

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران جنوب

دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد “*M.Sc*”

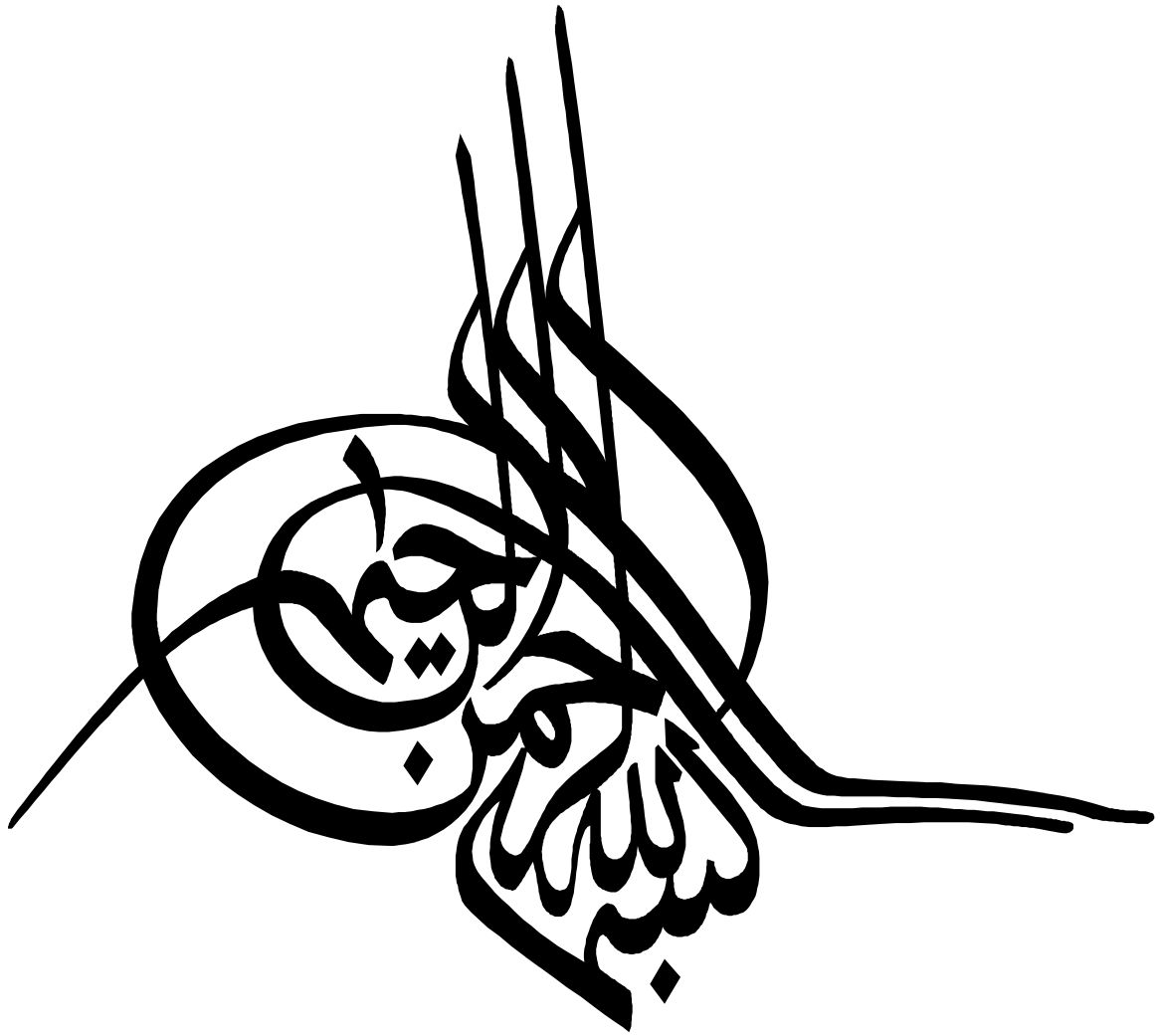
مهندسی مواد – شناسایی و انتخاب مواد مهندسی

عنوان :

مروری بر گارنتها و کاربرد آنها در صنایع ماکروویو

استاد راهنما :

نگارش:



