

تأثیر سیلیکات زیرکونیم بر خواص رنگی، چگونگی ذوب و ضریب انبساط لعابهای پرسلانی

علی آراسته نوده

استادیار مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی - واحد قوچان

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۱/۲۴

پیام نگار: aliarastehnodeh@iauu.ac.ir

چکیده

در این مقاله، به بررسی تأثیر افزایش سیلیکات زیرکونیم در مقادیر ۲ تا ۱۴ درصد به لعاب پایه پرسلانی در دمای پخت ۱۳۵۰ درجه سلسیوس بر خواص فیزیکی و نوری و رنگ آن می‌پردازیم. با افزایش مقادیر یاد شده در لعاب، خواص آن از طریق اندازه‌گیری دانه بندی، رنگ، ضریب انبساط گرمایی، پراش پرتو X، و آنالیز شیمیایی، و در نهایت مطالعه تصاویر در زیر میکروسکوپ الکترونی بررسی می‌شود. نتایج حاکی از آن‌اند که با افزایش سیلیکات زیرکونیم در دانه بندی و ترکیب شیمیایی ثابت تا ۱۰٪، تأثیر بسیار خفیفی بر رنگ مشاهده می‌شود. تغییرات رنگ در ۱۲٪ شروع می‌شود و بعد از آن شدت می‌گیرد. میزان این تغییر به میزان بلورهای آزاد سیلیکات زیرکونیم وابسته است که ضریب شکست نور و ضریب انبساط گرمایی را به شدت تغییر می‌دهد. پراکندگی پدیده نور در ترکیب ۱۴٪، به نسبت ترکیب ۱۲٪، سطح را از حالت درخشنده به مات تبدیل می‌کند. علاوه بر این، تعدد بلورهای بادلیت، اکسید زیرکونیم و سیلیکات زیرکونیم با ضریب شکست نور متفاوت، خواص ماتی سطح را افزایش می‌دهد بنابراین، ترکیب ۱۲٪ می‌تواند یک نقطه بهینه برای لعاب نیمه کدر (اپک) شفاف با گرانش مناسب باشد.

کلیدواژه‌ها: سیلیکات زیرکونیم، لعاب‌های پرسلانی، لعاب‌های کدر

۱. مقدمه

بسیاری از خواص بدنه سرامیکی را بهبود می‌بخشد. این پوشش با به‌کارگیری مواد معدنی مختلف روی هر قطعه سرامیکی پوششی به ضخامت ۰/۱۵ تا ۰/۴ میلی‌متر ایجاد می‌کند و به خوبی به سطح بدنه می‌چسبد.

از خواص و مشخصه‌های مهم لعاب، افزایش پایداری در مقابل ترک است. همچنین، مقاومت در برابر اسیدها و قلیایی‌ها از جمله خواص جالب لعابهاست. از آنجا که معمولاً سطح سرامیکها پس از پخت نایکنواخت و ناهموار است، برای از بین بردن این ناهمواریها و نیز به‌خاطر زیباسازی، سطح قطعات سرامیکی با لعاب پوشانده می‌شوند.

بنابر تعریف، لعاب عبارت است از پوششی شیشه‌ای که در حکم پوشش سطح بدنه‌های سرامیکی به منظور ایجاد خواصی چون زیبایی و نفوذناپذیری در برابر رطوبت و مواد شیمیایی به‌کار گرفته می‌شود و دارای ساختار نامنظم (غیر بلوری) یا بلوری است [۱]. لعاب، طی فرایند تولید فرآورده‌های سرامیکی روی سطح بدنه پوشش داده می‌شود و پس از گذراندن فرایند پخت شکل می‌گیرد و

* قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، دانشکده مهندسی شیمی

1. Formation Micro Imager (FMI)
2. Well Testing
3. Single Porosity

مذاب حل نمی‌شوند و یا با مواد مذاب و اکنش شیمیایی انجام نمی‌دهند. موادی مانند SiO_2 , Sb_2O_3 , ZrO_2 و سیلیکات زیرکونیم به خاطر ایجاد رنگ سفید و کدر مناسباند، ولی توزیع یکنواخت آنها در تمام لعابها امکان پذیر نیست.

۲.۲ کدروی ناشی از جدایش

کدروی می‌تواند از جدا شدن بلورهای ریز هنگام تبرید ایجاد شود. برای این منظور، باید امکاناتی را فراهم آورد تا جوانه‌های بلوری زیادی به وجود آیند. چنین تبلوری از ذرات کوچک با ضریب شکست زیاد (جدول (۱)) به ایجاد مرزهای فازی واضح و مشخص و توزیع یکنواخت آن منجر می‌شود، زیرا این مواد متبلور شده قبلاً در لعاب مذاب کاملاً یا دست کم تا قسمتی حل شده اند. بنابراین، اثر کدرکنندگی مطلوبی ایجاد می‌کنند. بهترین شرایط برای کدرسازی در این روش دستیابی به اندازه مناسب ذرات است که از طریق گرانیوی مذاب و سرعت تبرید مناسب کنترل می‌شوند. برای این منظور، استفاده از تیتانیوم اکسید و زیرکونیم سیلیکات به عنوان مواد کدرکننده مناسبترند.

