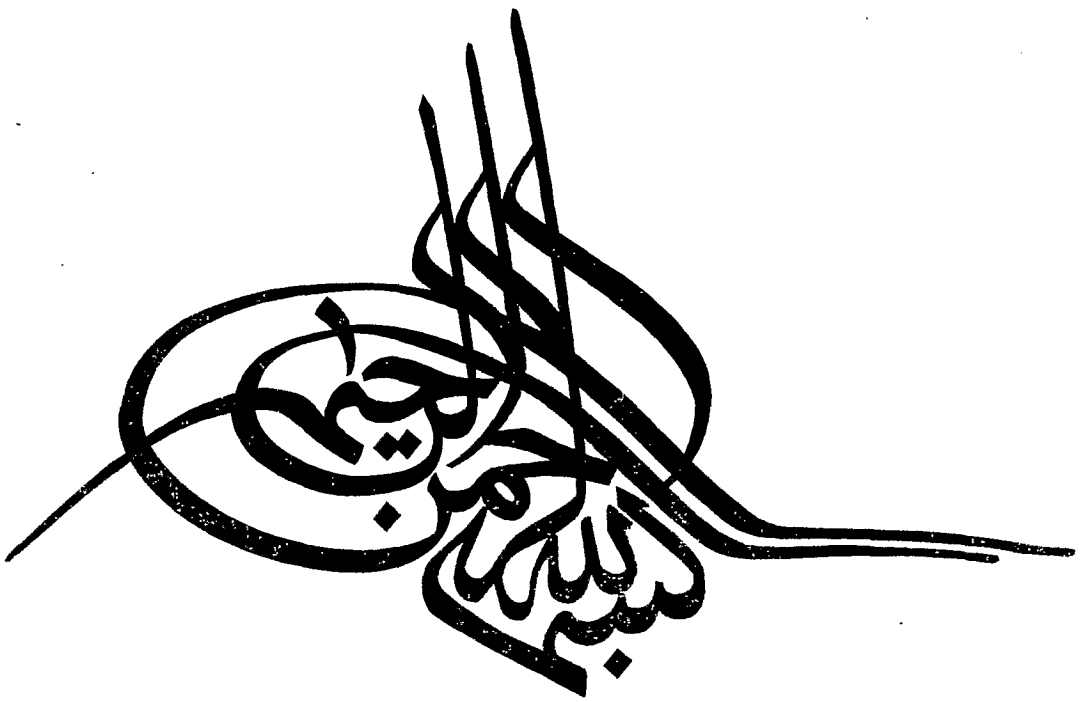
١٤٥/٥



٩٩٠٤١

٦١٤٥٩٧

دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مواد-سرامیک

ساخت و بررسی خواص کامپوزیت شیشه-سرامیک SiO_2-CaO-MgO-Al_2O_3-P_2O_5-F تقویت شده با جزء دوم

مازیار منتظریان

استاد راهنما:
دکتر پروین علیزاده

استاد مشاور:
دکتر بیژن افتخاری یکتا

۱۳۸۷ /۵/ ۲۲

بهمن ۱۳۸۶

ب ۹۹۰۴۱

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان

آقای مازیار منتظریان پایان نامه ۱۰ واحدی خود را با عنوان ساخت وبررسی خواص کامپوزیت شیشه سرامیك sio۲-cao-Mgo-p۲o۵-f همراه با جزء دوم در تاریخ ۱۳۸٦/۱۲/۱۵ 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 پروین علیزاده	استادیار	
استاد مشاور	دکتر بیژن افتخاری یکتا	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر احسان طاهری نساج	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر مقصودی پور	استادیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر احسان طاهری نساج	دانشیار	

۱۳۸۷/۵/۲۲

۹۹۰٤۱

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

مقدمه:با عنایت به سیاست های پژوهشی دانشگاه در راستای تحقق عدالت وکرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی ومعنوی دانشگاه و پژوهشگران لازم است اعضای هیات علمی دانشجویان دانش آموختگان و دیگر همکاران طرح درمورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان نامه وساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است موارد ذیل را رعایت نمایید:

ماده۱: حقوق مادی و معنوی پایان نامه‌ها / رساله های مصوب دانشگاه متعلق به دانشگاه است و هر گونه بهره‌برداری ازآن باید با ذکر نام دانشگاه و رعایت آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های مصوب دانشگاه باشد.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی می‌باید به نام دانشگاه بوده و استاد راهنما نویسنده مسئول مقاله باشند.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده۳- 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 جشنواره های ملی، منطقه‌ای و بین المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح های 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 رسید ه و از تاریخ تصویب لازم الاجرا است و هر گونه تخلف از مفاد این دستورالعمل، از طریق مراجع قانونی قابل پیگیری خواهد بود.

