴-۴) بررسی تأثیر ترکیب مواد افزودنی

صفحه	عنوان
۱۰۶	۴-۴-۴) مقایسه نمونه‌های حاوی مواد افزودنی مختلف
۱۰۹	۴-۵) تأثیر دما و زمان تف جوشی
۱۰۹	۴-۵-۱) بررسی تأثیر دمای تف جوشی
۱۲۳	۴-۵-۲) بررسی تأثیر زمان تف جوشی
۱۴۳	۴-۶) درجه همراستائی نمونه‌های تف جوشی شده
۱۴۵	فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات
۱۴۸	منابع
۱۵۳	ضمائم

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۸	جدول (۱-۲) ارتباط بین واحدهای mks و cgs
۱۸	جدول (۲-۲) تقسیم بندی مواد براساس خواص مغناطیسی
۶۶	جدول (۱-۳) ترکیب شیمیائی اکسید آهن مورد استفاده در این تحقیق
۸۱	جدول (۱-۴) تأثیر نوع آسیا و زمان آسیا کردن بر متوسط اندازه ذرات هگزافریت باریم
۸۸	جدول (۲-۴) چگالی نهائی نمونه‌های هگزافریت باریم که تحت فشارهای مختلف پرس و سپس در دمای 1200°C و اتمسفر هوا به مدت نیم ساعت تف جوشی شده‌اند
۲۰۰	جدول (۳-۴) درصد وزنی آب و چگالی نهائی نمونه‌های هگزافریت باریم که تحت فشار 200MPa پرس و در دمای 1200°C و اتمسفر هوا به مدت چهار ساعت تف جوشی شده‌اند
۹۱	جدول (۴-۴) چگالی نهائی و متوسط اندازه ذرات نمونه‌های هگزافریت باریم حاوی مقادیر مختلف SiO_2 که در دمای 1150°C و اتمسفر هوا به مدت دو ساعت تف جوشی شده‌اند
۹۵	جدول (۵-۴) چگالی نهائی و متوسط اندازه ذرات نمونه‌های هگزافریت باریم حاوی مقادیر مختلف Al_2O_3 که در دمای 1150°C و اتمسفر هوا به مدت دو ساعت تف جوشی شده‌اند
۱۰۰	جدول (۶-۴) چگالی و متوسط اندازه دانه‌های نمونه‌های هگزافریت باریم ناهمسانگرد حاوی ترکیب مواد افزودنی SiO_2 و Al_2O_3 که در دمای 1150°C به مدت دو ساعت تف جوشی شده‌اند
۱۰۳	جدول (۷-۴) چگالی نهائی نمونه‌های هگزافریت باریم ناهمسانگرد حاوی مواد افزودنی SiO_2 ، Al_2O_3 و ترکیب آنها که در دماهای مختلف به مدت یک ساعت تف جوشی شده‌اند
۱۱۰	جدول (۸-۴) چگالی نهائی نمونه‌های هگزافریت باریم ناهمسانگرد حاوی مواد افزودنی SiO_2 ، Al_2O_3 و ترکیب آنها که در دماهای مختلف به مدت دو ساعت تف جوشی شده‌اند
۱۱۰	جدول (۹-۴) چگالی نهائی نمونه‌های هگزافریت باریم ناهمسانگرد حاوی مواد افزودنی SiO_2 ، Al_2O_3 و ترکیب آنها که در دماهای مختلف به مدت سه ساعت تف جوشی شده‌اند
۱۱۰	جدول (۱۰-۴) خواص مغناطیسی نمونه‌های هگزافریت باریم حاوی یک درصد وزنی SiO_2 که به مدت یک ساعت در دماهای مختلف تف جوشی شده‌اند
۱۲۱	جدول (۱۱-۴) خواص مغناطیسی نمونه‌های هگزافریت باریم حاوی یک درصد وزنی SiO_2 که به مدت یک ساعت در دماهای مختلف تف جوشی شده‌اند

