بنام خدا

ساخت فریت منگنز – روی به روش متالورژی پودر و بررسی خواص آن

بوسیلهٔ

هومان شکراللهی

۱۳۸۰ /۱۱/ ۱۵

پایان نامه

ارائه شده به دانشکده تحصیلات تکمیلی به عنوان بخشی از فعالیتهای
تحصیلی لازم برای اخذ درجهٔ کارشناسی ارشد

در رشته

مهندسی مواد – شناسایی، انتخاب و روش ساخت مواد فلزی

از

دانشگاه شیراز

شیراز، ایران

۳۹۵۹۷

ارزیابی و تصویب شده توسط کمیته پایان نامه با درجه : عالی

امضاء اعضاء کمیته پایان نامه :

دکتر کمال جانقربان،
استاد مهندسی مواد (رئیس کمیته) .....

دکتر عباسعلی نظربلند،
استادیار مهندسی مواد (رئیس کمیته) .....

دکتر سیروس جوادپور، استادیار مهندسی مواد .....

دکتر سید احمد جنابعلی جهرمی، استادیار مهندسی مواد .....

شهریور ۱۳۸۰

تقدیم به

خانوادهٔ عزیزم

۲۹۵۹۷

سپاسگزاری

با نهایت ادب و احترام بدین وسیله از راهنمایی ها و کمک های ارزندهٔ استادان گرامی، بخصوص جناب آقای دکتر کمال جانقربان و جناب آقای دکتر عباسعلی نظربلند که اینجانب را درانجام این تحقیق یاری کردند، سپاسگزاری میکنم. همچنین از مرکز تحقیقات کشور که هزینه های تهیه مواد و تجهیزات مورد نیاز برای انجام این پروژه را فراهم کرده است، تشکر میکنم. از کارکنان محترم آزمایشگاه های بخش مواد، بخصوص آقای کتابچی، خانم قهرمانی و خانم مهندس محزون به خاطر همکاری در این پروژه و از دوست و همکار عزیزم آقای مهندس امید میرزایی و کلیه عزیزانی که در اجرای این مهم اینجانب را مساعدت و یاری نموده اند، تشکر میکنم.

انجام پاره ای از آزمایشات در دانشکدهٔ علوم دانشگاه صنعتی مالک اشتر، و پژوهشگاه مواد و انرژی انجام گرفته است که بدینوسیله مراتب سپاس خود را به حضور آقایان دکتر حسین پور و دکتر بهره ورتقدیم میکنم.

چکیده

ساخت فریت منگنز-روی به روش متالورژی پودر و بررسی خواص آن

بوسیله

هومان شکرالهی

فریت های منگنز-روی گروهی از فریت های اسپینلی نرم هستند که به دلیل داشتن خصوصیات مغناطیسی و الکتریکی مطلوب مانند نفوذپذیری مغناطیسی و مقاومت الکتریکی بالا و تلفات مغناطیسی کم، کاربردهای فراوانی در صنایع الکترونیک و مخابرات پیدا کرده اند. در این تحقیق ساخت و دستیابی به فرآیند بهینه ساخت هسته های فریتی و تأثیر پارامترهای مختلف در تلفات آنها مورد بررسی قرار گرفته است. نقش عواملی چون کنترل اتمسفر کوره در حین تفجوشی نهایی، حداکثر دمای تفجوشی نهایی و زمان نگهداری در این دما، اندازه دانه های پودر قبل و بعد از تفجوشی نهایی، مواد افزودنی، میزان فشار در مرحله شکل دهی، دمای تفجوشی مقدماتی، ترکیب شیمیایی و تلفات عنصر روی بر روی خواص این هسته ها بررسی شده است. برای بررسی خواص فریتهای تولید شده از آنالیز تفرق اشعه ایکس(XRD)، تصاویر میکروسکوپی SEM، اندازه دانه ها بعد از تفجوشی نهایی، فاکتور کیفیت، نفوذ پذیری مغناطیسی نسبی، دمای کوری و درصد انقباض خطی نمونه استفاده شده است. نتایج نشان میدهند با کنترل مراحل مختلف فرآیند ساخت، ضمن دستیابی به فرآیند بهینه ساخت، خواص مغناطیسی و الکتریکی این فریت ها به حد قابل قبولی خواهد رسید.