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی- پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته است که در سال در دانشکده دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب آقای دکتر مشاور سرکار خانم / جناب آقای دکتر و مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تادیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگا می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالعه و وصول کند; به علاوه به دانشگاه حق می‌دهند به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل و جه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروشو تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب ماریا رفتاریان دانشجوی رشته مهندسی مواد-سرامیک مقطع کارشناسی ارشد

تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام خانوادگی

تاریخ و امضاء ۱۳۸۷/۲/۲۲

تقدیم به:

خانواده عزیزم که همواره در راه کسب علم مشوق من است.

تشکر و قدردانی

خداوند را شاکرم که به من توفیق کسب علم، فرصت آشنایی با اساتید گرانقدر و نعمت داشتن خانواده ای صبور و دوستانی مهربان عنایت فرمود.

نخست جا دارد از همکاری و کمک های صمیمانه تمامی عزیزان در گروه مواد دانشکده فنی دانشگاه تربیت مدرس به خصوص جناب آقای هوشنگ فیروزی و سرکار خانم فرشته فرهنگیان تشکر کنم. همچنین لازم می دانم از کمک های کلیه دوستانم به خصوص آقایان مهندس حیدر آخوندی، مهندس علی صافی، مهندس علی حسن زاده و مهندس ایوب تعاونی کمال تشکر را کنم.

از اعضاء محترم هیات علمی بخش مواد- گروه سرامیک جناب آقایان دکتر احسان طاهری نساج و دکتر رسول صراف مأموری به خاطر همکاری ها و آموزش های مؤثرشان سپاسگذارم.

اما در اجرای این پژوهش همواره از مشورت های ارزنده و راه گشای استاد گرانقدر جناب آقای دکتر بیژن افتخاری یکتا سود جستم. در اینجا لازم می دانم از ایشان سپاسگذاری نموده، سلامت و سعادت ایشان را آرزومندم.

بی تردید راهنمایی ها و نظارت استاد گرانمایه سرکار خانم دکتر پروین علیزاده همواره ره گشای من در طول دوران تحصیل و پژوهش بوده است. از ایشان بخاطر قبول زحمت سمت استاد راهنما و تلاش های دلسوزانه در طی این مدت کمال تشکر را دارم. سلامتی و سعادت ایشان را آرزو دارم.

چکیده

در این تحقیق، کامپوزیت شیشه-سرامیک های میکا و میکا-آپاتیت حاوی مقادیر ۵ ، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی ذرات زیرکنیای نیمه پایدار شده (Y-PSZ ، ZrO_2 نیمه پایدار شده با ۳ درصد مولی Y_2O_3) از طریق سینتر بدون فشار تهیه شدند. ابتدا شیشه-سرامیک میکا با ذرات Y-PSZ تقویت گردید. سپس شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت نیز از طریق سینتر کردن مخلوط ۸۰ درصد وزنی شیشه ای متعلق به سیستم فلورو-میکا و ۲۰ درصد وزنی شیشه ای در سیستم آپاتیت-دایوپساید (SiO_2-P_2O_5-MgO-(Fe_2O_3)-CaO) تهیه گردید و خواص آن نیز بررسی شد. در نهایت کامپوزیت های شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت نیز از طریق سینتر کردن مخلوط شیشه های فوق همراه با ذرات Y-PSZ تهیه شدند. فرآیند سینتر در محدوده دمایی ۱۱۷۰-۱۰۶۰ °C به مدت ۴ ساعت انجام شد.

فازهای موجود در کامپوزیت ها به کمک پراش پرتو ایکس (XRD) و ساختار آنها با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی گردید. خواص مکانیکی کامپوزیت ها نظیر استحکام خمشی، سختی و چقرمگی شکست اندازه گیری شد و با شیشه-سرامیک های پایه مقایسه گردید.

