وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین المللی امام خمینی

IMAM KHOMEINI
INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی و مهندسی

بررسی رفتار زینترپذیری، تبلور و خواص مکانیکی کامپوزیت های شیشه ــ سرامیکی زیست فعال بر پایه دو سیستم

$CaO-TiO_2-P_2O_5-Na_2O$ و $CaO-P_2o_5-MgO-SiO_2-F$

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مواد گرایش سرامیک

وحیده تیزجنگ

استاد راهنما:

دکتر بهمن میرهادی

بهمن ماه ۱۳۹۲

به نام خدایی که در این نزدیکی است

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه بین المللی امام خمینی

IMAM KHOMEINI INTERNATIONAL UNIVERSITY

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مواد و متالورژی

بررسی رفتار زینترپذیری، تبلور و خواص مکانیکی کامپوزیت های شیشه ــ سرامیکی زیست فعال بر پایه دو سیستم $CaO-P_2o_5-MgO-SiO_2-F$ و $CaO-TiO_2-P_2O_5-Na_2O$

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی مواد گرایش سرامیک

دانشجو

وحیده تیزجنگ

استاد راهنما

دکتر بهمن میرهادی

استاد مشاور

دکتر سارا بنی جمالی

بهمن ماه ۱۳۹۲

تقدیم به شایسته‌ترین‌ها

پدر بزرگوارم و مادر مهربانم

آنانکه خدای مهربان نگاهی به چهره پر مهرشان را

به قیمت عبادت خود خریدار است.

سپاسگزاری

سپاس فراوان پروردگار یکتا را که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی علم و دانش را روزیمان ساخت.

اینک در آستانه راهی نو بر خود لازم می دانم مراتب قدردانی صمیمانه خود را از استاد بزرگوار جناب آقای دکتر میرهادی به عمل آورم و از استاد گرانقدر سرکار خانم دکتر بنی جمالی که همواره از راهنمایی های بی دریغ و پیگیری مستمر ایشان در طول این مدت بهره مند بوده ام خالصانه قدردانی نمایم.

از مساعدت و همکاری مسئولین محترم آزمایشگاه ها و تمامی کسانی که مرا در این عرصه یاری نموده اند صمیمانه تشکر می کنم.

در پایان از راهنمایی ارزنده استاد ارجمند جناب آقای دکتر صدقی که زحمت داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند، سپاسگزارم.

چکیده

پژوهش حاضر به بررسی رفتار سینتر پذیری و تبلور، خواص مکانیکی و زیست فعالی کامپوزیت های تلفیق شده از دو سیستم شیشه ـ سرامیک $CaO-P_2O_5-Na_2O-TiO_2$ (CPNT) و $CaO-P_2O_5-MgO-SiO_2-F$ (CPMSF) به عنوان یک ماده کاشتنی سازگار با محیط بدن پرداخته است.

در این راستا، کامپوزیت هایی با نسبت مختلف وزنی از دو سیستم CPMSF:CPNT تهیه شده و رفتار سینتر پذیری و تبلور آنها با استفاده از آزمون های XRD و DTA بررسی شد. پس از تعیین دمای بهینه سینتر، نمونه های سینتر شده به لحاظ خواص مکانیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در بین نمونه های سینتر شده، نمونه های کامپوزیتی با نسبت CPMSF:CPNT، برابر با ۸۰:۲۰ و ۶۰:۴۰ به ترتیب از استحکام خمشی ۱۲۱/۲۴ و ۱۵۴/۰۸MPa، میکروسختی ۶۶۳ و ۶۸۳VHN و چقرمگی شکست ۲/۶۸ و $2/52MPa.m^{1/2}$ برخوردار بودند. هم چنین، کامپوزیت های ذکر شده دارای قابلیت ماشینکاری شوندگی متوسط بدون وقوع شکست بودند.

زیست فعالی نمونه ها پس از غوطه وری در محلول شبیه سازی شده بدن (SBF) به مدت ۷، ۱۴ و ۲۱ روز در دمای 37^oC به وسیله آزمون های SEM/EDS و FT-IR ارزیابی شد. نتایج حاکی از زیست فعال بودن این نمونه ها با توجه به تشکیل فاز آپاتیت بر روی سطح نمونه ها بود.