## فهرست مطالب

شماره صفحه	عنوان مطالب
۱	چکیده.....
۲	فصل اول: مقدمه.....
۳	فصل دوم: مروری بر منابع.....
۴	۱-۲) تاریخچه .....
۵	۲-۲) طبقه بندی مواد مغناطیسی .....
۵	۱-۲-۲) مواد دیا مغناطیس .....
۶	۲-۲-۲) مواد پارا مغناطیس .....
۶	۱-۲-۳) مواد فرو مغناطیس .....
۸	۱-۲-۳-۱) مواد آنتی فرو مغناطیس و فری مغناطیس.....
۹	۱-۳) مواد مغناطیسی سخت (آهنربای دائم) .....
۱۰	۱-۴) مواد مغناطیس نرم .....
۱۱	۱-۵) آشنایی با کمیت های مغناطیسی .....
۱۱	۱-۵-۱) تراوانی یا نفوذ مغناطیس .....
۱۳	۱-۵-۲) مغناطیس پسماند .....
۱۳	۱-۲-۳) نیروی وادارنده مغناطیسی یا نیروی وا مغناطیسی .....
۱۴	۱-۵-۴) مغناطیش اشباع .....
۱۴	۱-۵-۵) انرژی بیشینه .....

۱۵	..... ۱-۵-۶) درجه حرارت کوری
۱۶	..... ۱-۶) آشنایی با منحنی های هیستریزیس مواد مغناطیسی
۱۹	..... ۲-۱) مقدمه
۲۰	..... ۲-۲) معرفی گارنت ها
۲۳	..... ۲-۳) انواع گارنت های آهن
۲۳	..... ۳-۲-۱) (Yttrium –Iron garnet)YIG
۲۴	..... ۲-۳-۲) ( Yttrium -Gadolinium)Y-GD
۲۴	..... ۲-۳-۳) (Calcium Vanadium Garnets)CVG
۲۵	..... ۲-۳-۴) ( Yttrium Aluminum)Y-Al
۲۵	..... ۲-۳-۵) ( Yttrium-Gadolinium Aluminum) Y-G-Al
۲۵	..... ۲-۳-۶) Y-Gd -AlCo -Ro-DOPED
۲۵	..... ۲-۳-۷) (Dysprosium-doped power materials)Dy-Pe PED
۲۶	..... ۲-۴) انواع روشهای فراوری گارنت آهن-ایتریوم
۲۷	..... ۲-۵) کاربرد گارنت ها
۲۸	..... ۵-۲-۱) سیر کولاتور
۳۲	..... ۲-۵-۲) تغییر دهنده فاز
۳۲	..... ۲-۵-۳) رادار
۳۷	..... فصل سوم: روش تحقیق
۳۸	..... ۳-۱) مقدمه
۳۸	..... ۳-۲) اندازه دانه های پودر

۴۰	..... شکل دانه ها (۳-۳)
۴۱	..... اثرات اصطکاک بین دانه ای (۳-۴)
۴۱	..... تاثیر بر قابلیت انباشت (۳-۴-۱)
۴۱	..... تاثیر بر مخلوط و همگن کردن (۳-۴-۲)
۴۲	..... فشار پرس (۳-۵)
۴۳	..... روابط پارامتری (۳-۶)
۴۴	..... وابستگی چگالی خام به فشار شکل دهی (۳-۶-۱)
۴۴	..... تغییر استحکام خام بر حسب چگالی (۳-۶-۲)
۴۵	..... تف جوشی (۳-۷)
۴۵	..... ساختار منافذ در تف جوشی (۳-۷-۱)
۴۶	..... تاثیرات شکل دهی قطعه بر تف جوشی (۳-۷-۲)
۴۷	..... تاثیرات تف جوشی بر ویژگی های قطعه (۳-۷-۳)
۴۹	..... تف جوشی پودر های مخلوط شده (۳-۷-۴)
۴۹	..... سهولت تغییر ترکیب شیمیایی (۳-۷-۴-۱)
۴۹	..... ساده تر بودن شکل دهی پودر به خاطر کمتر بودن استحکام، سختی و کار سختی مخلوط (۳-۷-۴-۲)
۴۹	..... بالاتر بودن استحکام و چگالی قطعه خام (۳-۷-۴-۳)
۴۹	..... تف جوشی در فاز مایع (۳-۷-۵)
۵۵	..... فصل چهارم: نتایج و بحث
۵۴	..... مقدمه (۴-۱)