۳.۲ کدروی ناشی از ناهمگنی

اگر لعاب مذاب به صورت دو فاز [۲]، یعنی در آن یک فاز به صورت قطره‌های ریز در بقیه مذاب پخش شده باشد، ممکن است کدروی لعاب پیش آید. در این فرایند، با توجه به ترکیبات لعاب، فاز پخش شده در هنگام تبرید می‌تواند به صورت شیشه ای (مانند شیشه بوراتی) یا بلوری کدر (شیشه فسفاتی) سخت شود. در چنین حالتی اختلاف میان ضرایب شکست خیلی زیاد نیست و در نتیجه حالت کدروی خیلی موثر نخواهد بود.

جدول ۱. ضریب شکست بلورهای مختلف.

نام ماده	ضریب شکست
Al_2O_3	۱/۷۶-۱/۷۷
مولایت	۱/۶۴-۱/۶۵
Sb_2O_3	۲/۱۸-۲/۶۰
As_2O_3	۱/۸۷-۲/۰۱
SnO_2	۲-۲/۰۹
ZrO_2 , SiO_2	۱/۹۲-۲/۰۵
TiO_2	۲/۵۰-۲/۶۷

در بسیاری لعابهای شیشه‌ای عیبهایی بروز می‌کند که با چشم غیر مسلح قابل مشاهده نیستند و بدون این‌که در سطح خارجی لعاب مشکلی ایجاد کنند، باعث ماتی آن می‌شوند. چنین عیبهایی که دارای ابعادی در حدود ۵۰ تا ۲۰۰ نانومترند، به ویژه در لعابهای کدر سفید و لعابهای براق یافت می‌شوند. عبور نور از این لعابها بسیار محدود و ناچیز است و لعاب را کدر و مات می‌کند [۲]. هر چه عیبها و نقصها کوچکتر و تعداد آنها بیشتر باشد، حالت کدروی لعاب شدیدتر خواهد شد. چنین عیبهایی می‌توانند در ذرات نامحلول به صورت بلورهای کوچک، حبابهای کوچک و یا قطرات ناهمگن بروز کنند.

لعابهای کدر کم و بیش قابلیت عبور دادن نور را ندارند و دارای سطح خارجی صیقلی و براق هستند. در اکثر موارد، این لعابها سفید بی رنگ‌اند و به نوعی بدنه‌های رنگی را می‌پوشانند. قدرت پوشش آنها چنان زیاد است که با ضخامت کم می‌توانند رنگ بدنه را بپوشانند.

علت ایجاد حالت کدروی سفید، شکست و بازتاب نور فرودی بر مرز فازهای بسیار زیاد در لایه لعاب است، به گونه ای که پرتوهای نور پراکنده می‌شوند. هر چه فازهایی با ترکیبهای مختلف در لایه لعاب بیشتر پخش شوند و دارای اختلاف ضریب شکست بیشتری نسبت به ماتریس لعاب باشند، کدروی با شدت بیشتری بروز می‌یابد. به این دلیل، از لحاظ نظری، پراکندگی فازهای جامد و بلوری مایع یا گازی با هم تفاوتی ندارند. بهترین اثر کدروی وقتی پیش می‌آید که اندازه ذرات پخش شده حباب یا قطره‌های کوچک در حدود ۲ تا ۲۰۰ نانومتر باشد. به طور کلی، می‌توان چهار سازوکار مختلف را برای ایجاد کدروی بازشناخت.

۲. روش‌های کدر سازی لعاب

۱.۲ کدروی ناشی از دانه‌های رنگی

مواد جامد متبلور دانه‌های رنگی که به ماده اولیه اضافه می‌شوند، بر اثر توزیع یکنواخت، لعاب را کدر می‌کنند. برای این منظور، چنین موادی را باید بسیار نرم آسیاب کرد و به این ترتیب قابلیت توزیع آنها بهتر می‌شود. لعاب در حالت مذاب نباید این مواد کدر کننده را در خود حل کند. در صورتی که ذرات کدر کننده حل شوند، مرز ذرات به طور واضح از یکدیگر متمایز نخواهد شد و در نتیجه اثر کدروی کمتر می‌شود. مواد بسیار کمی یافت می‌شوند که در لعاب

۴.۲ کدری ناشی از گاز

مصرف‌کننده در کاربرد آن از بین می‌رود. اگر بتوانیم تمامی طیف نور تابیده شده به سطح لعاب را بتابانیم، امواج مختلف نور سفید بازتابیده می‌شوند، در نتیجه لعاب سفید دیده خواهد شد؛ به چنین لعابی که نور از آن عبور نمی‌کند و تمامی آن می‌تابد و ضمناً از شفافیت لازم برخوردار است، لعاب کدر (اپک) سفید می‌گویند. در این تحقیق مرزی از سفیدی مورد نظر است که سطح بدنه را بپوشاند ولی کیفیت و براقیت آن را از بین نبرد.

۳.۳ مواد و روشها

برای انجام بررسی‌ها، یک ترکیب پایه پرسلان با ترکیب مندرج در جدول (۲) در نظر گرفته می‌شود و سپس در ۷ مرحله، هر مرحله ۲٪ از مقدار سیلیس کم می‌شود و به جای آن از زیرکونیم سیلیکات سودجسته شده است. مواد مصرفی و آنالیز شیمیایی آن در جدول (۳) درج شده است.

