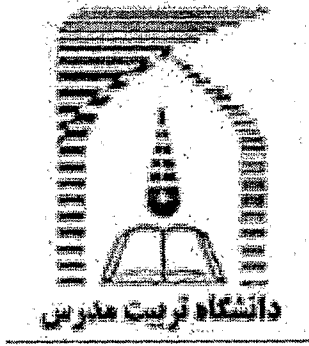


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۹۰۱۹۱



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد- سرامیک

بررسی سینترینگ نانو کامپوزیت آلومینا- زیرکینا تهیه شده با روش Gel-Casting

حیدر آخوندی

استاد راهنما
دکتر احسان ظاهری نساج

استاد مشاور
دکتر حسین سرپولکی

اسفند ۸۶

۱۳۸۷ / ۱۲ / ۲۵

۹۳۱۹۸



بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان

آقای حیدر آخوندی پایان نامه ۱۰ واحدی خود را با عنوان بررسی سینتترینگ نانو کامپوزیت آلومینا- زیرکونیا تهیه شده با روش Gel-Casting در تاریخ ۱۳۸۶/۱۲/۱۱ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی مواد - سرامیک پیشنهاد می کنند.

| عضو هیات داوران | نام و نام خانوادگی | رتبه علمی | امضا |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------|------|
| استاد راهنما | دکتر احسان طاهری نساج | دانشیار | |
| استاد مشاور | دکتر حسین سرپولکی | دانشیار | |
| استاد ناظر | دکتر پروین علیزاده | استادیار | |
| استاد ناظر | دکتر حمیدرضا رضایی | دانشیار | |
| مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی) | دکتر پروین علیزاده | استادیار | |

دستورالعمل حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیات علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی که با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد ذیل را رعایت نمایند:

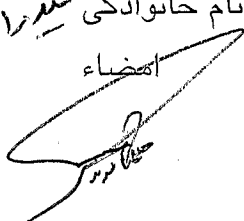
ماده ۱- حقوق مادی و معنوی پایان‌نامه‌ها / رساله‌های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هرگونه بهره‌برداری از آن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه / رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما مسئول مکاتبات مقاله باشد. تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه / رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب حاصل از نتایج پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با مجوز کتبی صادره از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه و بر اساس آیین‌نامه‌های مصوب انجام می‌شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه / رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق حوزه پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این دستورالعمل در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۱۳۸۴/۴/۲۵ در شورای پژوهشی دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب لازم‌الاجرا است و هرگونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری می‌شود.

نام و نام خانوادگی: محمد رضا خورنوری
امضاء: 

تقدیم به

همسر و خانواده عزیزم

که در طول زندگی از هیچ تلاشی برای موفقیتم فرو گذار نبوده اند.

تشکر و قدردانی

با سپاس از پروردگار کریم که در لحظه به لحظه زندگیم لطفش شامل حالم بوده است، لازم می دانم به حکم وظیفه و ادب از بزرگوارانی که مرا در مراحل مختلف این تحقیق یاری رساندند، تشکر کنم:

از جناب آقای دکتر احسان طاهری نساچ که در تمام مراحل انجام پایان نامه راهنمایی من را بر عهده داشتند و با پیگیری های مستمر خویش، مشوق اصلی من بودند.

از جناب آقای دکتر حسین سرپولکی که مشاوره این پایان نامه را بر عهده داشتند.

از جناب آقای مهندس ایوب تعاونی گیلان و همه دوستان و همکاران که در طول انجام این تحقیق مرا یاری کردند.