کلمات کلیدی: سینتر پذیری، تبلور، خواص مکانیکی، زیست فعالی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱ـ۱ـ مقدمه ۲

فصل دوم: مروری بر منابع مطالعاتی

۲ـ۱ـ شیشه ـ سرامیک ها ۶

۲ـ۱ـ۱ـ جوانه زنی در شیشه ـ سرامیک ها..... ۷

۲ـ۱ـ۱ـ۱ـ جوانه زنی همگن..... ۷

۲ـ۱ـ۱ـ۲ـ جوانه زنی غیر همگن ۹

۲ـ۱ـ۲ـ رشد در شیشه ـ سرامیک ها..... ۱۰

۲ـ۲ـ ساخت شیشه ـ سرامیک ها ۱۱

۲ـ۲ـ۱ـ عملیات حرارتی شیشه بالک..... ۱۱

۲ـ۲ـ۱ـ۱ـ روش سل ـ ژل..... ۱۱

۲ـ۲ـ۲ـ سینتر و تبلور همزمان ذرات شیشه..... ۱۳

۲ـ۲ـ۲ـ۱ـ سینترشدن پودر شیشه..... ۱۴

۲ـ۳ـ عوامل مؤثر بر سینترشدن پودر شیشه ۱۶

۲ـ۳ـ۱ـ اندازه ذرات ۱۶
۲ـ۳ـ۲ـ بازه دمایی T_S-T_c ۱۶
۲ـ۳ـ۳ـ سرعت گرمایش ۱۷
۲ـ۳ـ۴ـ سازوکار تبلور ۱۷
۲ـ۴ـ زیست مواد ۱۸
۲ـ۴ـ۱ـ فلزات زیستی ۱۸
۲ـ۴ـ۲ـ پلیمر های زیستی ۱۹
۲ـ۴ـ۳ـ سرامیک های زیستی ۱۹
۲ـ۴ـ۳ـ۱ـ سرامیک های زیست خنثی ۲۱
۲ـ۴ـ۳ـ۲ـ سرامیک های زیست تخریب پذیر ۲۱
۲ـ۴ـ۳ـ۳ـ سرامیک های زیست فعال ۲۲
۲ـ۴ـ۳ـ۳ـ۱ـ شیشه های زیست فعال ۲۲
۲ـ۴ـ۳ـ۳ـ۲ـ شیشه ـ سرامیک های زیست فعال ۲۴
۲ـ۵ـ شیشه ـ سرامیک های سیستم $CaO-P_2O_5-Na_2O-TiO_2$ ۲۶
۲ـ۶ـ شیشه ـ سرامیک های سیستم $CaO-P_2o_5-MgO-SiO_2-F^-$ ۳۰

فصل سوم: فعالیت های آزمایشگاهی

۳ـ۱ـ مواد اولیه مصرفی ۳۷
۳ـ۲ـ تهیه پودر شیشه ۳۷
۳ـ۳ـ کامپوزیت های TF ۳۹
۳ـ۴ـ شکل دهی ۳۹

۳ـ۵ـ آنالیز حرارتی ۴۰

۳ـ۵ـ عملیات حرارتی ۴۰

۳ـ۶ـ ارزیابی سینترپذیری ۴۰

۳ـ۷ـ شناسایی فاز های بلورین ۴۱

۳ـ۸ـ اندازه گیری خواص مکانیکی ۴۱

۳ـ۸ـ۱ـ اندازه گیری استحکام خمشی ۴۱

۳ـ۸ـ۲ـ اندازه گیری سختی ۴۲

۳ـ۸ـ۳ـ اندازه گیری چقرمگی شکست ۴۲

۳ـ۸ـ۴ـ ارزیابی ماشینکاری شوندگی ۴۳

۳ـ۹ـ ارزیابی ریزساختاری ۴۴

۳ـ۱۰ـ بررسی زیست فعالی ۴۴

۳ـ۱۱ـ آنالیز FTIR ۴۴

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴ـ۱ـ انتخاب ترکیبات اولیه شیشه و بررسی رفتار حرارتی و تغییرات فازی آن ۴۶