نتایج نشان می دهد که زیرکنیا در کامپوزیت میکا به طور جزئی در شیشه باقیمانده حل می شود و فاز زیرکن ($ZrSiO_4$) نیز رسوب می‌کند. به نظر می رسد، کاهش اثر پایدار کنندگی Y_2O_3 باعث انجام استحاله زیرکنیای تتراگونال به منوکلینیک نیز می‌شود. استحکام خمشی شیشه-سرامیک میکا تقویت شده با ۱۵ درصد وزنی Y-PSZ از ۱۰/۵۰ ± ۵۰/۹۱ به ۱۳/۸۰ ± ۱۳۲/۴۷ مگاپاسکال بهبود یافت. چقرمگی و سختی کامپوزیت ها نیز افزایش یافت.

در کامپوزیت شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت تقریباً همه مقادیر زیرکنیا با شیشه باقیمانده واکنش داده و زیرکن به شکل ذرات منشوری شکل با سطح مقطع مربعی تشکیل می شود. مقدار اندکی ذرات کروی زیرکنیا نیز شناسایی گردید. تشکیل زیرکن به دلیل حل شدن زیرکنیا در شیشه باقیمانده و رسوب زیرکن در مراحل پایانی سینتر می باشد. خواص مکانیکی شیشه-سرامیک میکا-

آپاتیت حاوی ۱۰ درصد وزنی زیرکنیا نیز بهبود یافت. مکانیزم اصلی در بهبود خواص مکانیکی کامپوزیت ها، انحراف ترک و تقویت استحکام شیشه باقیمانده در اثر حل شدن زیرکنیا تشخیص داده شد.

کلمات کلیدی: شیشه-سرامیک؛ کامپوزیت؛ میکا؛ آپاتیت؛ زیرکنیا؛ خواص مکانیکی.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم: مروری بر منابع	۴
۲-۱- شیشه-سرامیک های واجد فازهای میکا، آپاتیت و پیروکسن	۴
۲-۱-۱- شیشه- سرامیک های سیستم SiO_2-CaO-MgO-P_2O_5-F	۶
۲-۱-۲- شیشه- سرامیک های سیستم SiO_2-Al_2O_3-MgO-CaO-K_2O-P_2O_5-F	۱۰
۲-۱-۳- خواص بیولوژیکی، مکانیکی و فیزیکی	۱۷
۲-۱-۴- کاربردها	۲۰
۲-۱-۵- تحقیقات و پیشرفت های نو	۲۱
۲-۲- فرآیند سینتر پودرهای شیشه	۲۳
۲-۲-۱- سینتر در اثر جریان ناروان شیشه	۲۴
۲-۲-۲- تاثیر تبلور بر رفتار سینتر	۲۵
۲-۲-۳- تاثیر سرعت گرمایش	۲۶
۲-۳- کامپوزیت های با زمینه شیشه-سرامیک	۲۷
۲-۳-۱- فرآیند تولید و تنش های داخلی	۲۷
۲-۳-۲- خواص مکانیکی شیشه-سرامیک و کامپوزیت ها	۲۹
۲-۳-۳- مکانیزم های افزایش استحکام و چقرمگی در کامپوزیت ها	۳۲
۲-۳-۴- شیشه-سرامیک های تقویت شده با زیرکنیا	۳۵
فصل سوم: روش انجام تحقیق	۳۸

۳-۱- مواد اولیه ۳۸
۳-۲- انتخاب ترکیب ۳۸
۳-۳- فرآیندهای ذوب، آسیاب و مخلوط کردن ۳۹
۳-۴- شکل دادن ۳۹
۳-۵- سینتر ۴۰
۳-۶- آنالیز فازی و بررسی های ساختاری ۴۰
۳-۷- خواص مکانیکی ۴۱
۳-۷-۱- سختی سنجی ۴۱
۳-۷-۲- استحکام خمشی ۴۱
۳-۷-۳- چقرمگی شکست ۴۲
فصل چهارم: نتایج و بحث ۴۴
۴-۱- کامپوزیت شیشه-سرامیک میکا ۴۴
۴-۱-۱- بررسی سینتر پذیری ۴۴
۴-۱-۲- آنالیز فازی و مطالعات ساختاری ۴۶
۴-۱-۳- بررسی خواص مکانیکی و مکانیزم های افزایش استحکام ۵۳
۴-۲- ساخت و بررسی شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت ۵۶
۴-۳- کامپوزیت شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت ۶۵
۴-۳-۱- قابلیت سینتر ۶۵
۴-۳-۲- بررسی فازهای موجود و مطالعات ساختاری ۶۷
۴-۳-۳- بررسی خواص مکانیکی ۷۷
نتیجه گیری ۸۲