نتایج نشان میدهد اکسید مولیبدن (MoO_3) به شدت دمای کوری را بالا میبرد و باعث کاهش قابل توجه درصد انقباض نمونه می شود. اکسید بیسموت ($B\ i_2O_3$) تا یک درصد مشخص دمای کوری را افزایش داده و سپس کاهش می دهد همچنین باعث کاهش قابل توجه درصد انقباض نمونه می شود. اکسید زیرکونیم (ZrO_2) باعث می شود فرکانس کاری این مواد به مقدار کمی افزایش یابد. اکسید های سیلیسیم و کلسیم ($CaO+SiO_2$) نیز باعث افزایش اندازهٔ دانه ها بعد از تفجوشی نهایی می شوند. شرایط بهینه این فریت ها حداکثر دمای تفجوشی ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد و زمان ۲-۱ ساعت نگهداری در این دما و زمان آسیاب حدود۴ ساعت تعیین گردید.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فهرست اشکال ..... پنج
فهرست جداول ..... چهارده
فصل اول- مقدمه ۱
فصل دوم-تاریخچه و تئوری ۳
۲-۱- منشأ خاصیت مغناطیسی مواد ۳
۲-۲- معرفی فاکتورهای مغناطیسی ۴
۲-۳- دسته بندی مواد مغناطیس ۴
۲-۴- ساختمان فریت های اسپینلی ۵
۲-۵- حوزه های مغناطیسی و دیواره های آن ها ۵
۲-۶- مواد مغناطیس نرم و سخت ۵
۲-۶-۱- مواد مغناطیس نرم ۶
۲-۶-۲- مواد مغناطیس سخت ۶
۲-۷- نفوذ پذیری مغناطیسی ۷
۲-۷-۱- انواع نفوذ پذیری مغناطیسی ۷
۲-۷-۱-۱- نفوذ پذیری مطلق ۷
۲-۷-۱-۲- نفوذ پذیری نسبی ۷
۲-۷-۱-۳- نفوذ پذیری اولیه ۸
۲-۸- تلفات هسته های مغناطیسی ۸
۲-۸-۱- تلفات پسماند ۹
۲-۸-۲- تلفات جریان های گردابی ۹
۲-۸-۳- تلفات باقیمانده ۱۰
۲-۹- اصول ساخت فریت های منگنز ـ روی ۱۰
۲-۹-۱- ترکیب شیمیایی ۱۰
۲-۹-۱-۱- اثر عناصر منگنز ، روی و آهن بر روی خواص مغناطیسی ۱۱
۲-۹-۲- تفجوش مقدماتی ۱۲
۲-۹-۳- مواد افزودنی ۱۳
۲-۹-۴- آسیاب ۱۴