ایجاد حبابهای کوچک گازی درمذاب غلیظ، اثر کدری شدیدی به بار خواهد آورد. این روش ارزانتترین روش کدر کنندگی است. مشکل اساسی در این روش از این قرار است که تمام حبابها تمایل دارند برای ایجاد حباب بزرگتر به یکدیگر بپیوندند، و از سوی دیگر چون گرانشی مذاب بسیار زیاد است، در سطح خارجی قطعه، حبابها نمی‌توانند به صورت یکنواخت جاری شوند. از چنین روش کدرسازی برای لعابهای فلدسپاتی، لایه‌های ضخیم لعابی که حاوی مقدار زیادی کوارتز است، استفاده می‌شود. در این حالت، حبابهای کوچک به عنوان مراکز تبلور برای کدر کننده‌های بلوری مفید است. استفاده از لعاب شفاف در بدنه‌های چینی مظهر نیاز به مصرف مواد اولیه مرغوب در بدنه و نیز طی فرایند کاملاً بدون آلودگی با کوره ای گاز سوز دارد. از سوی دیگر، هرگاه از لعابهای صرفاً کدر استفاده شود، جلا و براقیت و در نتیجه کیفیت و رغبت

جدول ۲. ترکیب لعاب پایه و لعابهای آزمایشی.

نام ماده	Z0(%)	Z1(%)	Z2(%)	Z3(%)	Z4(%)	Z5(%)	Z6(%)	Z7(%)
دولومیت	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
فلدسپار پتاسیک	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
کئولن میکرونیزه	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷	۱۷
کائولن سوپر	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
کائولن آلمان	۶/۵	۶/۵	۶/۵	۶/۵	۶/۵	۶/۵	۶/۵	۶/۵
سیلیس	۳۲/۵	۳۰/۵	۲۸/۵	۲۶/۵	۲۴/۵	۲۲/۵	۲۰/۵	۱۸/۵
زیرکونیم سیلیکات	۰	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴

جدول ۳. ترکیب مواد به کار رفته.

نام ماده	LOI	Zr ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂
دولومیت	۴۷/۹۴	۰	۲۰/۵۷	۳۰/۵۳	ناچیز	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۳۰
فلدسپار پتاسیک	۰/۱۵	۰	ناچیز	۰/۰۵	۲/۵۱	۱۲/۵۰	۱۸/۱۴	۶۶/۶۵
کئولن میکرونیزه	۶/۲۴	۰	۰/۰۱	۰/۷۸	۰/۰۹	۰	۱۷/۶۴	۷۴/۷۷
کائولن سوپر	۹/۹۳	۰	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱۴	۲۵/۹۲	۶۳/۴۳
کائولن آلمان	۱۲/۴۱	۰	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۲۱	۳۴/۰۲	۵۲/۶۲
سیلیس	ناچیز	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹۹/۹۹
زیرکونیم سیلیکات	۰	۶۷/۲۵	۰	ناچیز	۰	۰	۰	۳۲/۷۵

سیستم‌های رنگ سنجی است که با استاندارد CIE تعریف شده است. در این استاندارد، L^* مشخصه شدت روشنایی^۴ است (که در عمل به آن سفیدی می‌گویند)، a^* گرایش به رنگ قرمز، و $-a^*$ گرایش به رنگ سبز را بیان می‌کند. b^* شاخص گرایش به سمت رنگ زرد و $-b^*$ گرایش به سمت آبی است (شکل (۲)). حد بالای درجه بندی عدد ۲ است.

برای تعیین آنالیز شیمیایی ترکیبات لعاب از دستگاه تجزیه پرتو ایکس^۵ استفاده شد. همچنین، برای شناسایی ساختار نمونه‌ها و شناسایی میزان فاز مذاب و اندازه بلورها از میکروسکوپ الکترونی نوع کمبریج^۶ بهره گرفته شد. قبل از بررسی نمونه‌ها بر روی آنها با استفاده از اسپاتیر پوشش طلا انجام شده است.