۴ـ۲ـ ارزیابی رفتار تبلور شیشه های مورد آزمایش ۴۷

۴ـ۳ـ ارزیابی رفتار سینتر پذیری ۵۱

۴ـ۴ـ بررسی فازی نمونه های شیشه ـ سرامیک ۵۸

۴ـ۵ـ سنجش خواص مکانیکی ۶۴

۴ـ۶ـ انتخاب ترکیب بهینه و مشخصه یابی این ترکیبات ۷۱

۴ـ۶ـ۱ـ بررسی ریز ساختاری ۷۱

۴ـ۶ـ۲ـ بررسی زیست فعالی نمونه های شیشه ـ سرامیک و کامپوزیت ها ۷۸

۴ـ۶ـ۳ـ آنالیز FT-IR ۸۷

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهاد ها

۵ـ۱ـ نتیجه گیری ۹۲

۵ـ۲ـ پیشنهادها ۹۳

مراجع ۹۴

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل ۲ـ۱. مراحل تبدیل شیشه به شیشه ـ شیشه سرامیک a) شکل گیری جوانه ها b) رشد جوانه ها c) ریزساختار شیشه ـ سرامیک..... ۶

شکل ۲ـ۲. تغییرات انرژی آزاد بر حسب شعاع جوانه تشکیل شده..... ۸

شکل ۲ـ۳. شماتیک جوانه زنی ناهمگن..... ۹

شکل ۲ـ۴. نمایی از فرایند سل ـ ژل جهت ساخت شیشه زیست فعال با تخلخل های نانومتری..... ۱۲

شکل ۲ـ۵. تبلور شیشه a) تداخل اندک منحنی های جوانه زنی و رشد در عملیات حرارتی دو مرحله ای، b) تداخل قابل توجه منحنی جوانه زنی و رشد در عملیات حرارتی تک مرحله ای..... ۱۴

شکل ۲ـ۶. کاربردهای پزشکی بیوسرامیک ها..... ۲۰

شکل ۲ـ۷. نمایی از مراحل تشکیل آپاتیت بر سطح شیشه زیست فعال..... ۲۴

شکل۲ـ۸. تصویر SEM شیشه ـ سرامیک سیستم $60CaO- 30P_2O_5- 3TiO_2- 7Na_2O$ پس از عملیات حرارتی در دمای ۸۵۰°C و به مدت ۳ ساعت..... ۲۶

شکل۲ـ۹. تصویر SEM شیشه ـ سرامیک $60CaO- 30P_2O_5- 3TiO_2- 7Na_2O$ اتوکلاو شده بعد از a)۳روز b)۷روز c)۱۰روز غوطه وری در محلول..... ۲۷

شکل ۲ـ۱۰. تصویر SEM از سطح شکست شیشه ـ سرامیک $60CaO- 30P_2O_5- 3TiO_2- 7Na_2O$..... ۲۸

شکل ۲ـ۱۱. تصویر SEM از داربست شیشه ـ سرامیک ماکرومتخلخل کلسیم فسفاتی a) ۸۵۰°C برای ذرات با اندازه بزرگ b) ۷۸۰°C برای ذرات با اندازه کوچک..... ۲۹

شکل ۲ـ۱۲. چگالش فشرده A-W به عنوان تابعی از دما. پیک های گرمازا تبلور آپاتیت (AP) و ولاستونیت (W)..... ۳۰

شکل ۲ـ۱۳. الگو های پرتو ایکس به دست آمده از a) سطح آزاد، b) عمق ۰/۱mm، c) ۰/۳mm و d) ۰/۵ میلی متر زیر سطح آزاد شیشه ـ سرامیک..... ۳۱

شکل ۲ـ۱۴. تصویر SEM سطح مقطع، سطح آزاد، و قسمت داخلی شیشه سرامیک A-W..... ۳۲

شکل ۲ـ۱۵. تصویر SEM شیشه ـ سرامیک آپاتیت ـ ولاستونیت شامل بلورهای ولاستونیت (مناطق مشکی رنگ)..... ۳۲

شکل ۲ـ۱۶. برخی از نمونه های مهره های مصنوعی (سمت چپ بالا)، دیسک های بین مهره ای (سمت راست بالا) و استخوان های لگن خاصره (قسمت پایین) ساخته شده از شیشه ـ سرامیک A-W..... ۳۴