عنوان | صفحه

۲-۹-۵ - فشردن ۱۴
۲-۹-۶ - سیکل حرارتی و گازی تفجوشی نهایی ۱۴
۲-۹-۶-۱- سیکل حرارتی ۱۴
۲-۹-۶-۲- کنترل اتمسفر ۱۵
۲-۹-۷- تلفات روی ۱۶
۲-۹-۷-۱- اثر زمان ۱۶
۲-۹-۷-۲- اثر دما ۱۷
۲-۹-۷-۳- اثر فشار جزئی اکسیژن ۱۷
۲-۹-۷-۴- واکنش سطح نمونه با آلومینا ۱۸
فصل سوم - روش تحقیق و تجهیزات مورد نیاز ۱۹
۳-۱- تجهیزات مورد نیاز ۱۹
۳-۲- روش انجام کار ۲۰
۳-۲-۱- مخلوط کردن مواد اولیه ۲۲
۳-۲-۲- تفجوشی مقدماتی ۲۲
۳-۲-۳- افزودن مواد اضافی و آسیاب کردن ۲۲
۳-۲-۴- شکل دادن به پودر در قالبهای مربوطه ۲۳
۳-۲-۵- تفجوشی نهایی همراه با کنترل اتمسفرکوره ۲۳
۳-۲-۶- کنترل کیفیت نمونه ها ۲۷
۳-۲-۶-۱- تصاویر میکروسکوپی SEM ۲۷
۳-۲-۶-۲- آنالیز XRD ۲۷
۳-۲-۶-۳- LCR متر ۲۷
۳-۲-۶-۴- دمای کوری ۲۷
۳-۲-۶-۵- درصد انقباض خطی ۲۸
فصل چهارم- نتایج و بحث ۲۹
۴-۱- اتمسفر کوره ۲۹
۴-۱-۱-تفرق اشعه ایکس ۳۰
۴-۱-۲- تصاویر میکروسکوپیSEM ۳۵
۴-۱-۳- اندازه دانه ۳۶
۴-۱-۴- فاکتور کیفیت ۳۶
۴-۱-۵- نفوذپذیری نسبی ۳۶
۴-۱-۶- دمای کوری ۳۷
۴-۱-۷- درصد انقباض خطی ۳۷

عنوان	صفحه
۴-۲- حداکثر دمای تفجوشی نهایی	۳۷
۴-۲-۱- تصاویر میکروسکوپی SEM	۳۸
۴-۲-۲- اندازه دانه	۴۰
۴-۲-۳- فاکتور کیفیت	۴۱
۴-۲-۴- نفوذپذیری نسبی	۴۱
۴-۲-۵- درصد انقباض خطی	۴۲
۴-۲-۶- دمای کوری	۴۲
۴-۳- زمان نگهداری در حداکثر دمای تفجوشی نهایی	۴۳
۴-۳-۱- تصاویر میکروسکوپی SEM	۴۳
۴-۳-۲- اندازه دانه	۴۶
۴-۳-۳- فاکتور کیفیت	۴۷
۴-۳-۴- نفوذپذیری نسبی	۴۷
۴-۳-۵- درصد انقباض خطی	۴۸
۴-۳-۶- دمای کوری	۴۸
۴-۴- سرعت گرم کردن و سرعت سرد کردن	۴۸
۴-۴-۱- فاکتور کیفیت	۴۹
۴-۴-۲-تصاویر میکروسکوپی SEM	۴۹
۴-۴-۳- اندازه دانه	۵۰
۴-۴-۴- نفوذپذیری نسبی	۵۱
۴-۴-۵- دمای کوری	۵۱
۴-۴-۶- درصد انقباض خطی	۵۲
۴-۵- زمان آسیاب	۵۲
۴-۵-۱- تصاویر میکروسکوپی SEM	۵۲
۴-۵-۲- اندازه دانه	۵۴
۴-۵-۳- فاکتور کیفیت	۵۵
۴-۵-۴- نفوذپذیری نسبی	۵۵
۴-۵-۵- دمای کوری	۵۶
۴-۵-۶- درصد انقباض خطی	۵۶
۴-۶- مواد افزودنی	۵۷
۴-۶-۱- اثر همزمان SiO_2 و CaO	۵۷
۴-۶-۱-۱- تصاویر میکروسکوپی SEM	۵۷
۴-۶-۱-۲- اندازه دانه	۵۹