۴. نتایج و بحث

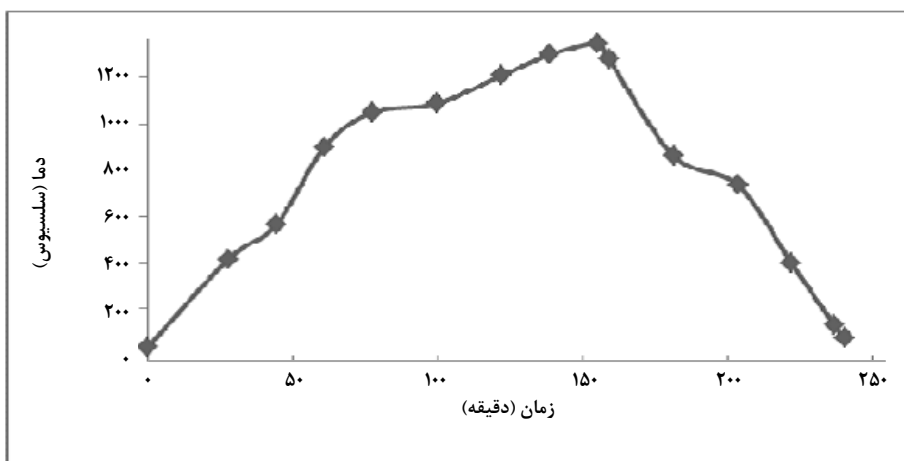
۴.۱ تجزیه شیمیایی

در جدول (۴) نتایج تجزیه شیمیایی بدنه‌ها را که با دستگاه XRF گرفته شده، درج کرده‌ایم. در تمامی بدنه‌ها میزان اکسیدها، جز سیلیس و زیرکونیم، ثابت‌اند. بخصوص، میزان آهن که تاثیر خاصی بر رنگ می‌گذارد. این موضوع نشان می‌دهد تغییر خواص تحت تاثیر میزان زیرکونیم سیلیکات خواهد بود.

۲۵۰۰ گرم از مواد مطابق جدول (۱) به همراه ۱۲۵۰ سی سی آب داخل جارمیل ۵ لیتری، به همراه ۲۵۰۰ گرم گلوله ریخته و به مدت ۱۴ ساعت آسیاب شد تا به دانه‌بندی ۹۰٪ کمتر از ۳۳ میکرون رسید. سپس، دانه‌بندی لعاب حاصل، با بهره‌گیری از دستگاه اندازه‌گیری دانه‌بندی به روش لیزری^۱ اندازه‌گیری شده است.

سپس مخلوط لعاب آماده شده در چگالی $1/32(g/cm^3)$ تنظیم و چند قطعه فنجان لعاب زده شد. برای کنترل کردن رنگ و انجام آزمون دیلاتومتری، قسمتی از لعاب با مقدار وزنی مشخص داخل کاسه ریخته شد و پس از خشک شدن داخل کوره با دمای ۱۳۶۰ درجه سلسیوس در مدت زمان ۴ ساعت با منحنی شکل (۱) قرار داده شده است و از نمونه‌های پخته شده با دستگاه رنگ سنج کالرای رنگ سنجی و با دستگاه دیلاتومتری^۲ ضریب انبساط گرمایی و از طریق گرانروی سنج ریزشی، گرانروی پخت اندازه گرفته شده است. برای اندازه‌گیری ضریب حرارتی به قطعات لعاب خورده، مطابق استاندارد ۱۱۶۴ ملی ایران تا دمای ۲۰۰ درجه سلسیوس، در کوره حرارت داده و سپس در آب سرد قرار داده می‌شود.

در این مطالعه، رنگ به کمک دستگاه طیف‌سنج^۳ اندازه‌گیری شده است. رابطه رنگ شناسی دستگاه با بهره‌گیری از رابطه کلاب (CLAB) برقرار می‌شود که در آن خصوصیات شناسایی رنگ با سه پارامتر a^* ، L^* و b^* نشان داده می‌شود. این سیستم یکی از



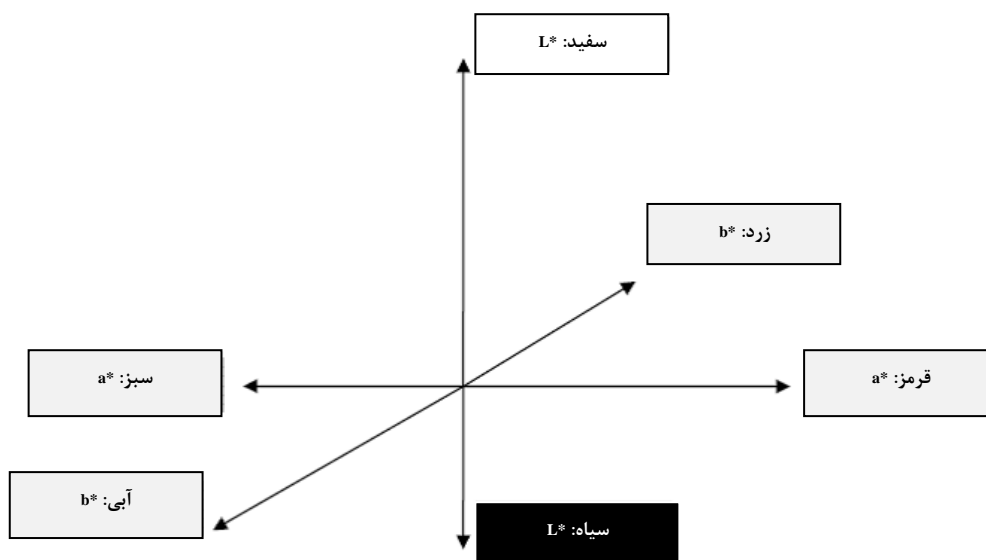
شکل ۱. منحنی پخت لعاب.

۱. سیلاس ۹۲۰

2. Netzsch-Dil402pc
5. XRF-Panatical 7602

3. COLOREYE XTH, Gretagmacbeth Co
6. Cambridge S360 Analytical Scanning Electron Microscope

4. Illumination



شکل ۲. مبنای رنگ سنجی [۴].

جدول ۴. نتایج تجزیه شیمیایی بدنه‌ها (%).

SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Zr ₂ O ₃	LOI	Fe ₂ O ₃	کد فرمول
۶۳/۶۱	۱۰/۱۷	۰/۵۸	۲/۶۰	۶/۴۱	۴/۳۷	۰	۱۱/۸۲	۰/۱۴	Z0
۶۲/۲۸	۱۰/۱۷	۰/۵۸	۲/۶۰	۶/۴۱	۴/۳۷	۱/۵۲	۱۱/۸۲	۰/۱۴	Z1
۶۰/۹	۱۰/۱۷	۰/۵۸	۲/۶۰	۶/۴۱	۴/۳۷	۲/۶۹	۱۱/۸۲	۰/۱۴	Z2
۵۹/۶	۱۰/۱۷	۰/۵۸	۲/۶۰	۶/۴۱	۴/۳۷	۴/۰۳	۱۱/۸۲	۰/۱۴	Z3
۵۸/۲۶	۱۰/۱۷	۰/۵۸	۲/۶۰	۶/۴۱	۴/۳۷	۵/۳۸	۱۱/۸۲	۰/۱۴	Z4
۵۶/۹۲	۱۰/۱۷	۰/۵۸	۲/۶۰	۶/۴۱	۴/۳۷	۶/۷۲	۱۱/۸۲	۰/۱۴	Z5
۵۵/۵۸	۱۰/۱۷	۰/۵۸	۲/۶۰	۶/۴۱	۴/۳۷	۸/۰۷	۱۱/۸۲	۰/۱۴	Z6
۵۴/۲۵	۱۰/۱۷	۰/۵۸	۲/۶۰	۶/۴۱	۴/۳۷	۹/۴۱	۱۱/۸۲	۰/۱۴	Z7

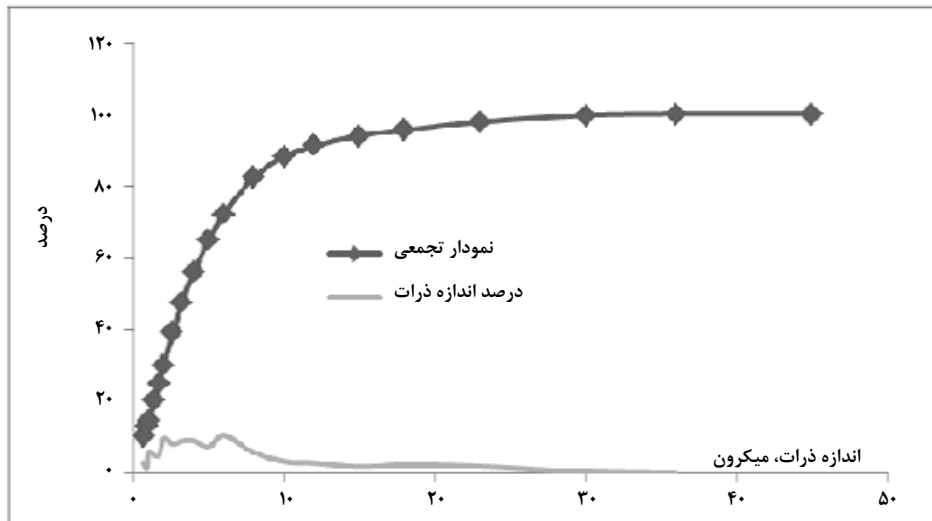
محدوده تقریباً یکسانی قرار می‌گیرند تا ابعاد ذرات بر روی نتایج ناچیز باشد. در شکل (۳) منحنی دانه‌بندی لعاب Z₇ را مشاهده می‌کنید.

۴.۲ دانه بندی

در جدول (۵) دانه بندی لعاب‌های آماده شده بر حسب میکرون (میکرومتر) درج شده است. دانه بندی کلیه لعاب‌ها در

جدول ۵. ابعاد ذرات لعاب‌های آماده شده بر حسب میکرون.

Z7	Z6	Z5	Z4	Z3	Z2	Z1	
۵/۸۸	۶/۰۵	۵/۸۱	۶/۸	۶/۴	۶/۹۲	۶/۶۷	متوسط
۳۶	۳۶	۴۵	۴۵	۳۶	۴۵	۴۵	بزرگترین اندازه
۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۲	۱/۰۵	۱/۲۱	۱/۱۸	۱/۲	۱۰٪ ابعاد ذرات
۱۹/۳۹	۱۹/۷۱	۲۰/۸۵	۲۲/۵۱	۲۰/۱۴	۲۲/۹۳	۲۲/۰۱	۹۰٪ ابعاد ذرات