۴-۲	تأثیر افزودنیهای $2\text{CaO-V}_2\text{O}_5, \text{Bi}_2\text{O}_3$ بر خواص گارنت آهن.....	۵۴
۴-۳	تأثیر افزودنی $\text{TiO}_2$ بر خواص مغناطیسی گارنت ایتریوم-آهن . . . . .	۵۶
۴-۴	تأثیر افزودنی $\text{SiO}_2$ بر خواص گارنت ایتریوم-آهن . . . . .	۵۶
۵۹	فصل پنجم: نتیجه گیری.....	۵۹
۶۵	نتیجه گیری.....	۶۵
۶۶	پیشنهادها.....	۶۶
۶۷	چکیده انگلیسی.....	۶۷
۶۸	فهرست منابع.....	۶۸

## فهرست جدول ها

عنوان	شماره صفحه
-------	------------

۲-۱: پارامترهای مغناطیسی YIG..... ۳۰

۲-۲ تأثیر متغیرهای فرآیند بر ویژگی های قطعه..... ۳۸

## فهرست شکل‌ها

عنوان	شماره صفحه
۱-۱ الف: حرکت مداری الکترون به دور هسته ب: اسپین الکترون (چرخش).....	۱۳
۳-۱ شمایی از نحوه قرار گیری گشتاورهاطیس در مواد.....	۱۴
۴-۱ منحنی مغناطش یک ماده مغناطیس.....	۱۸
۵-۱ نمایش حلقه هیستریزیس یک ماده مغناطیسی.....	۱۹
۶-۱ محاسبه انرژی بیشینه مغناطیسی از روی منحنی زدایی.....	۲۱
۷-۱ نمونه‌ای از یک سیرکولاتور فارادی.....	۲۶
۸-۱ نمونه‌ای از یک سیرکولاتور با ۴ شاخه سیرکولاتور X.....	۲۸
۲-۳ نمای عمودی بالمیل که نحوه خردایش پودر توسط گلوله را نشان .....	۳۰
۳-۳ شماتیک ریز شدن ابعاد و اختلاط پودر در حین آسیاب.....	۴۵
۴-۳ (الف) مراحل کلسیناسیون و همجوشی ابتدایی مواد.....	۴۷
۵-۳ اضافه کردن افزودنی و آسیاب مجدد.....	۴۸
۶-۳ پرس کاری و خشک کردن قطعه.....	۴۹
۷-۳ (الف) مراحل تفجوشی (ب) نمودار گرمایش.....	۵۱
۸-۳ نحوه تعیین چگالی.....	۵۲
۹-۳ دستگاه پرمایگراف مگنت فیزیک مدل.....	۵۳
۱۰-۳ میکروسکوپ الکترونی روبشی.....	۵۴
۱۱-۳ دستگاه XRD فیلپس.....	۵۵



## چکیده

کارهای پژوهشی زیادی در رابطه با بهینه سازی خواص گارنت انجام شده و مقاله‌های بسیاری نیز در این زمینه انتشار یافته‌اند. اساس کارهای تجربی پژوهش حاضر با تکیه بر کار تعدادی از محققین ذیربط انجام شده است. در پروژه حاضر هدف اصلی، مطالعه، بررسی و یافتن افزودنیهای مناسبی که با کاهش موثر دمای تفجوشی گارنتهای با پایه YIG، خواص مغناطیسی مطلوبی را در آنها فراهم آورند.

افزودن Bi, 2Ca-V به گارنت آهن- ایتريوم بطور قابل ملاحظه‌ای دمای زینتر لازم جهت بالا بردن چگالی مواد را کاهش می‌دهد. دمای زینتر برای رسیدن به دانسیته بیشتر از ۹۷ درصد دانسیته تئوری از ۱۴۲۵ درجه سانتیگراد و زمان ۶ ساعت برای YIG خالص به ۱۲۸۰ درجه سانتیگراد و ۶ ساعت برای (2Ca-V) 0.6 افزوده شده به گارنت آهن ایتريوم، کاهش می‌یابد. این گارنت به CVG مشهور بوده و فرمول شیمیایی آن  $(Ca_{1.2}Y_{1.8})(V_{0.6}Fe_{4.4})O_{12}$  است که با افزودن اکسید بیسموت به CVG به صورت  $(Bi_{0.75}Y_{1.8})(V_{0.6}Fe_{4.4})O_{12}$  تغییر کرده و دما به ۱۱۰۰ درجه و زمان تفجوشی به ۶ ساعت رسیده است. خواص مغناطیسی این سری از گارنتها بطور مشخص با دمای زینتر تغییر می‌کنند که این تغییر به تغییر دانسیته با دمای زینتر وابسته است. نمونه‌های فوق خواص مایکروویوی و مغناطیسی گارنت را کاهش می‌دهد.