عنوان | صفحه

۴-۶-۱-۳- فاکتور کیفیت ۵۹
۴-۶-۱-۴- نفوذپذیری نسبی ۶۰
۴-۶-۱-۵- دمای کوری ۶۰
۴-۶-۱-۶- درصد انقباض خطی ۶۱
۴-۶-۲- اثر اکسید مولیبدن(MoO_3) ۶۱
۴-۶-۲-۱- تصاویر میکروسکوپی SEM ۶۱
۴-۶-۲-۲- اندازه دانه ۶۳
۴-۶-۲-۳- فاکتور کیفیت ۶۳
۴-۶-۲-۴- نفوذپذیری نسبی ۶۴
۴-۶-۲-۵- دمای کوری ۶۴
۴-۶-۲-۶- درصد انقباض خطی ۶۵
۴-۶-۳- اثر اکسید بیسموت(Bi_2O_3) ۶۵
۴-۶-۳-۱- تصاویر میکروسکوپی SEM ۶۶
۴-۶-۳-۲- اندازه دانه ۶۷
۴-۶-۳-۳- فاکتور کیفیت ۶۸
۴-۶-۳-۴- نفوذپذیری نسبی ۶۹
۴-۶-۳-۵- دمای کوری ۶۹
۴-۶-۳-۶- درصد انقباض خطی ۶۹
۴-۶-۴- اثر اکسید زیرکونیم(ZrO_2) ۷۰
۴-۶-۴-۱- اندازه دانه ۷۰
۴-۶-۴-۲- فاکتور کیفیت ۷۱
۴-۶-۴-۳- نفوذپذیری نسبی ۷۱
۴-۶-۴-۴- دمای کوری ۷۱
۴-۶-۴-۵- درصد انقباض خطی ۷۲
۴-۷- اثر فشار ۷۲
۴-۷-۱- تصاویر میکروسکوپی SEM ۷۲
۴-۷-۲- فاکتور کیفیت ۷۴
۴-۷-۳- نفوذپذیری نسبی ۷۴
۴-۷-۴- دمای کوری ۷۵
۴-۷-۵- درصد انقباض خطی ۷۵
۴-۸- دمای تفجوشی مقدماتی ۷۶
۴-۸-۱- فاکتور کیفیت ۷۶

عنوان **صفحه**

۴-۸-۲- نفوذپذیری نسبی ۷۶
۴-۸-۳- دمای کوری ۷۷
۴-۸-۴- درصد انقباض خطی..... ۷۷
۴-۹- بررسی اثر ترکیب شیمیایی ۷۸
۴-۱۰- تلفات عنصر روی..... ۷۹
فصل پنجم- نتیجه گیری و پیشنهادها ۸۰
۵-۱- نتیجه گیری ۸۰
۵-۲- پیشنهادها..... ۸۱
منابع..... ۸۳
چکیده و صفحه عنوان به زبان انگلیسی .....