شکل ۳ـ۱. فعالیت های آزمایشگاهی انجام شده..... ۳۶

شکل ۳ـ۲. توزیع اندازه ذرات فریت CT..... ۳۸

شکل ۳ـ۳. توزیع اندازه ذرات فریت CF..... ۳۸

شکل ۴ـ۱. الگوهای پراش پرتو ایکس از شیشه CT..... ۴۶

شکل ۴ـ۲. الگوهای پراش پرتو ایکس از شیشه CF..... ۴۷

شکل ۴ـ۳. الگوی DTA شیشه CT با اندازه ذرات کوچکتر از ۷۵µm و سرعت گرمایش ۱۰°C/min ۴۸

شکل ۴ـ۴. الگوی DTA شیشه CF با اندازه ذرات کوچکتر از ۷۵µm و سرعت گرمایش ۱۰°C/min..... ۴۸

شکل ۴ـ۵. الگوی پراش پرتو ایکس از شیشه CT پس از ۱۰دقیقه عملیات حرارتی در پیک تبلور..... ۴۹

شکل ۴ ـ۶. الگوهای پراش پرتو ایکس از شیشه CF پس از ۱۰دقیقه عملیات حرارتی در پیک های تبلور ۵۰

شکل ۴ـ۷. تغییرات انقباض خطی بر حسب دمای سینتر..... ۵۲

شکل ۴ـ۸. تغییرات چگالی بالک بر حسب دمای سینتر..... ۵۲

شکل ۴ـ۹. تغییرات درصد تخلخل های باز بر حسب دمای سینتر..... ۵۳

شکل ۴ـ۱۰. تغییرات جذب آب بر حسب دمای سینتر..... ۵۳

شکل ۴ـ۱۱. تغییرات انقباض خطی بر حسب دمای سینتر..... ۵۶

شکل ۴ـ۱۲. تغییرات چگالی بالک بر حسب دمای سینتر..... ۵۶

شکل ۴ـ۱۳. تغییرات درصد تخلخل های باز بر حسب دمای سینتر ۵۷

شکل ۴ـ۱۴. تغییرات جذب آب بر حسب دمای سینتر ۵۷

شکل a ۴ـ۱۵. الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه CT در دماهای مختلف عملیات حرارتی ۵۹

شکل b ۴ـ۱۵. تغییرات کمی فازهای بلورین شیشه ـ سرامیک CT بر حسب دمای سینتر ۵۹

شکل b ۴ـ۱۶. الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه CF در دماهای مختلف عملیات حرارتی ۶۰

شکل b ۴ـ۱۶. تغییرات کمی فازهای بلورین شیشه ـ سرامیک CF بر حسب دمای سینتر ۶۱

شکل a ۴ـ۱۷. الگوهای پراش پرتو ایکس نمونه های کامپوزیت TF در دمای بهینه سینتر ۶۲

شکل b ۴ـ۱۷. تغییرات کمی فازهای بلورین نمونه های کامپوزیت TF ۶۳

شکل ۴ـ۱۸. روند تغییرات میکروسختی ویکرز نمونه های شیشه ـ سرامیک و کامپوزیت ها ۶۴

شکل ۴ـ۱۹. روند تغییرات استحکام خمشی نمونه های شیشه ـ سرامیک و کامپوزیت ها ۶۶

شکل ۴ـ۲۰. روند تغییرات چقرمگی شکست نمونه های شیشه ـ سرامیک و کامپوزیت ها ۶۷

شکل ۴ـ۲۱. تصویر سوراخ های ایجاد شده در نمونه های شیشه ـ سرامیک و کامپوزیت ها a)CT, b)CF, c)TF_1, d)TF_2, e)TF_3, f)TF_4 ..... ۶۹

شکل ۴ـ۲۲. نمای کلی از نمونه های سوراخکاری شده ۷۰

شکل ۴ـ۲۳. تصاویر SEM از ریزساختار نمونه شیشه ـ سرامیک CT بزرگنمایی a) ۵۰۰۰× b) ۱۰۰۰۰× c) ۱۵۰۰۰× d) ۳۰۰۰۰× ۷۲