پیشنهادها ۸۳
منابع و مأخذ ۸۴

فهرست جداول

جدول ۲-۱ خواص مکانیکی بافت استخوان و دندان ۵

جدول ۲-۲ ترکیب شیمیایی شیشه-سرامیک فلورو-میکا ۱۱

جدول ۲-۳ ترکیب شیمیایی Bioverit®II (شیشه-سرامیک میکا) ۱۳

جدول ۲-۴ ترکیب شیمیایی Bioverit®I (شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت) ۱۵

جدول ۲-۵ خواص فیزیکی و مکانیکی شیشه-سرامیک A/W ۱۸

جدول ۲-۶ خواص فیزیکی و مکانیکی شیشه-سرامیک های Bioverit® II، Macor و Dicor ۱۹

جدول ۳-۱ ترکیب شیمیایی شیشه های بر مبنای ترکیب فلورو-میکا و آپاتیت-دایوپساید ۳۸

جدول ۴-۱ خواص مکانیکی و چگالی نسبی نمونه ها ۵۴

جدول ۴-۲ میانگین آنالیزهای EDS از نواحی روشن و خاکستری سطح مقطع شیشه-سرامیک ... ۶۳

جدول ۴-۳ خواص مکانیکی و چگالی نسبی شیشه-سرامیک های میکا و میکا-آپاتیت ۶۴

جدول ۴-۴ خواص مکانیکی و چگالی نسبی نمونه ها ۷۷

فهرست اشکال

شکل ۲-۱ تصویر میکروسکوپ الکترون عبوری از شیشه-سرامیک A/W. آپاتیت:A، ولاستونیت:W، فاز شیشه باقیمانده:G ۸

شکل ۲-۲ وابستگی تشکیل آپاتیت به ترکیب شیشه در سیستم ترکیبی شیشه های SiO_2-CaO-P_2O_5, SiO_2-CaO-Na_2O, SiO_2-K_2O-TiO_2 ..... ۱۰

شکل ۲-۳ تصویر SEM از ساختار شیشه-سرامیک Bioverit®II. بلورهای میکای خمیده از نوع فلوگوپیت و بلورهای کوردریت در زمینه مشاهده می شوند. نمونه با محلول ۲ ٪ HF به مدت ۲/۵ ثانیه حکاکی شده است ۱۴

شکل ۲-۴ تصویر SEM از سه فاز شیشه ای در زمینه شیشه اولیه مربوط به شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت. حکاکی شده با محلول HCl به مدت ۵ ثانیه ۱۵

شکل ۲-۵ ساختار کریستالی میکا و فلوروآپاتیت a) میکا و b) فلوروآپاتیت ۱۶

شکل ۲-۶ تصویر SEM از ساختار شیشه-سرامیک Bioverit®I. بلورهای میکا (فلوگوپیت) و بلورهای آپاتیت در زمینه مشاهده می شوند. نمونه با محلول ۲ ٪ HF به مدت ۲/۵ ثانیه حکاکی شده است ۱۷

شکل ۲-۷ تصویر SEM از سطح شکست شیشه G، شیشه-سرامیک A و شیشه-سرامیک A/W. ۱۸

شکل ۲-۸ کاربردهای مختلف شیشه-سرامیک های A/W مورد استفاده در پزشکی. A: دیسک های بین مهره ها ، B: مهره مصنوعی ستون فقرات ، C: ترمیم کننده فضای بین مهره ها، D: استخوان لگن خاصره ، E: ترمیم کننده متخلخل ، F: پرکننده استخوان ۲۰

شکل ۲-۹ دو ذره کروی شکل شیشه در مراحل ابتدایی سینتر ۲۴

شکل ۲-۱۰ استحکام شیشه بورو سیلیکات حاوی ذرات کروی آلومینا برحسب معکوس ریشه دوم فاصله بین ذرات ۳۱