چکیده

نانو پودرهای آلومینا- زیرکینیا- ایتریا توسط روش سل- ژل سنتز شدند. نانو پودرها توسط روشهای پراش اشعه ایکس (XRD)، آنالیز گرما- وزنی (TG\DTA) و میکروسکوپ الکترونی (SEM) ارزیابی شدند. آلزینات سدیم- پلیمری طبیعی که هیچگونه عوارض منفی ندارد- برای تولید درجای قطعات خام آلومینا- زیرکینیا- ایتریا با استفاده از فسفات کلسیم به عنوان عامل ژل کننده، بکار گرفته شد. همچنین هگزا متا فسفات سدیم به عنوان کلیتور (تاخیر انداز) مورد استفاده قرار گرفت. سیالیت و رفتار ژل شدن دوغابهای بدست آمده بررسی شد. قطعات خام در دماهای ۱۴۰۰، ۱۴۵۰ و ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت توسط روش سینتر بدون فشار، سینتر شدند. ساختار نانو و یکنواختی قطعات توسط SEM نشان داده شده است.

کلمات کلیدی: نانو پودر، سل- ژل، ریخته گری ژله ای، آلزینات سدیم، سینتر بدون فشار

فهرست مطالب

| | |
|----|---|
| ۲ | فصل اول: مقدمه |
| ۶ | فصل دوم: مروری بر منابع مطالعاتی |
| ۷ | ۱-۲- فناوری نانو و نقش آن در مواد |
| ۸ | ۲-۲- روش های ساخت مواد نانو |
| ۱۰ | ۳-۲- ترکیبات آلومینایی |
| ۱۱ | ۱-۳-۲- هیدروکسیدهای آلومینیوم |
| ۱۲ | ۱-۳-۲-۱- گیبسیت |
| ۱۲ | ۲-۳-۲-۱- بایریت |
| ۱۲ | ۳-۳-۲-۱- نردستراندیت |
| ۱۳ | ۴-۳-۲-۱- دیاسپور |
| ۱۳ | ۵-۳-۲-۱- توهدیت |
| ۱۴ | ۶-۳-۲-۱- بوهمیت |
| ۱۴ | ۷-۳-۲-۱- شبه بوهمیت |
| ۱۴ | ۲-۳-۲- اکسیدهای آلومینیوم |
| ۱۵ | ۱-۲-۳-۲- آلفا آلومینا (α - Alumina) |
| ۱۵ | ۲-۲-۳-۲- کاپا آلومینا (κ - Alumina) |
| ۱۶ | ۳-۲-۳-۲- چی آلومینا (χ - Alumina) |
| ۱۶ | ۴-۲-۳-۲- دلتا آلومینا (δ - Alumina) |

| | |
|----|---|
| ۱۶ | ۵-۲-۳-۲- تتا آلومینا (θ- Alumina) |
| ۱۶ | ۶-۲-۳-۲- اتا آلومینا (η- Alumina) |
| ۱۷ | ۷-۲-۳-۲- رو آلومینا (ρ- Alumina) |
| ۱۷ | ۸-۲-۳-۲- گاما آلومینا (γ- Alumina) |
| ۱۷ | ۴-۲- زیرکنیا |
| ۲۰ | ۵-۲- آلومینا- زیرکنیا |
| ۲۳ | ۶-۲- ریخته گری ژله ای |
| ۲۳ | ۷-۲- فرآیند ریخته گری ژل |
| ۲۶ | ۸-۲- مزایا و معایب ریخته گری ژله ای نسبت به دیگر روشهای شکل دهی |
| ۲۷ | ۹-۲- انواع ریخته گری ژله ای |
| ۲۷ | ۱-۹-۲- ریخته گری ژله ای غیر آبی |
| ۲۸ | ۲-۹-۲- ریخته گری ژله ای آبی |
| ۳۰ | ۱۰-۲- ریخته گری ژله ای در سیستم آلزینات سدیم |
| ۳۲ | ۱۱-۲- ژل شدن در سیستم آلزینات سدیم |
| ۳۴ | ۱۲-۲- ماهیت شیمیایی آلزینات |
| ۳۶ | ۱-۱۲-۲- تهیه ژل آلزینات |
| ۳۷ | ۱۳-۲- کاربردهای آلزینات |
| ۳۹ | ۱۴-۲- فرآیند سینتر |
| ۳۹ | ۱-۱۴-۲- سینتر چیست؟ |
| ۴۱ | ۲-۱۴-۲- مکانیزم های سینتر |