تاکنون افزودنیهایی مانند اکسید کلسیم، اکسید وانادیم، اکسید بیسموت، اکسید تیتانیوم توسط محققین با موفقیت در ترکیب گارنت مورد استفاده قرار گرفته و نتایج مطلوبی حاصل گردید. در این پژوهش تاثیر دو افزودنی جدید یعنی اکسید منیزیم و اکسید زیرکونیم در خواص مغناطیسی Bi-CVG مورد مطالعه قرار گرفته است.

خواص مغناطیسی Bi-CVG در ۰,۶ درصد وزنی اکسید زیرکونیم یا ۰,۸ درصد وزنی اکسید منگنز به نحو چشمگیر بهبود یافت . مطالعه انجام شده در ریز ساختار گارنت همراه با افزودنی ، توسط SEM تاثیر مثبت  $MnO_2$  و  $ZrO_2$  را در خواص گارنت تایید کرد.

مقایسه الگوی پراش اشعه X (XRD) گارنت Bi-CVG تفجوشی شده با افزودن ۰,۶ درصد وزنی  $ZrO_2$  و ۰,۸ درصد وزنی  $MnO_2$  با Bi-CVG بدون افزودنی روشن کرد که پیکها در گارنت های دارای افزودنی بطور قابل توجهی بیشتر از گارنت بدون افزودنی است که این موضوع در نمونه حاوی  $MnO_2$  محسوس تر بود علت این امر پایین بودن نقطه ذوب اکسید منگنز و ایجاد فاز مایع در نمونه می باشد.

# فصل اول

## مقدمه

استفاده از امکانات گوناگون در راستای بهینه سازی در مسیر پیشرفت صنایع، همواره انگیزه مهمی برای بهبود خواص مواد بکار رفته در صنعت بوده است. در این راستا مواد سرامیکی تحولی شگرف در عرصه مهندسی مواد بوجود آورده و کاربردهای چشمگیر مواد سرامیکی در صنایع هوا فضا، الکترونیک و مخابرات، هسته ای، مکانیک و... تاییدی بر این مطلب است. یکی از مواد سرامیکی مهم با خواص مغناطیسی مناسب که می تواند در صنایع مخابرات و ماکروویو در امواج با فرکانس GHz بکار رود گارنت آهن - ایتريوم است.

گارنت آهن - ایتريوم، سرامیکی با فرمول  $Y_3Fe_5O_{12}$  است که به خاطر خواص مغناطیسی مطلوب در فرکانس مایکروویو، به طور گسترده ای مورد مطالعه قرار گرفته است. گارنت آهن - ایتريوم، نقش بارزی را در وسایل مغناطیسی مایکروویو از قبیل سرکلاتورها، اسیلاتورها و انتقال دهنده های فاز و نیز سرامیک های مغناطیسی دارا است. شکل گارنت در غالب این تجهیزات به صورت تک کریستالی است و مزیت آن دریافت الکتریکی زیاد و اتلاف دی الکتریکی کم می باشد. گارنت YIG به خاطر چگالی بالا، ریز ساختار همگن و اندازه دانه کنترل شده، در فرکانس های بالا دارای تلفات انرژی کمی می باشد و می توان با کنترل شرایط فرآوری از قبیل دمای پخت، اتمسفر پخت، خواص مغناطیسی و الکتریکی گارنت را به طور قابل توجهی تغییر داد.

از طریق فرایندهای معمول سرامیکی مانند مخلوط کردن، کلسینه کردن، پرس و تفجوشی پودرهای ساخته شده از مخلوط اکسیدهای  $Y_2O_3, Fe_2O_3$  می توان به چگالی تئوری نزدیک شد. البته این کار به خاطر اهمیت دیر گدازی و سختی بالای مواد اولیه تشکیل دهنده گارنت تا حدودی مشکل است.

با توجه به موارد فوق و در جهت ارتقا کیفی گارنت های YIG، می توان با استفاده از افزودنی های مناسب و وجود تجهیزات و لوازم مورد نیاز، نسبت به ساخت و بهبود خواص مغناطیسی گارنت به

عنوان یک قطعه کلیدی در موجبر های رادار نیروی هوایی و رفع وابستگی به کشور های بیگانه با  
تکیه بر توانمندی بومی، گامی مثبت و رو به جلو برداشت.