جدول (۴-۱۱) چگالی نهائی نمونه‌های حاوی مواد افزودنی مختلف که در دماها و زمانهای مختلف تف جوشی شده‌اند	۱۲۴
جدول (۴-۱۲) متوسط اندازه ذرات نمونه‌های هگزا فريت باریم ناهمسانگرد حاوی مواد افزودنی مختلف که در دمای 1150°C و زمانهای مختلف تف جوشی شده‌اند	۱۳۲
جدول (۴-۱۳) خواص مغناطیسی نمونه‌های هگزا فريت باریم ناهمسانگرد حاوی مواد افزودنی مختلف که در دمای 1200°C به مدت یک ساعت تف جوشی شده‌اند	۱۳۷
جدول (۴-۱۴) مقادیر نسبت شکل ذرات هگزا فريت باریم حاوی مواد افزودنی مختلف که در دمای 1250°C و 1300°C و زمانهای مختلف تف جوشی شده‌اند	۱۳۹

فهرست شکلها

صفحه	عنوان
۲	شکل (۱-۱) پیشرفت مواد مغناطیسی در قرن بیستم
۹	شکل (۱-۲) حلقه پسماند مواد مغناطیسی
۱۳	شکل (۲-۲) تغییر ساختار حوزه‌ها در اثر اعمال میدان مغناطیسی
۱۴	شکل (۳-۲) ارتباط نیروی وادارندگی مغناطیسی و اندازه ذرات
۱۷	شکل (۴-۲) گشتاورهای مغناطیسی اتمی در چهار نوع از مواد مغناطیسی
۲۰	شکل (۵-۲) مغناطش اشباع و نیروی وادارندگی مغناطیسی انواع مواد مغناطیسی
۲۱	شکل (۶-۲) مقایسه حلقه پسماند مواد مغناطیسی نرم و سخت
۲۳	شکل (۷-۲) مقطع هم دمای دیاگرام سه تایی $BaO-MeO-Fe_2O_3$
۲۳	شکل (۸-۲) دیاگرام فاز دو تایی $BaO-Fe_2O_3$ در اتمسفر هوا
۲۵	شکل (۹-۲) سلول واحد هگزاferit باریم
۲۵	شکل (۱۰-۲) لایه‌های اتمی در ساختار هگزاferit
	شکل (۱۱-۲) مغناطش اشباع تک کریستال هگزاferit سرب بر حسب میدان اعمال شده در زوایای
۲۶	مختلف
۳۴	شکل (۱۲-۲) منحنی توزیع تجمعی اندازه ذرات هگزاferit باریم بر حسب زمان آسیا کردن
	شکل (۱۳-۲) تغییرات نیروی وادارندگی مغناطیسی پودر هگزاferit باریم بر حسب زمان آسیا
۳۵	کردن
۳۹	شکل (۱۴-۲) مراحل پرسکاری خشک تحت میدان مغناطیسی
۳۹	شکل (۱۵-۲) رابطه فشار پرس یکطرفه و چگالی خام نمونه‌های هگزاferit باریم
۴۰	شکل (۱۶-۲) توزیع فشار در پرس تک محوری
۴۰	شکل (۱۷-۲) رابطه بین خواص مغناطیسی و چگالی خام نمونه‌های هگزاferit باریم
۴۱	شکل (۱۸-۲) رابطه بین پسماند مغناطیسی هگزاferit باریم و درصد وزنی جداساز
۴۳	شکل (۱۹-۲) اثر درصد جامد بر پسماند مغناطیسی هگزاferit باریم ناهمسانگرد