| | |
|----|--|
| ۴۲ | ۳-۱۴-۲- سینتر تحت فشار |
| ۴۳ | ۲-۱۵- تاثیر کاهش آگلومراسیون پودر در سینتر |
| ۴۴ | فصل سوم: روش تحقیق |
| ۴۵ | ۳-۱- مواد اولیه مصرفی |
| ۴۶ | ۳-۲- سنتز نانو پودرهای آلومینا- زیرکینیا (ایتریا) |
| ۴۸ | ۳-۲-۱- تهیه محلول اولیه (سل) و تشکیل ژل |
| ۴۹ | ۳-۲-۲- عملیات حرارتی و مکانیکی اعمال شده بر ژل |
| ۴۹ | ۳-۳- ریخته گری ژله ای |
| ۵۱ | ۳-۳-۱- خروج قطعه از قالب |
| ۵۲ | ۳-۴- خروج مواد فرار و سینتر قطعات خام |
| ۵۳ | ۳-۵- سراموگرافی |
| ۵۳ | ۳-۶- آزمایش های انجام شده حین سنتز نانو پودر، ریخته گری ژله ای و سینتر |
| ۵۳ | ۳-۶-۱- بررسی ریز ساختاری SEM |
| ۵۳ | ۳-۶-۲- آنالیز حرارتی |
| ۵۴ | ۳-۶-۳- فاز شناسی بوسیله پراش اشعه ایکس (XRD) |
| ۵۴ | ۳-۶-۴- اندازه گیری ویسکوزیته دوغاب |
| ۵۵ | ۳-۶-۵- اندازه گیری دانسیته |
| ۵۶ | ۳-۶-۶- اندازه گیری میزان انقباض خطی |
| ۵۷ | فصل چهارم: نتایج و بحث |
| ۵۸ | ۴-۱- آنالیز حرارتی ژل خشک شده |

| | |
|-----|---|
| ۶۰ | ۲-۴- بررسی فازهای کریستالی تشکیل شده در پودرهای عملیات حرارتی شده |
| ۶۵ | ۳-۴- ریز ساختار پودرهای عملیات حرارتی شده |
| ۶۸ | ۴-۴- فرآیند ریخته گری ژله ای |
| ۶۸ | ۱-۴-۴- تاثیر میزان پراکنده کننده بر سیالیت دوغاب |
| ۷۰ | ۲-۴-۴- تاثیر میزان نانو پودر سرامیکی بر سیالیت دوغاب |
| ۷۱ | ۳-۴-۴- دوغاب بهینه و زمان ژله ای شدن |
| ۷۱ | ۵-۴- دانسیته قطعات خام و انقباض خطی ناشی از خشک شدن |
| ۷۲ | ۶-۴- آنالیز حرارتی قطعات خام |
| ۷۳ | ۷-۴- آنالیز پراش اشعه ایکس قطعات سینتر شده |
| ۷۸ | ۸-۴- انقباض خطی و دانسیته قطعات سینتر شده |
| ۸۲ | ۹-۴- ریز ساختار قطعات سینتر شده |
| ۸۲ | ۱-۹-۴- ریز ساختار قطعات سینتر شده بدون اچ حرارتی |
| ۹۳ | ۲-۹-۴- تصاویر ریز ساختاری الکترون های باز گشتی از نمونه های سینتر شده |
| ۹۵ | ۳-۹-۴- ریز ساختار قطعات سینتر شده پس از اچ حرارتی |
| ۱۰۵ | فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات |
| ۱۰۸ | منابع و مراجع |