شکل ۴ـ۲۴. آنالیز EDS از نقاط مشخص شده در شکل (a ۴ـ۲۲ d) نقطه ۱ b) نقطه۲ ..... ۷۲

شکل ۴ـ۲۵. تصاویر SEM از ریزساختار نمونه شیشه ـ سرامیک CF بزرگنمایی a) ۵۰۰× b) ۱۰۰۰× c) ۱۵۰۰۰× d) ۵۰۰۰۰× ۷۳

شکل ۴ـ۲۶. آنالیز EDS بلور مشخص شده در شکل (d ۴ـ۲۴) ۷۴

شکل ۴ـ۲۷. تصاویر SEM از ریزساختار نمونه کامپوزیت TF_3 بزرگنمایی a) ۵۰۰۰× b) ۱۰۰۰۰× c) ۱۵۰۰۰× d) ۵۰۰۰۰× ۷۵

شکل ۴ـ۲۸. تصاویر SEM از ریزساختار نمونه کامپوزیت TF_4 بزرگنمایی a) ۵۰۰× b) ۵۰۰۰× c) ۱۰۰۰۰× d)۱۵۰۰۰× e)۵۰۰۰۰×..... ۷۶

شکل ۴ـ۲۹. تصاویر SEM از حفرات نمونه کامپوزیت TF_4 بزرگنمایی a) ۵۰۰× b) ۱۰۰۰× c) ۲۵۰۰× d)۵۰۰۰× ۷۷

شکل ۴ـ۳۰. تصاویر SEM نمونه CT به همراه آنالیز EDS بعد از غوطه وری در SBF a)۷روز ۱۰۰۰× b) ۱۴روز ۱۰۰۰× c)۲۱ روز ۱۰۰۰× d)۲۱روز ۱۰۰۰۰× e)آنالیز EDS بعد از ۲۱ روز..... ۷۹

شکل ۴ـ۳۱. تصاویر SEM نمونه CF به همراه آنالیز EDS بعد از غوطه وری در SBF a)۷روز ۱۰۰۰× b) ۱۴روز ۱۰۰۰× c)۲۱ روز ۱۰۰۰× ۸۱

شکل ۴ـ۳۲. تصاویر SEM نمونه CF به همراه آنالیز EDS بعد از غوطه وری در SBF به مدت ۲۱ روز بزرگنمایی a)۱۰۰۰× b)۵۰۰۰× c) ۲۰۰۰۰× d)۳۰۰۰۰× e)آنالیز EDS بعد از ۲۱ روز..... ۸۲

شکل ۴ـ۳۳. تصاویر SEM نمونه TF_3 بعد از غوطه وری در محلول SBF a)۷روز ۱۰۰۰× b)۱۴روز ۱۰۰۰× c)۲۱ روز ۱۰۰۰× d)۲۱روز ۵۰۰۰× e)۲۱ روز ۱۵۰۰۰×..... ۸۴

شکل ۴ـ۳۴. تصاویر SEM نمونه TF_4 بعد از غوطه وری در محلول SBF a)۷روز ۸۰۰۰× b)۱۴روز ۱۰۰۰× c)۲۱ روز ۱۰۰۰× d)۲۱روز ۱۰۰۰۰× e)۲۱ روز ۱۵۰۰۰×..... ۸۵

شکل ۴ـ۳۵. تصاویر SEM نمونه TF_{4z} بعد از غوطه وری در محلول SBF به مدت ۷ روز با بزرگنمایی a) ۲۰۰× b) ۱۰۰۰× c) ۲۰۰۰× ۸۶

شکل ۴ـ۳۶. آنالیز FT-IR نمونه a CT) قبل از غوطه وری b) بعد از غوطه وری..... ۸۷

شکل ۴ـ۳۷. آنالیز FT-IR نمونه a CF) قبل از غوطه وری b) بعد از غوطه وری..... ۸۸

شکل ۴ـ۳۸. آنالیز FT-IR نمونه a TF_3) قبل از غوطه وری b) بعد از غوطه وری..... ۸۹

شکل ۴ـ۳۹. آنالیز FT-IR نمونه a TF_4) قبل از غوطه وری b) بعد از غوطه وری..... ۹۰

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲ـ۱. ترکیب شیشه های زیست فعال ارائه شده توسط Hench و همکارانش (درصد مولی)..... ۲۲