فهرست اشکال

شکل — صفحه

شکل (۲-۱) : حلقه پسماند برای مواد مغناطیس نرم وسخت ۶
شکل (۲-۲) : اثر دما و شدت میدان بر نفوذپذیری مغناطیسی فریت منگنز-روی ۸
شکل (۲-۳) : دیاگرام سه فازی فریت منگنز-روی..... ۱۱
شکل (۲-۴) : تغییرات یون Fe^{2+} برحسب فشار جزیی اکسیژن اتمسفر کوره برای دو نوع فریت منگنز –روی ۱۵
شکل (۲-۵) : نمودار فشار جزیی اکسیژن برحسب دما و درجه اکسیداسیون برای فریت منگنز -روی ۱۶
شکل (۲-۶) : اثرزمان و دمای تف جوشی بر کاهش عنصر روی از سطح نمونه..... ۱۷
شکل (۳-۱) : نمودار فرآیند ساخت فریت منگنز-روی ۲۱
شکل (۳-۲) : (الف) شکل قالب E ۲۴
(ب) شکل قالب Toroid ۲۴
شکل (۳-۳) : (الف) نمونه E شکل ۲۵
(ب) نمونه Toroid ۲۵
شکل (۳-۴) : (الف) طرح قالب E ۲۶
(ب) طرح قالب Toroid ۲۶
شکل (۴-۱) : نمودار دبی گازهای اکسیژن و نیتروژن در دماهای مختلف ۲۹
شکل (۴-۲) : نمودار تفرق اشعه x مربوط به نمونه A ۳۱
شکل (۴-۳) : نمودار تفرق اشعه x مربوط به نمونه B ۳۲
شکل (۴-۴) : نمودار تفرق اشعه x مربوط به نمونه C ۳۳
شکل (۴-۵) : نمودار تفرق اشعه x مربوط به نمونه D ۳۴
شکل (۴-۶) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده در اتمسفر بدون اکسیژن ۳۸
شکل (۴-۷) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده در اتمسفر آزاد..... ۳۵
شکل (۴-۸) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده در دمای $^{\circ}C$ ۱۰۵۰ ..... ۳۸
شکل (۴-۹) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده در دمای $^{\circ}C$ ۱۱۰۰ ..... ۳۸
شکل (۴-۱۰) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده در دمای $^{\circ}C$ ۱۱۵۰..... ۳۹
شکل (۴-۱۱) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده در دمای $^{\circ}C$ ۱۲۰۰..... ۳۹

شکل **صفحه**

شکل (۴-۱۲) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده در دمای C ° ۱۲۵۰ ..... ۴۰
شکل (۴-۱۳) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده در دمای C ° ۱۳۰۰ ..... ۴۰
شکل (۴-۱۴) : اثر دمای تفجوشی نهایی بر اندازه دانه ها ۴۱
شکل (۴-۱۵) : اثر دمای تفجوشی نهایی بر فاکتور کیفیت (f=40 kHz) ۴۱
شکل (۴-۱۶) : اثر دمای تفجوشی نهایی بر نفوذپذیری نسبی ۴۲
شکل (۴-۱۷) : اثر دمای تفجوشی نهایی بر درصد انقباض خطی نمونه ۴۲
شکل (۴-۱۸) :تصویرSEM نمونه‌تفجوشی شده بدون نگهداری در دمای C ° ۱۲۰۰ .. ۴۳
شکل (۴-۱۹) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده به مدت ۱۵ دقیقه نگهداری در دمای C ° ۱۲۰۰ ..... ۴۴
شکل (۴-۲۰) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری در دمای C ° ۱۲۰۰ ..... ۴۴
شکل (۴-۲۱) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده به مدت ۶۰ دقیقه نگهداری در دمای C ° ۱۲۰۰ ..... ۴۵
شکل (۴-۲۲) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شده به مدت ۱۲۰ دقیقه نگهداری در دمای C ° ۱۲۰۰ ..... ۴۵
شکل (۴-۲۳) : تصویر SEM نمونه تفجوشی شد به مدت ۲۴۰ دقیقه نگهداری در دمای C ° ۱۲۰۰ ..... ۴۶
شکل (۴-۲۴) : اثر زمان نگهداری در حداکثر دمای تفجوشی بر اندازه دانه ها ۴۶
شکل (۴-۲۵) : اثر زمان نگهداری در حداکثر دمای تفجوشی نهایی بر فاکتورQ ۴۷
شکل (۴-۲۶) : اثر زمان نگهداری در حداکثر دمای تفجوشی نهایی بر نفوذپذیری ... ۴۷
شکل (۴-۲۷) : اثر زمان نگهداری در حداکثر دمای تفجوشی نهایی بر درصد انقباض خطی ۴۸
شکل (۴-۲۸) : تصویر SEM نمونه سریع گرم شده ($۸/۵^{\circ}C/min$) ۵۰
شکل (۴-۲۹) : تصویر SEM نمونه سریع گرم شده ($۱۱^{\circ}C/min$) ۵۰
شکل (۴-۳۰) : تصویر SEM نمونه در شرایط بدون آسیاب پودرها قبل از تفجوشی نهایی ۵۳
شکل (۴-۳۱) : تصویر SEM نمونه در شرایط۱ ساعت آسیاب پودرها قبل از تفجوشی نهایی ۵۳
شکل (۴-۳۲) : تصویر SEM نمونه در شرایط ۱۰ ساعت آسیاب پودرها قبل از تفجوشی نهایی ۵۴