شکل ۲-۱۱ منطقه ایجاد ریز ترک در مقابل نوک ترک در حال پیشروی ۳۳
شکل ۲-۱۲ تصویر TEM از زیرکنیایی که استحاله تتراگونال به منوکلینیک انجام شده است ۳۵
شکل ۳-۱ شرایط نمونه و آزمایش چقرمگی بصورت شماتیک ۴۲
شکل ۴-۱ چگونگی توزیع اندازه ذرات پودر شیشه میکا ۴۴
شکل ۴-۲ چگالی نسبی شیشه-سرامیک میکا و کامپوزیت های آن بر حسب دمای سینتر ۴۵
شکل ۴-۳ الگوی XRD نمونه های سینتر شده ۴۶
شکل ۴-۴ االگوی XRD پودر Y-PSZ و مخلوط آن با پودر شیشه پس از جارمیل ۴۷
شکل ۴-۵ تصاویر SEM از: (a) مورفولوژی پودر Y-PSZ و (b) توزیع ذرات Y-PSZ در پودر شیشه..... ۴۹
شکل ۴-۶ تصویر SEM از شیشه-سرامیک میکا (۳۰۰۰×) ۵۰
شکل ۴-۷ تصویر SEM از کامپوزیت M5Z (۳۰۰۰×) ۵۱
شکل ۴-۸ تصویر SEM از کامپوزیت M10Z (۳۰۰۰×) ۵۱
شکل ۴-۹ تصویر SEM از کامپوزیت M15Z (۳۰۰۰×) ۵۲
شکل ۴-۱۰ فرآیند آگلومره شدن ذرات زیرکنیا در حین فرآیند سینتر ۵۳
شکل ۴-۱۱ تصویر SEM از مسیر پیشروی ترک ایجاد شده توسط فرورونده ویکرز در کامپوزیت M10Z ۵۵
شکل ۴-۱۲ چگونگی توزیع اندازه ذرات پودر شیشه های GM ، GA و مخلوط آنها ۵۷
شکل ۴-۱۳ میزان انقباض و چگالی شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت بر حسب دمای سینتر ۵۸
شکل ۴-۱۴ الگوی XRD شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت ۵۹
شکل ۴-۱۵ تصاویر SEM از: (a) سطح مقطع حکاکی شده شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت (۲۰۰۰×) و (b) سطح مقطع پولیش شده شیشه-سرامیک (۵۰۰۰×) ۶۱

شکل ۴-۱۶ آنالیز EDS از بلورهای تخت میکا در شکل ۴-۱۵ (a) ۶۱
شکل ۴-۱۷ آنالیز EDS از ناحیه خاکستری در شکل ۴-۱۵ (b) ۶۳
شکل ۴-۱۸ آنالیز EDS از ناحیه روشن در شکل ۴-۱۵ (b) ۶۳
شکل ۴-۱۹ تصویر SEM از مسیر پیشروی ترک در شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت ۶۵
شکل ۴-۲۰ چگالی نسبی شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت و کامپوزیت های آن بر حسب دما سینتر ۶۶
شکل ۴-۲۱ الگوی XRD کامپوزیت های سینتر شده ۶۷
شکل ۴-۲۲ تصویر SEM از نمای کلی سطح مقطع کامپوزیت C5Z (×۵۰۰) ۶۸
شکل ۴-۲۳ تصویر SEM از سطح مقطع کامپوزیت C5Z (×۲۰۰۰) ۶۹
شکل ۴-۲۴ تصویر SEM از سطح مقطع کامپوزیت C10Z (×۲۰۰۰) ۶۹
شکل ۴-۲۵ تصویر SEM از سطح مقطع کامپوزیت C15Z (×۲۰۰۰) ۷۰
شکل ۴-۲۶ آنالیز EDS از بلورهای منشوری شکل و کشیده در ریزساختار کامپوزیت ها ۷۱
شکل ۴-۲۷ ریزساختار نمونه C10Z که در زمان های مختلف سینتر شده است (×۲۰۰۰): (a) زمان صفر ، (b) ۳۰ دقیقه ، (c) ۶۰ دقیقه ، (d) ۱۲۰ دقیقه و (e) ۱۸۰ دقیقه ۷۴
شکل ۴-۲۸ اگوی XRD از نمونه C10Z که در زمان های مختلف سینتر شده است ۷۵
شکل ۴-۲۹ تصویر SEM از مسیر پیشروی ترک ایجاد شده توسط فرورونده ویکرز در کامپوزیت C10Z : (a) عبور کرده از میان آگلومره های زیرکنیا و (b) عبور کرده از میان بلور زیرکن ۷۹
شکل ۴-۳۰ تصاویر SEM از سطوح شکست (×۲۰۰۰) : (a) شیشه-سرامیک میکا-آپاتیت و (b) کامپوزیت C10Z ۸۱