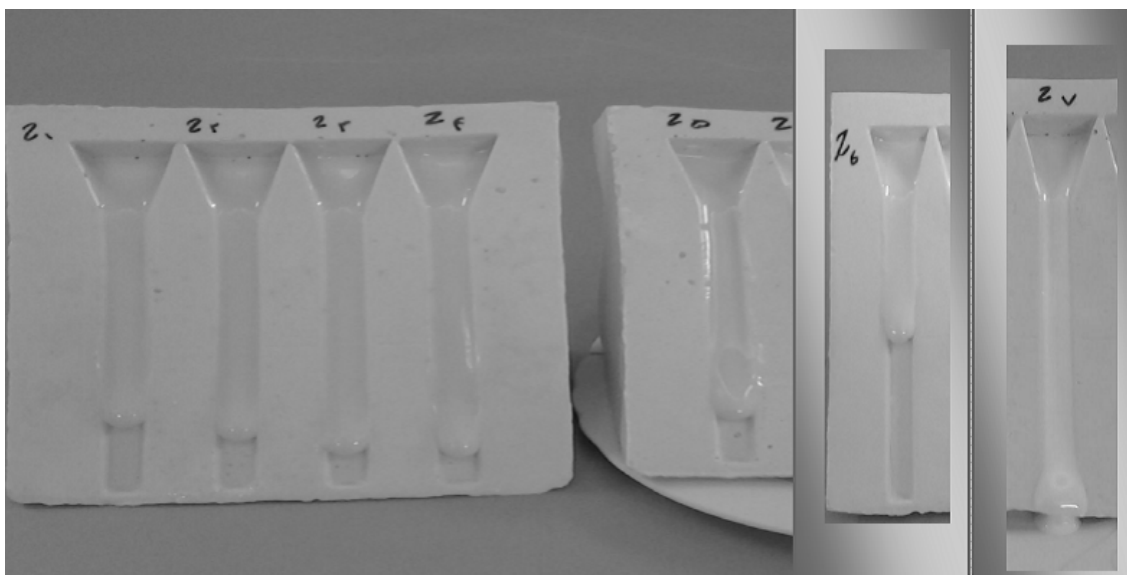
شکل ۳. منحنی دانه‌بندی لعاب Z_7 .

۳.۴ گرانیروی مذاب

در شکل (۴) گرانیروی مذاب لعاب‌ها را مشاهده می‌کنید. نتایج حاکی از آن‌اند که از لعاب Z_0 تا Z_5 هر چه از میزان سیلیس مصرفی کم و به جای آن از زیرکونیم سیلیکات استفاده شده، گرانیروی لعاب به میزان ناچیزی کمتر شده است. اما در لعاب Z_6 روانروی (عکس گرانیروی) ناگاه از عدد ۹ به عدد ۵ کاهش یافته و در لعاب Z_7 به شدت افزایش یافته است، به طوری که به طور کامل از روی گرانیروی سنج خارج شده است.

۴.۴ رنگ

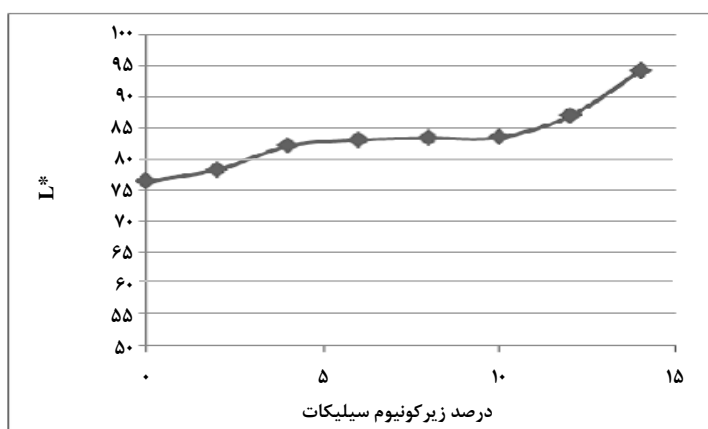
در جدول (۶) و شکل (۵) مشاهده می‌کنید که بر اثر اضافه کردن زیرکونیم سیلیکات، در ابتدا یک بهبود رنگ مشاهده می‌شود سپس با اضافه کردن زیرکونیم سیلیکات تغییری در رنگ مشاهده نمی‌شود، تا این‌که در درصدها ۱۲ و ۱۴ این تغییر رنگ کاملاً مشهود خواهد بود.



شکل ۴. روانروی لعاب‌ها با استفاده از گرانیروی سنج ریزشی (شره).

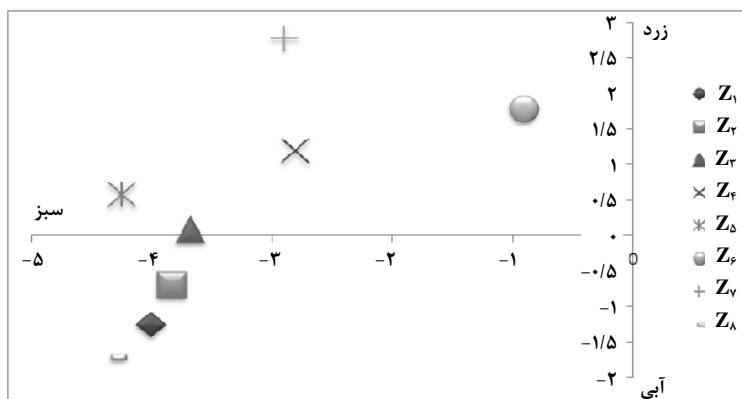
جدول ۶. نتایج حاصل از رنگ سنجی.