شکل **صفحه**

شکل (۴-۳۳) : اثرزمان آسیاب بر اندازه متوسط دانه ها بعد از تفجوشی نهایی ۵۴
شکل (۴-۳۴) : اثر زمان آسیاب بر اندازه متوسط دانه ها قبل از تفجوشی نهایی ۵۵
شکل (۴-۳۵) : اثر زمان آسیاب بر فاکتور کیفیت (f=78kHz) ۵۵
شکل (۴-۳۶) : اثر زمان آسیاب بر نفوذ پذیری نسبی ۵۶
شکل (۴-۳۷) : اثر زمان آسیاب بر درصد انقباض خطی ۵۶
شکل (۴-۳۸) : تصویر SEM نمونه بدون ماده افزودنی ۵۸
شکل (۴-۳۹) : تصویر SEM نمونه با $CaO+SiO_2 = 0.5$ درصد وزنی ۵۸
شکل (۴-۴۰) : تصویر SEM نمونه با $CaO+SiO_2 = 2$ درصد وزنی ۵۹
شکل (۴-۴۱) : اثردرصد وزنی (اکسید سیلیسیم + اکسید کلسیم) براندازه متوسط دانه ها ۵۹
شکل (۴-۴۲) : اثر درصد وزنی (اکسید سیلیسیم + اکسید کلسیم) بر فاکتور Q (f = 50kHz) ۶۰
شکل (۴-۴۳) : اثردرصد وزنی (اکسید سیلیسیم + اکسید کلسیم) بر نفوذپذیری نسبی ۶۰
شکل (۴-۴۴) : اثردرصد وزنی (اکسید سیلیسیم + اکسید کلسیم) بردرصد انقباض خطی ۶۱
شکل (۴-۴۵) : تصویر SEM نمونه با ۰/۰۸ درصد وزنی MoO_3 ..... ۶۲
شکل (۴-۴۶) : تصویر SEM نمونه با ۱ درصد وزنی MoO_3 ..... ۶۲
شکل (۴-۴۷) : تصویر SEM نمونه با ۵ درصد وزنی MoO_3 ..... ۶۳
شکل (۴-۴۸) : اثر درصد وزنی اکسید مولیبدن بر اندازه متوسط دانه ها ۶۳
شکل (۴-۴۹) : اثر درصد وزنی اکسید مولیبدن بر فاکتور کیفیت (f=38kHz) ۶۴
شکل (۴-۵۰) : اثر درصد وزنی اکسید مولیبدن بر نفوذپذیری نسبی ۶۴
شکل (۴-۵۱) : اثر درصد وزنی اکسید مولیبدن بر درصد انقباض خطی ۶۵
شکل (۴-۵۲) : تصویر SEM ۰/۰۳ درصد وزنی Bi_2O_3 ..... ۶۶
شکل (۴-۵۳) : تصویر SEM ۰/۲ درصد وزنی Bi_2O_3 ..... ۶۷
شکل (۴-۵۴) : تصویر SEM ۵ درصد وزنی Bi_2O_3 ..... ۶۷
شکل (۴-۵۵) : اثر درصد وزنی اکسید بیسموت بر اندازه متوسط دانه ۶۸
شکل (۴-۵۶) : اثر درصد وزنی اکسید بیسموت برفاکتور کیفیت (f=40kHz) ۶۸
شکل (۴-۵۷) : اثردرصد وزنی اکسید بیسموت بر نفوذپذیری نسبی ۶۹
شکل (۴-۵۸) : اثردرصد وزنی اکسید بیسموت بر درصد انقباض خطی ۷۰
شکل (۴-۵۹) : اثردرصد وزنی اکسید زیرکونیم بر انداره متوسط دانه ها ۷۰