فصل اول: مقدمه

امروزه شیشه-سرامیک های گروه میکا و میکا-آپاتیت[۱] به طور گسترده در صنایع مختلف استفاده می شوند. شیشه-سرامیک های بر پایه میکا به دلیل قابلیت ماشینکاری عالی، در بین سرامیک ها شناخته شده اند. خواص منحصر بفرد الکتریکی، حرارتی و بیولوژیکی این مواد، آنها را به یک ماده عایق، دی الکتریک و زیست سازگار[۲] بسیار مناسب تبدیل کرده است. شیشه-سرامیک های میکا-آپاتیت نیز علاوه بر قابلیت ماشینکاری مناسب، خاصیت زیست فعالی[۳] دارند و به همین دلیل به عنوان کاشتنی در بدن به طور گسترده استفاده می شوند. با این حال، این مواد استحکام مکانیکی پایینی دارند که کاربرد آنها را در مقاصدی مانند کاشتنی های استخوان و مواد ترمیمی دندان های انتهای دهان که بار مکانیکی زیادی اعمال می شود، محدود کرده است [۱]. شیشه-سرامیک های میکا و میکا-آپاتیت را می توان از طریق روش ریخته گری مذاب شیشه و سپس انجام عملیات حرارتی مناسب به منظور جوانه زنی و رشد فازهای دلخواه تولید کرد. روش دیگر برای تولید آنها سینتر کردن پودر شیشه های مبنای این مواد است [۲]. در این تحقیق از روش سینتر بدون فشار برای تولید شیشه سرامیک ها استفاده شد. شیشه سرامیک میکا از طریق سینتر پودر شیشه ای متعلق به سیستم فلورو-میکا تهیه شد و شیشه سرامیک میکا-آپاتیت نیز از طریق سینتر مخلوط ۸۰ درصد وزنی شیشه فلورو-میکا و ۲۰ درصد وزنی شیشه ای متعلق به سیستم آپاتیت-دایوپساید ($CaO-SiO_2-P_2O_5-MgO-Fe_2O_3$) آماده گردید.

زیرکنیا[۴] (ZrO_2) یک سرامیک زیست سازگار و با استحکام مکانیکی عالی و شناخته شده است. این ماده طی یک استحاله مارتنزیتی از فاز زیرکنیای تتراگونال ($t-ZrO_2$)[۵] به زیرکنیای

۱- Mica and Mica-apatite glass-ceramics

۲- Biocompatible

۳- Bioactive

۴- Zirconia

۵- Tetragonal zirconia

منوکلینیک ($m\text{-}ZrO_2$)[۶] تبدیل می شود که طی یک حلقه هیسترسیز اتفاق می افتد؛ بدان معنی که در هنگام گرم کردن در حدود دمای ۱۱۵۰ °C فاز منوکلینیک به تتراگونال تبدیل شده و در زمان سرد شدن استحاله تتراگونال به منوکلینیک در نزدیکی دمای ۹۵۰ °C اتفاق می افتد [۳]. فاز تتراگونال در دمای محیط در حالت تعادل نمی باشد و به فاز پایدار منوکلینیک تبدیل می شود. این تبدیل همراه با ۴ درصد افزایش حجم خواهد بود. باقی ماندن فاز نیمه پایدار $t\text{-}ZrO_2$ در دمای محیط شرط لازم برای انجام رفتار استحاله چقرمه کننده[۷] زیرکنیا است که در اثر اعمال تنش و تبدیل فاز نیمه پایدار تتراگونال به منوکلینیک اتفاق می افتد. لذا افزودنی هایی مانند CaO ، MgO ، Y_2O_3 و غیره به زیرکنیا اضافه می شوند تا فاز تتراگونال در دمای محیط به طور جزئی یا کامل پایدار شود. همچنین اگر اندازه دانه های فاز زمینه ای که ذرات زیرکنیا در آن قرار دارند به اندازه کافی ریز و دارای استحکام باشند، با ممانعت از افزایش حجم در هنگام استحاله از انجام آن جلوگیری می کنند. هنگامی که تنش به زیرکنیا اعمال می شود و ترک ایجاد شده در قطعه پیشروی می کند، فاز نیمه پایدار تتراگونال هم اکنون می تواند در جلو و اطراف ترک منبسط شده و به فاز منوکلینیک پایدار تبدیل شود. این استحاله و افزایش حجم ناشی از آن دهانه ترک را در حالت تنش فشاری قرار می دهد و انرژی آن را مصرف کرده، مانع از پیشروی آن می شود. تنش کششی بیشتری برای ادامه پیشروی ترک لازم خواهد بود. چنین رفتاری، زیرکنیا را به یک سرامیک با چقرمگی و استحکام بالا تبدیل کرده است که به طور گسترده برای تقویت سرامیک های دیگر به عنوان جزء دوم در زمینه کامپوزیت ها استفاده می شود [۴].