جدول ۳ـ۱. ترکیب شیمیایی شیشه های ساخته شده..... ۳۷

جدول ۳ـ۲. ترکیب کامپوزیت های TF (نسبت وزنی)..... ۳۹

جدول ۴ـ۱. مقادیر چگالی نمونه های شیشه ـ سرامیک و کامپوزیت ها..... ۶۵

جدول ۴ـ۲. مقادیر استحکام خمشی و چقرمگی شکست استخوان اسفنجی و قشری..... ۶۸

فهرست علائم اختصاری

PSA ..... Particle Size Analyzer

STA ..... Simultaneous Thermal Analysis

DTA ..... Differential Thermal Analysis

SEM ..... Scanning Electron Microscopy

EDS ..... Energy Dispersive Spectroscopy

FT-IR ..... Fourier Transform - Infrared Spectrometry

فصل اول:

مقدمه

۱ـ۱ـ مقدمه

بافت های سخت پستانداران یعنی استخوان، عاج و مینای دندان کامپوزیت هایی متشکل از ذرات معدنی، انواع مواد آلی همچون پروتئین ها و آب هستند. در واقع استخوان را می توان به عنوان یک کامپوزیت طبیعی در نظر گرفت که رشته های کلاژن الیاف این کامپوزیت و هیدروکسی آپاتیت زمینه آن را تشکیل می دهد که ابعاد این الیاف از ۱۰۰ تا ۲۰۰ نانومتر می باشد.

به طور کلی دو نوع بافت استخوانی متفاوت در بدن مشاهده می شود: بافت قشری[۱] یا کورتیکال[۲] و بافت اسفنجی یا ترابکولار[۳]. بافت قشری که با چشم غیر مسلح به صورت متراکم و بی شکل دیده می شود حدود ۸۰٪ کل جرم استخوان یک فرد بالغ را تشکیل می دهد. استخوان اسفنجی از یک ساختار سه بعدی متخلخل با اتصالات داخلی و قطرهای تخلخل مشخص تشکیل می شود. در بافت استخوان اسفنجی ماده زمینه ای استخوان به صورت تیغه های نامنظم دیده می شود که سلو ل های استخوانی در آن مستقر شده اند. در حفره های بین تیغه ها مغز استخوان قرار دارد که محل تولید سلول های خونی است. هر دو نوع بافت استخوانی کاملاً ناهمسانگرد[۴] هستند، که به عنوان یک مشخصه اصلی بافت های بلورین به حساب می آید. استخوان، نظیر دیگر بافت های پیوندی، شامل ماده ای زمینه ای و سلول های بافت استخوانی است.

اگرچه استخوان به عنوان محکم ترین بافت بدن شناخته می شود، اما به دلایل مختلفی همچون بیماری، حادثه و یا مشکلات مادرزادی احتمال آسیب رسیدن به آن وجود دارد. در عین حال با افزایش سن، آسیب پذیری بدن انسان نیز افزایش می یابد و در مقابل توانایی بدن برای بهبود و ترمیم آسیب ها و بیماری ها به شدت کاهش می یابد.

از گذشته های دور، همواره پزشکان در سراسر دنیا با مشکلات مربوط به بافت اسکلتی به عنوان یکی از مهم ترین مشکلات بالینی مواجه بوده اند. یکی از اصلی ترین راهکارهایی که تاکنون برای رفع انواع نقص های

[1] Compact
[2] Cortical
[3] Trabecular
[4] Anisotropic

استخوانی و غضروفی پیشنهاد شده و بیش از نیم قرن است به کار می رود، استفاده از انواع زیست مواد[5] (همچون کاشتنی ها[6] و داربست ها[7]) می باشد.