لعب	b*	a*	L*
Z ₀	-۱/۷۳	-۴/۳۲	۷۶/۴
Z ₁	-۱/۲۶	-۴/۰۰	۷۸/۳
Z ₂	-۰/۷۲	-۳/۸۲	۸۲/۸۷
Z ₃	۰/۰۷	-۳/۶۷	۸۳/۱
Z ₄	۱/۱۹	-۲/۸۰	۸۳/۴۳
Z ₅	۰/۵۷	-۴/۲۴	۸۳/۵۱
Z ₆	۱/۴۵	-۲/۰۲	۸۶/۹۸
Z ₇	۲/۷۷	-۲/۸۹	۹۴/۲۸



شکل ۵. میزان سفیدی بدنه‌های مختلف.

در شکل (۶) میزان تمایل رنگ سفید به سبزی و زردی را مشاهده می‌کنید. پراکندگی در این گرایش رنگ مشاهده می‌شود. اما می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش زیرکونیوم سیلیکات از گرایش به سبزی کم شده و تمایل به زردی افزایش می‌یابد.



شکل ۶. گرایش به زردی و سبزی.

برای مقایسه رنگ نمونه‌ها با رنگ نمونه مرجع، از فرمول (۱) استفاده می‌شود

$$\Delta E = \sqrt{(a^*_{\text{sample}} - a^*_{\text{reference}})^2 + (b^*_{\text{sample}} - b^*_{\text{reference}})^2 + (L^*_{\text{sample}} - L^*_{\text{reference}})^2} \quad (1)$$

کمی بلور ریز در لعاب Z_6 ، در مقایسه با فاز کاملاً بلورین لعاب Z_6 در حالی که در لعاب Z_6 تک بلورهای درشت ZrO ، $ZrSiO_4$ در ابعاد کوچک مشاهده می‌شود. از آنجا که ضریب شکست نور در بادلیت ($2/13$) و زیر کونیم اکسید ($2/33$) از ضریب شکست نور در زیر کونیم سیلیکات بزرگتر است، سطح لعاب Z_7 نور بیشتری را پراکنده کرده و سفیدتر به نظر می‌آید. علاوه بر این، در زاویه‌های $35/5^\circ$ ، 56° ، 20° ، 27° ، قله‌های مربوط به زیر کونیم سیلیکات در Z_6 تیز تر از Z_7 اند، که به معنای توانایی کمتر در بازتابش نور مرئی است. علاوه بر این، در Z_7 قله‌هایی در $17/5^\circ$ ، 24° ، $24/5^\circ$ ، 28° ، $30/5^\circ$ ، $31/5^\circ$ ، 34° ، $34/5^\circ$ ، $41/5^\circ$ ، $49/50^\circ$ ، 51° ، 59° ، 60° مشاهده می‌شوند، که در Z_6 نیست. یعنی Z_7 توانایی بازتاباندن نور بیشتری را دارد.

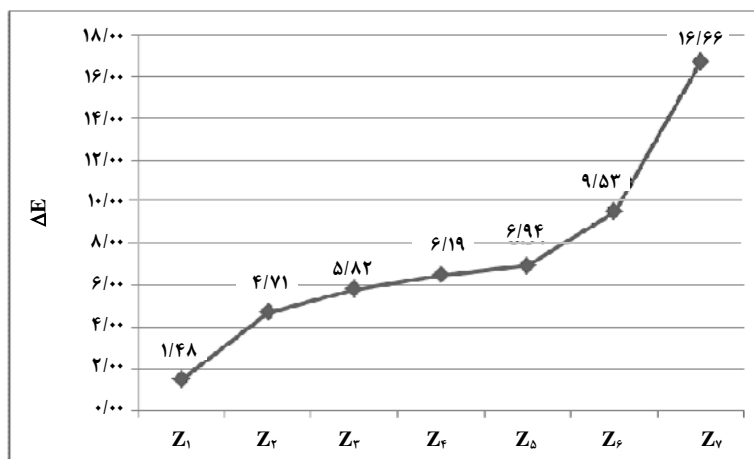
در شکل (۷) نتایج این مقایسه را مشاهده می‌کنید که تحلیل‌های پیشین را تکرار می‌کند. شدت تغییر رنگ بین نمونه Z_6 و Z_7 کاملاً مشهود است. بنابراین، مطالعات ساختاری بین این دو نمونه صورت گرفته است.

۵.۴ ضریب انبساط گرمایی

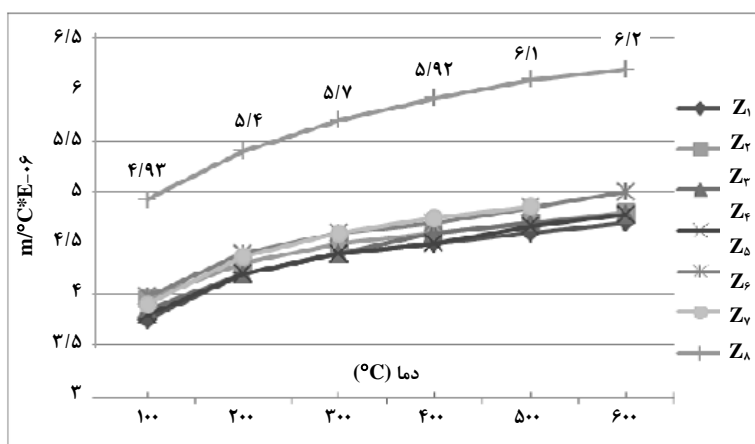
در شکل (۸) نتایج حاصل از دیلاتومتری نمونه‌ها را مشاهده می‌کنید. تغییرات ضریب انبساط گرمایی بین Z_6 و Z_7 بر نیاز به مطالعات ساختاری این دو لعاب تأکید می‌کند.