در این تحقیق سعی شده است که با ساخت کامپوزیت شیشه-سرامیک های میکا و میکا-آپاتیت از طریق روش سینتر بدون فشار و تقویت آنها با ذرات زیر میکرون زیرکنیای نیمه پایدار شده[۸]

۶- Monoclinic zirconia

۷- Transformation toughening

۸- Partially Stabilized Zirconia

(Y-PSZ ، ZrO_2 پایدار شده با ۳ درصد مولی Y_2O_3) بر مشکل استحکام مکانیکی پایین آنها غلبه شود. علاوه بر بهبود خواص مکانیکی، بررسی واکنش های احتمالی بین شیشه ها و زیرکنیا از اهداف این پروژه بود.

فصل دوم: مروری بر منابع

۲-۱- شیشه-سرامیک های واجد فازهای میکا، آپاتیت و پیروکسن

در توسعه شیشه سرامیک های زیست فعال و زیست سازگار در کاربردهای پزشکی، دو نوع متفاوت از شیشه سرامیک ها را باید در نظر گرفت که از نظر محیط کاربرد و خواص دلخواه به دو دسته تقسیم می شوند، گروهی به عنوان کاشتنی به کار می روند و گروه دیگر به عنوان ماده ترمیمی در دندانپزشکی کاربرد دارند. الزامات لازم برای ساخت و توسعه این دو گروه، کاملاً با هم متفاوت است. کاشتنی ها باید زیست سازگار بوده و در اکثر موارد خواص زیست فعالی داشته باشند. در شیشه سرامیک زیست فعال لایه هیدرواکسی کربنات آپاتیت[۹] که از نظر بیولوژیکی فعال است، در سطح کاشتنی تشکیل می شود و باعث تشکیل پیوند با استخوان یا بافت نرم می شود. با توجه به کاربرد کاشتنی، شیشه-سرامیک ممکن است بار تحمل کند و یا به آن باری اعمال نشود و ضروری است که خواص مناسبی مانند استحکام خمشی، چقرمگی و ضریب کشسانی قابل قبولی داشته باشد. در چنین کاربردهایی خواص نوری مانند شفافیت و رنگ اهمیت ندارند. از جمله شیشه-سرامیک های زیست فعال معروف می توان شیشه-سرامیک A/W و Bioverit®I را نام برد که به ترتیب حاوی فازهای بلوری آپاتیت-ولاستونیت و آپاتیت-میکا هستند. در ادامه به بررسی خواص و کاربرد این گروه خواهیم پرداخت [۵].

در کاربردهای ترمیمی دندان، شرایط برای شیشه-سرامیک ها متفاوت است. چنین موادی باید استاندارد های مربوط به بیومواد، مانند سازگاری با محیط دهان را برآورده کنند. با این حال، خاصیت بیواکتیوی در سطح مواد ترمیمی دندان نباید اتفاق بیافتد. از همه مهمتر خواص سطحی چنین شیشه-سرامیک هایی مانند رنگ، شفافیت، سایه رنگ، چقرمگی و سایش باید متناسب با خواص طبیعی دندان باشد. حتی استانداردهای سخت تری برای مقاومت شیمیایی این مواد در

۹- Hydroxycarbonate apatite