استفاده از سرامیک های مختلف به عنوان زیست ماده از دهه ۶۰ میلادی به شدت مورد توجه قرار گرفته است. سرامیک های زیستی مواد مصنوعی هستند که سازگاری بسیار خوبی با بافت زنده دارند و از اینرو می توانند در پزشکی، جهت ترمیم نقایص و جایگزینی بافت آسیب دیده، مورد استفاده قرار گیرند. اساس برتری سرامیک های زیستی نسبت به سایر زیست مواد (مواد فلزی و پلیمری)، زیست سازگاری بسیار عالی آنهاست. این زیست سازگاری در ابتدا از آنجا ناشی می شود که سرامیک ها عمدتاً از عناصری نظیر کلسیم، پتاسیم، فسفر، سدیم و منیزیم تشکیل شده اند که این عناصر به طور طبیعی در محیط های فیزیولوژیک بدن، یافت می شوند. همچنین سرامیک ها بر خلاف فلزات مختلف، حتی پس از قرار گرفتن در محیط فیزیولوژیک به مدت طولانی، دچار تغییرات شیمیایی شدید نمی شوند، این رفتار به برخورداری سرامیک ها از پیوندهای قوی کوالانسی، یونی یا ترکیبی از این دو نسبت به فلزات برمی گردد. به علاوه، چنانچه در دراز مدت در آنها تخریب مکانیکی و یا شیمیایی رخ دهد، غلظت محصولات ناشی از تخریب در همسایگی بافت زنده به آسانی توسط ساز و کارهای طبیعی بدن مهار می شود. بنابراین سرامیک های زیستی را می توان مناسب ترین مواد مصنوعی سازگار با بدن در نظر گرفت.

از میان سرامیک های زیستی، شیشه ـ سرامیک های زیست فعال[8] علاوه بر دارا بودن خواص زیست فعالی و زیست سازگاری، می توانند در کاربردهای تحمل بار که نیاز به استحکام خمشی، چقرمگی شکست و مدول الاستیک قابل توجهی دارند، استفاده شوند.

در شیشه ـ سرامیک های متعلق به سیستم $CaO-P_2O_5-Na_2O-TiO_2$ (CPNT) در مرحله عملیات حرارتی فازهای بلورین بتا تری کلسیم فسفات ($\beta-Ca_3(PO_4)_2$) و بتاپیروفسفات کلسیم ($\beta-Ca_2P_2O_7$) تشکیل می شوند. ویژگی این شیشه ـ سرامیک ها، رفتار زیست فعالی مناسب در محیط بدن و قابلیت ماشینکاری مناسب به دلیل تبلور فاز پیروفسفات کلسیم می باشد. از طرفی دیگر شیشه ـ سرامیک های متعلق به سیستم -CaO

[5] Biomaterials
[6] Implants
[7] Scaffold
[8] Bioactive

P_2O_5-MgO-SiO_2-F^- (CPMSF) دارای فازهای بلورین فلوروآپاتیت ($Ca_5F(PO_4)_3$) و ولاستونیت ($CaO.SiO_2$) می باشد. این شیشه ـ سرامیک ها به دلیل داشتن فاز ولاستونیت از سختی مناسب و استحکام بالایی برخوردارند، هرچند قابلیت ماشینکاری شوندگی مناسبی ندارند.

هدف از انجام پژوهش حاضر، ساخت کامپوزیت های زیست فعال با استفاده از تلفیق دو سیستم شیشه ـ سرامیکی CPNT و CPMSF می باشد. انتظار می رود در کامپوزیت های مذکور، بهبود خواص مکانیکی از جمله استحکام خمشی و چقرمگی شکست با تبلور فاز ولاستونیت و بهبود ماشینکاری شوندگی توسط فاز پیروفسفات کلسیم به همراه حفظ خاصیت زیست فعالی از طریق تبلور فازهای بتاپیروفسفات کلسیم و فلوروآپاتیت تأمین شود. لازم به ذکر است که هرچند هر یک از سیستم های شیشه ـ سرامیکی مذکور موضوع بحث و بررسی پژوهشگران بوده است، اما ایده تلفیق این دو سیستم با یکدیگر جهت بهبود خواص تاکنون مورد توجه قرار نگرفته است.

در این راستا کامپوزیت هایی با نسبت های مختلف (وزنی) از دو سیستم CPNT : CPMSF (۱۰۰:۰، ۸۰:۲۰، ۶۰:۴۰، ۴۰:۶۰، ۲۰:۸۰، ۰:۱۰۰) تهیه شده و رفتار زینترپذیری و تبلور آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. پس از تعیین شرایط بهینه زینتر، نمونه های ظینتر شده به لحاظ خواص مکانیکی شامل استحکام خمشی، سختی، چقرمگی شکست و ماشینکاری شوندگی مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین زیست فعالی کامپوزیت های ساخته شده پس از قرارگیری در مایع شبیه سازی شده بدن (SBF)[9] سنجیده شد.

[9] Simulated Body Fluid