فهرست جداول

- جدول ۱-۱- خصوصیات مهم فیزیکی چند سرامیک مهندسی ۳
- جدول ۱-۲- مزایا و مضرات روش ریخته گری ژل نسبت به دیگر روشهای پیشرفته شکل دهی سرامیک های مهندسی ۲۶
- جدول ۲-۲- مراحل سینترینگ ۴۰
- جدول ۲-۳- مکانیزم های سینتر ۴۱
- جدول ۱-۳- مواد مورد استفاده در روش سل-ژل جهت تهیه نانو پودر مورد نیاز ۴۵
- جدول ۲-۳- مواد مورد استفاده در روش ریخته گری ژله ای ۴۶
- جدول ۳-۳- ترکیب پودرهای مورد استفاده در این تحقیق ۴۶
- جدول ۱-۴- ترکیب دوغاب های مورد استفاده در تهیه قطعات خام ۷۱
- جدول ۲-۴- دانسیته تئوری نمونه های کامپوزیتی سینتر شده در دماهای ۱۴۰۰، ۱۴۵۰ و ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت ۷۸
- جدول ۳-۴- دانسیته و انقباض خطی نمونه های کامپوزیتی پس از سینتر ۷۹

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱- محدوده خصوصیات فیزیکی مواد، الف) چقرمگی شکست در مقابل استحکام، و
ب) استحکام در مقابل دما ۲
- شکل ۱-۲- نمودار توالی تبدیل های گرمایی هیدروکسیدهای آلومینیوم ۱۵
- شکل ۲-۲- دیاگرام فازی زیرکینا-ایتريا در منطقه غنی از زیرکینا ۱۸
- شکل ۳-۲- دیاگرام دوتایی آلومینا-ایتريا ۱۹
- شکل ۴-۲- دیاگرام دوتایی آلومینا-زیرکینا ۲۱
- شکل ۵-۲- روند نمای فرآیند شکل دهی به روش ریخته گری ژله ای ۲۴
- شکل ۶-۲- تصویر شماتیکی از تهیه ژل در سیستم آلزینات سدیم ۳۳
- شکل ۷-۲- تاثیر میزان آلزینات سدیم بر ویسکوزیته دوغاب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد ۳۴
- شکل ۸-۲- فرمول شیمیایی بلوک MM، بلوک GM و بلوک GG ۳۵
- شکل ۹-۲- a) توالی بلوک های MM، GG و MG، b) مکانیزم تشکیل ژل آلزینات، و c) ساختمان
ژل تشکیل شده از بلوک های GG ۳۷
- شکل ۱۰-۲- تصویر شماتیکی از ذرات ابتدایی (نانو کریستالیت ها)، یک آگلومره و توده آگلومره ها ۴۳
- شکل ۱-۳- روند نمای سنتز نانو پودرهای کامپوزیتی ۴۷
- شکل ۲-۳- شکل سیستم رفلاکس مورد استفاده در تحقیق حاضر ۴۸
- شکل ۳-۳- روند نمای تهیه قطعه خام با استفاده از روش ریخته گری ژله ای در سیستم آلزینات
سدیم ۵۰
- شکل ۴-۳- برنامه عملیات حرارتی قطعات خام ۵۲
- شکل ۱-۴- آنالیز وزنی و حرارتی (TG-DTA) نانوپودر AZY15 ۵۹
- شکل ۲-۴- الگوی پراش اشعه ایکس نانو پودر آلومینا کلسینه شده در ۴۵۰ و ۹۰۰ درجه سانتیگراد به ۶۱

مدت ۱ ساعت

شکل ۳-۴- نمایش شماتیکی مکانیزم آرایش مجدد و رشد، برای تغییرات دانسیته نسبی بالا حین تبدیل گاما به آلفا

۶۲

شکل ۴-۴- الگوی پراش اشعه ایکس نانو پودر آلومینا- زیرکنیا (۱۵ درصد وزنی) کلسینه شده در ۴۵۰ و ۹۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت

۶۳

شکل ۵-۴- الگوی پراش اشعه ایکس نانو پودر آلومینا- زیرکنیا (۱۵ درصد وزنی)- ایتریا (۳٪ مولی) در زیرکنیا) کلسینه شده در ۴۵۰، ۹۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت

۶۴

شکل ۶-۴- ریز ساختار پودر آلومینای کلسینه شده در ۴۵۰ °C به مدت ۱ ساعت و آسیاب شده به مدت ۱۵ دقیقه

۶۵

شکل ۷-۴- ریز ساختار پودر آلومینای کلسینه شده در ۹۰۰ °C به مدت ۱ ساعت و آسیاب شده به مدت ۱۵ دقیقه

۶۵

شکل ۸-۴- ریز ساختار پودر آلومینای کلسینه شده در ۹۰۰ °C به مدت ۱ ساعت و آسیاب شده به مدت ۴۵ دقیقه

۶۶

شکل ۹-۴- ریز ساختار پودر آلومینای کلسینه شده در ۹۰۰ °C به مدت ۱ ساعت و آسیاب شده به مدت ۹۰ دقیقه

۶۷

شکل ۱۰-۴- ریز ساختار پودر آلومینای کلسینه شده در ۹۰۰ °C به مدت ۱ ساعت و آسیاب شده به مدت ۱۸۰ دقیقه

۶۷

شکل ۱۱-۴- نمودار اثر میزان پراکنده کننده (درصد وزنی بر حسب آلومینا) بر ویسکوزیته دوغاب حاوی ۱۵ درصد حجمی آلومینا

۶۹

شکل ۱۲-۴- نمودار اثر میزان آلومینا (درصد حجمی) بر سیالیت دوغاب حاوی ۲/۴ درصد وزنی پراکنده کننده (بر حسب آلومینا)

۷۰

شکل ۱۳-۴- آنالیز حرارتی (وزنی TG و حرارتی DTA) قطعات خام

۷۲

شکل ۱۴-۴- الگوی پراش اشعه ایکس نمونه AZ15 سینتر شده در دماهای ۱۴۰۰، ۱۴۵۰ و ۱۵۰۰ درجه

۷۴

سانتیگراد به مدت ۳ ساعت

شکل ۴-۱۵- الگوی پراش اشعه ایکس پودر AZ15 کلسینه شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت

۷۵

شکل ۴-۱۶- الگوی پراش اشعه ایکس پودر AZY15 کلسینه شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت

۷۶

شکل ۴-۱۷- الگوی پراش اشعه ایکس نمونه AZY15 سینتر شده در دماهای ۱۴۰۰، ۱۴۵۰ و ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت

۷۷

شکل ۴-۱۸- دانسیته نسبی نمونه های کامپوزیتی سینتر شده

۸۰

شکل ۴-۱۹- مقایسه دانسیته نسبی نمونه های آلومینا- زیرکنیا با نمونه های آلومینا- زیرکنیا- ایتریا سینتر شده در ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت

۸۱

شکل ۴-۲۰- سطح مقطع نمونه های سینتر شده در ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت قبل از اچ حرارتی

۸۵

شکل ۴-۲۱- سطح مقطع نمونه های سینتر شده در ۱۴۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت قبل از اچ حرارتی

۸۹

شکل ۴-۲۲- سطح مقطع نمونه های سینتر شده در ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت قبل از اچ حرارتی

۹۲

شکل ۴-۲۳- تصویر الکترونی بازگشتی (BSE) نمونه AZY15 سینتر شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت قبل از اچ حرارتی

۹۳

شکل ۴-۲۴- تصویر الکترونی بازگشتی (BSE) نمونه AZ15 سینتر شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت بعد از اچ حرارتی

۹۴

شکل ۴-۲۵- تصاویر ریز ساختار نمونه آلومینایی سینتر شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت و اچ حرارتی شده