- شکل (۲-۲۰) مراحل تف جوشی در حضور فاز مذاب ۴۵
- شکل (۲-۲۱) تأثیر مقدار مذاب بر چگالی در مراحل تف مختلف جوشی در حضور فاز مذاب .. ۴۹
- شکل (۲-۲۲) انقباض هگرافریت باریم به صورت تابعی از نسبت مولی و دمای تف جوشی ۵۰
- شکل (۲-۲۳) تغییرات خواص مغناطیسی هگرافریت استرانسیم بدون ماده افزودنی و نمونه حاوی نیم درصد وزنی SiO_2 ۵۱
- شکل (۲-۲۴) دیاگرام سه تایی SiO_2 - $Fe_2O_3(Fe_3O_4)$ - SrO در اتمسفر هوا ۵۱
- شکل (۲-۲۵) دیاگرام سه تایی SiO_2 - $Fe_2O_3(Fe_3O_4)$ - BaO در اتمسفر هوا ۵۱
- شکل (۲-۲۶) تأثیر دما و مقدار ماده افزودنی SiO_2 بر چگالی نهائی هگرافریت باریم ۵۲
- شکل (۲-۲۷) تغییرات H_c هگرافریت استرانسیم برحسب مقدار SiO_2 در زمانهای مختلف تف جوشی ۵۳
- شکل (۲-۲۸) اثر Ba_2O_3 بر چگالی هگرافریت باریم - استرانسیم ۵۴
- شکل (۲-۲۹) اثر Ba_2O_3 بر خواص مغناطیسی هگرافریت باریم - استرانسیم ۵۴
- شکل (۲-۳۰) انقباض، نرخ انقباض، چگالی ظاهری، درصد تخلخلها و سختی هگرافریت باریم برحسب دمای تف جوشی ۵۶
- شکل (۲-۳۱) تغییرات خواص مغناطیسی هگرافریت باریم با تغییر دمای تف جوشی ۵۶
- شکل (۲-۳۲) تغییرات H_c هگرافریت باریم با دما و زمان تف جوشی ۵۶
- شکل (۲-۳۳) خواص مغناطیسی هگرافریت باریم همسانگرد و ناهمسانگرد برحسب چگالی نهائی ۵۷
- شکل (۲-۳۴) ریزساختار هگرافریت باریم همسانگرد و ناهمسانگرد ۵۸
- شکل (۲-۳۵) خواص مغناطیسی هگرافریت استرانسیم برحسب زمان تف جوشی ۵۹
- شکل (۲-۳۶) تغییرات چگالی و بیشترین انرژی تولیدی با تغییر نرخ گرم کردن ۶۰
- شکل (۲-۳۷) تأثیر نرخ گرم کردن بر ریزساختار نمونه های هگرافریت باریم ۶۰
- شکل (۳-۱) آسیای گلوله ای خشک با محفظه و گلوله های کروی فولادی ۶۷

- شکل (۲-۳) جارمیل تر با محفظه و گلوله‌های آلومینائی ۶۸
- شکل (۳-۳) نمای کلی سنبه پائینی که حاوی نه عدد سوراخ با قطر تقریبی یک میلی متر می باشد. ۷۰
- شکل (۴-۳) تصاویر سنبه بالائی، قالب و سنبه پائینی ۷۰
- شکل (۵-۳) طرح فنی قالب ۷۱
- شکل (۶-۳) طرح فنی سنبه پائینی ۷۰
- شکل (۷-۳) سیستم اعمال میدان مغناطیسی ۷۲
- شکل (۸-۳) تصویر پرس همراه با سیستم اعمال میدان مغناطیسی ۷۴
- شکل (۹-۳) سیکل حرارت دادن نمونه‌های هگزافریت باریم حین تف جوشی ۷۵
- شکل (۱-۴) الگوی پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه هگزافریت باریم ۷۹
- شکل (۲-۴) نمودار تغییرات متوسط اندازه ذرات برحسب زمان آسیا کردن ۸۲
- شکل (۳-۴) تصویر SEM پودر هگزافریت باریم که در دمای 1150°C به مدت سه ساعت کلسینه شده است ۸۲
- شکل (۴-۴) تصاویر SEM پودرهای هگزافریت باریم که در آسیای گلوله‌ای خشک به مدت زمانهای مختلف آسیا شده‌اند ۸۴
- شکل (۵-۴) تصاویر SEM پودرهای هگزافریت باریم که در آسیای افقی تر به مدت نه ساعت آسیا شده است ۸۵
- شکل (۶-۴) تصویر SEM پودر هگزافریت باریم که در آسیای افقی تر به مدت نه ساعت آسیا شده است ۸۶
- شکل (۷-۴) حلقه پسماند پودر هگزافریت باریم که به مدت نه ساعت آسیا شده است ۸۷
- شکل (۸-۴) نمودار چگالی نهائی برحسب فشار پرس ۸۹
- شکل (۹-۴) نمودار چگالی نهائی برحسب غلظت دوغاب ۹۱
- شکل (۱۰-۴) ریزساختار نمونه‌های هگزافریت باریم با غلظتهای مختلف دوغاب ۹۳
- شکل (۱۱-۴) تصویر SEM ریزساختار نمونه بدون ماده افزودنی که در دمای 1150°C به مدت دو ساعت تف جوشی شده است ۹۸