شکل **صفحه**

شکل (۴-۶۰) : اثردرصد وزنی اکسید زیرکونیم بر درصد انقباض خطی ۷۲

شکل (۴-۶۱) : نمونه ای که فشار در مرحلهٔ شکل دهی آن ($^{Ton}/_{cm^2}$) ۱/۹ (کم) بوده است ۷۳

شکل (۴-۶۲) : نمونه ای که فشار در مرحلهٔ شکل دهی آن ($^{Ton}/_{cm^2}$) ۳/۱ (مناسب) بوده است ۷۳

شکل (۴-۶۳) : نمونه ای که فشار در مرحلهٔ شکل دهی آن ($^{Ton}/_{cm^2}$) ۶/۳ (زیاد) بوده است ۷۴

شکل (۴-۶۴) : اثر فشار بر فاکتور کیفیت (f=50kHz) ۷۴

شکل (۴-۶۵) : اثر فشار بر نفوذپذیری نسبی ۷۵

شکل (۴-۶۶) : اثر فشار بر درصد انقباض خطی ۷۵

شکل (۴-۶۷) : اثر دمای تفجوشی مقدماتی بر فاکتور کیفیت (f=40kHz)..... ۷۶

شکل (۴-۶۸) : اثر دمای تفجوشی مقدماتی بر نفوذپذیری نسبی ۷۷

شکل (۴-۶۹) : اثر دمای تفجوشی مقدماتی بر درصد انقباض خطی ۷۸

شکل (۴-۷۰) : اثر عنصر روی بر دمای کوری فریت منگنز – روی ۷۸

شکل (۴-۷۱) : تغییرات عنصر روی از سطح به مرکز نمونه ۷۹

فهرست جداول

جدول صفحه

جدول (۴-۱) : مشخصات نمونه هایی که تحت آزمایش XRD قرار گرفتند ۳۰
جدول (۴-۲) : اثراتمسفر کوره بر اندازه متوسط دانه ها ۳۶
جدول (۴-۳) : اثر اتمسفر کوره بر فاکتور کیفیت (f=40 kHz)..... ۳۶
جدول (۴-۴) : اثر اتمسفر کوره بر نفوذپذیری نسبی ۳۶
جدول (۴-۵) : اثر اتمسفر کوره بر دمای کوری ۳۷
جدول (۴-۶) : اثر اتمسفر کوره بر درصد انقباض خطی..... ۳۷
جدول (۴-۷) : اثر دمای تفجوشی نهایی بر دمای کوری ۴۳
جدول (۴-۸) : اثر زمان نگهداری در حداکثر دمای تفجوشی نهایی بر دمای کوری .. ۴۸
جدول (۴-۹) : اثر سرعت گرم کردن و سرعت سرد کردن بر فاکتور کیفیت
(f=40kHz) ۴۹
جدول (۴-۱۰) :اثر سرعت گرم کردن وسرعت سرد کردن بر اندازه متوسط دانه‌ها ... ۵۱
جدول (۴-۱۱) : اثر سرعت گرم کردن و سرعت سرد کردن بر نفوذپذیری نسبی..... ۵۱
جدول (۴-۱۲) : اثر سرعت گرم کردن و سرد کردن بر دمای کوری ۵۱
جدول (۴-۱۳) : اثر سرعت گرم کردن وسرعت سرد کردن بردرصد انقباض خطی ... ۵۲
جدول (۴-۱۴) : اثر زمان آسیاب بر دمای کوری ۵۶
جدول (۴-۱۵) : اثر درصد وزنی (SiO_2+CaO) بر دمای کوری ۶۱
جدول (۴-۱۶) : اثر درصد وزنی اکسید مولیبدن بر دمای کوری ۶۵
جدول (۴-۱۷) : اثر درصد وزنی اکسید بیسموت بر دمای کوری ۶۹
جدول (۴-۱۸) : اثر درصد وزنی اکسید زیرکونیم بر فرکانس مربوط به حداکثر فاکتور
کیفیت ۷۱
جدول (۴-۱۹) : اثر درصد وزنی اکسید زیرکونیم بر نفوذپذیری نسبی ۷۱
جدول (۴-۲۰) : اثر درصد وزنی اکسید زیرکونیم بر دمای کوری ۷۱
جدول (۴-۲۱) : اثر فشار بر دمای کوری ۷۵
جدول (۴-۲۲) : اثر دمای تفجوشی مقدماتی بر دمای کوری ۷۷