۹۶

- شکل ۴-۲۶- تصاویر ریز ساختار نمونه آلومینا- زیرکینیا (۵ درصد وزنی) سینتر شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت و اچ حرارتی شده
 ۹۷
- شکل ۴-۲۷- تصاویر ریز ساختار نمونه آلومینا- زیرکینیا (۱۰ درصد وزنی) سینتر شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت و اچ حرارتی شده
 ۹۸
- شکل ۴-۲۸- تصاویر ریز ساختار نمونه آلومینا- زیرکینیا (۱۵ درصد وزنی) سینتر شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت و اچ حرارتی شده
 ۹۹
- شکل ۴-۲۹- تصاویر ریز ساختار نمونه آلومینا- زیرکینیا (۵ درصد وزنی)- ایتریا سینتر شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت و اچ حرارتی شده
 ۱۰۰
- شکل ۴-۳۰- تصاویر ریز ساختار نمونه آلومینا- زیرکینیا (۱۰ درصد وزنی)- ایتریا سینتر شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت و اچ حرارتی شده
 ۱۰۱
- شکل ۴-۳۱- تصاویر ریز ساختار نمونه آلومینا- زیرکینیا (۱۵ درصد وزنی)- ایتریا سینتر شده در دمای ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت و اچ حرارتی شده
 ۱۰۲

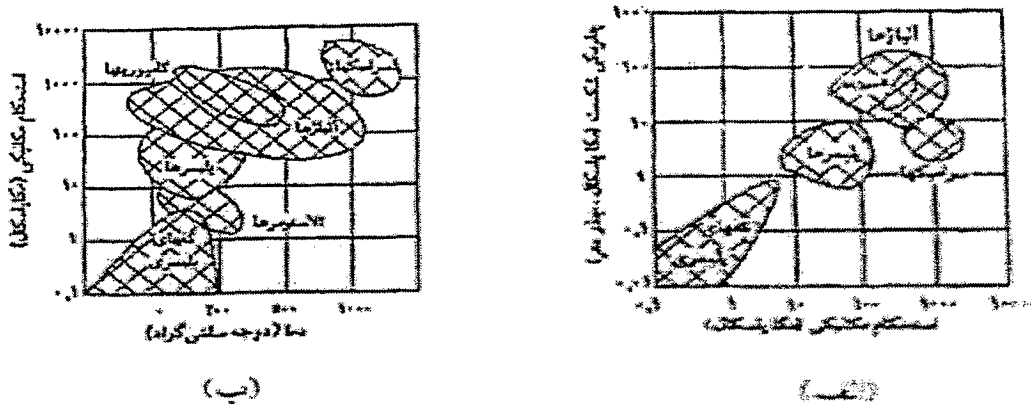
فصل ۱

مقدمه

مقدمه

در مقایسه با فلزات مهندسی، سرامیک های نوین^۱ (سرامیک های مهندسی) به علت دانسیته پایین، استحکام بالا، سختی زیاد و مقاومت خمشی مناسب، دارای کاربردهای خاصی می باشند. حفظ خواص مکانیکی در دماهای بالاتر، مقاومت عالی در برابر اکسایش و مواد شیمیایی خورنده از خواص ویژه سرامیک های مهندسی میباشند. محدودیت بزرگ سرامیک ها در کاربردهای مهندسی، چقرمگی پایین و قیمت بالای آنهاست.

شکل ۱-۱ خصوصیات سرامیک ها را در مقایسه با دیگر مواد مهندسی نشان می دهد [۱].



شکل ۱-۱-۱- محدوده خصوصیات فیزیکی مواد، الف) چقرمگی شکست در مقابل استحکام، و ب) استحکام در

مقابل دما [۱].

سرامیک های مهندسی به دو دسته سرامیک های اکسیدی نظیر آلومینا (Al_2O_3)، زیرکینا (ZrO_2) و منیزیا (MgO) و سرامیک های غیر اکسیدی نظیر نیتريدها، کاربيدها، بوريدها، تقسيم می شوند که هر کدام خواص مخصوص به خود را دارند. در جدول ۱-۱ خصوصیات فیزیکی چند سرامیک مهندسی مهم معرفی شده است. مهمترین سرامیک مهندسی که تحقیقات فراوانی روی آن انجام شده آلومینا می باشد [۲۳].