فصل اول

مقدمه

مواد مغناطیسی به دلیل داشتن خصوصیات قابل توجه، توانسته اند در صنایع مختلف مانند الکترونیک و مخابرات جایگاه ویژه ای پیدا کنند. رفتار مغناطیسی مواد به گشتاور مغناطیسی الکترونها مربوط میشود و در این راستا فلزاتی مانند آهن، نیکل و کبالت که اربیتالهای نیمه پر دارند، خواص مغناطیسی خوبی از خود نشان میدهند [۱]. در یک تقسیم بندی کلی مواد مغناطیس را به دو دسته نرم(soft) و سخت(hard) میتوان تقسیم کرد. مواد مغناطیس نرم، موادی هستند که وقتی میدان خارجی از روی جسم برداشته شود، خاصیت مغناطیسی به مقدار کمی در آنها باقی میماند ولی مواد مغناطیس سخت حتی در غیاب میدان های خارجی، خاصیت مغناطیسی خود را حفظ میکنند [۲].

مواد مغناطیسی نرم باید دارای حداکثر نفوذپذیری مغناطیسی و مقاومت الکتریکی و حداقل تلفات مغناطیسی که شامل تلفات پسماند و تلفات جریان های گردابی است، باشند. برای به حداقل رساندن تلفات مغناطیسی، مجموع تلفات پسماند و جریان های گردابی باید حداقل شود. یعنی اینطور نیست که با کاهش تلفات پسماند، تلفات جریان های گردابی کم شود و بالعکس. پس یک شرایط بهینه وجود دارد که در آن شرایط مجموع تلفات پسماند و جریان های گردابی حداقل میشوند. برای کاهش تلفات پسماند باید عیوب داخلی نمونه کم شده و اندازه دانه ها افزایش یابد.

همچنین برای کاهش تلفات جریانهای گردابی باید حتی الامکان کاتیونهای با الکترون آزاد(مانند Fe^{2+}) کم شده و همچنین اندازه دانه ها کاهش یابد و مرزدانه هایی با مقاومت بالا داشته باشیم [۳]. فریت ها، مواد مغناطیسی هستند که شامل اکسید آهن به عنوان جزء اصلی و اکسید فلزات دیگر میباشند [۴]. با توجه به نوع اکسیدهای تشکیل دهنده فریتها میتوانند به انواع مختلفی مانند منگنز-روی، نیکل-روی، منیزیم-روی و غیره تقسیم شوند، که هر کدام به دلیل خواص ویژه ای که دارند دارای کاربردهای مختلفی میباشند.

فریت های منگنز-روی موضوع اصلی این تحقیق میباشند. این فریتها بدلیل داشتن نفوذپذیری مغناطیسی ، مقاومت ویژه الکتریکی بالا و تلفات مغناطیسی کم کاربردهای زیادی در ترانسفورماتورها، ترانسفورماتورهای قدرت از نوع سوئیچینگ، القا کننده ها و غیره پیدا کرده اند. این مواد دارای شبکه اسپینلی هستند که آنیونهای اکسیژن