جدول ۱-۱- خصوصیات مهم فیزیکی چند سرامیک مهندسی [۲۳].

| خاصیت | آلومینا | نیتريد سيليسيم | کاربید سيليسيم | زیرکینا |
|------------------------------------|----------|----------------|----------------|----------|
| دانسیتته (g/cm^3) | ۳/۹۸ | ۳/۱۹ | ۳/۲۱ | ۶/۱-۵/۵۶ |
| استحکام (MPa) | ۲۷۶-۱۰۳۴ | ۴۱۴-۱۰۰۰ | ۹۶-۸۲۵ | ۶۰۰-۷۰۰ |
| مدول کشسانی (GPa) | ۳۸۰ | ۳۰۴ | ۲۰۷-۴۸۳ | ۲۰۵ |
| چقرمگی شکست ($MPa.m^{1/2}$) | ۲/۷-۴/۲ | ۴/۱-۶ | ۴/۸-۶/۱ | ۸-۹ |
| انبساط حرارتی ($10^{-6}.K^{-1}$) | ۷/۲-۸/۶ | ۳ | ۴/۳-۵/۶ | ۸/۹-۱۰/۶ |
| هدایت حرارتی (W/m.K) | ۲۷/۲ | ۹-۳۰ | ۶۳-۱۵۵ | ۱/۸-۲/۲ |

کامپوزیت های سرامیکی برای کاربردهای دمای بالا مناسب هستند که مشکل آنها تردی ذاتی سرامیک ها است. تحقیقات نشان می دهد ایجاد ریز ساختار نانو باعث بهبود خواص مکانیکی از جمله چقرمگی و استحکام می شود. به همین دلیل مواد نانو در طول سالهای اخیر بسیار گسترش یافته اند [۴-۷].

مراحل مختلفی در تولید سرامیک ها وجود دارد. بخش اول، فرآیند تولید پودر است که به روشهای مختلف مکانیکی و شیمیایی نظیر آسیاب کردن، حل و رسوب و ... انجام می پذیرد. به طور کلی در ساخت کامپوزیت با ریز ساختار نانو به مواد اولیه (پودر) نانو نیاز می باشد. روش های متفاوتی برای ساخت پودر نانو وجود دارد. به طور کلی سل-ژل روش مناسبی برای تولید نانو پودرهای کامپوزیتی پایه سرامیکی با کیفیت بالا از نظر خلوص، یکنواختی و ریز ساختار نانو می باشد. در این روش می توان مخلوط چند اکسید سرامیکی را به طور کاملاً هموزن تولید نمود [۸ و ۹].

بخش دوم مرحله شکل دهی برای رسیدن به شکل نهایی می باشد. روشهای مختلفی برای شکل دهی نظیر ریخته گری دوغابی، ریخته گری نواری، پرس سرد و گرم، ریخته گری ژله ای و اکستروژن وجود دارد که هر کدام بسته به شرایط نمونه می توانند مورد استفاده قرار گیرند. هر کدام از این روشها دارای مزایا و معایب خاصی می باشند. تحقیقات جهت بهبود روشهای قدیمی و یا ابداع روشهای جدید شکل دهی بصورت گسترده ای ادامه دارد.

بخش سوم مربوط به افزایش دانسیته و استحکام نمونه خام تهیه شده در بخش قبلی است که به سینتر (Sintering or Densification) مشهور است. این بخش پیچیده ترین قسمت تهیه مواد سرامیکی است که عوامل بسیاری (داخلی و خارجی) در انجام آن دخیل هستند.

از عوامل داخلی موثر در سینتر می توان به اندازه ذرات، توزیع اندازه ذرات، شکل ذرات، دانسیته نمونه خام، میزان آگلومره شدن پودر، نوع و میزان افزودنی ها و ... اشاره نمود. از عوامل خارجی نیز می توان به سیکل عملیات حرارتی بکار گرفته شده و اتمسفر کوره اشاره نمود [۱۰ و ۱۱]. با توجه به اینکه عوامل