۶.۴ مطالعات ساختاری با XRD

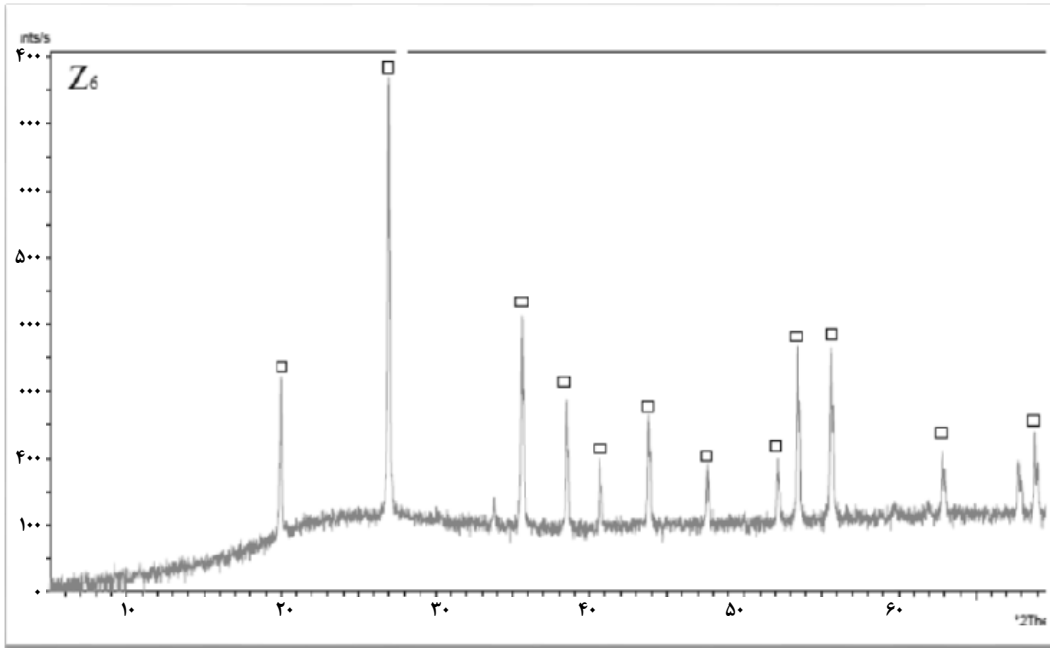
در شکل (۹) نتایج پراش‌سنجی پرتو ایکس دو لعاب Z_6 و Z_7 را در مقایسه با هم مشاهده می‌کنید. یک فاز کاملاً بی‌ریخت با مقدار



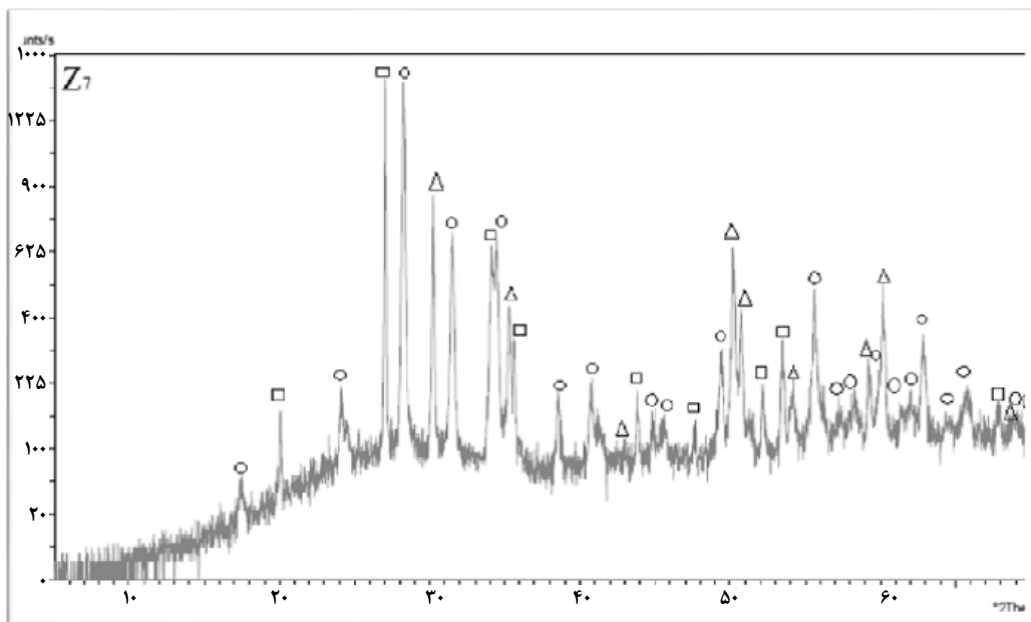
شکل ۷. مقایسه کیفیت رنگ نمونه‌ها با نمونه مرجع.



شکل ۸. ضریب انبساط گرمایی نمونه‌ها در دماهای مختلف.



(الف)

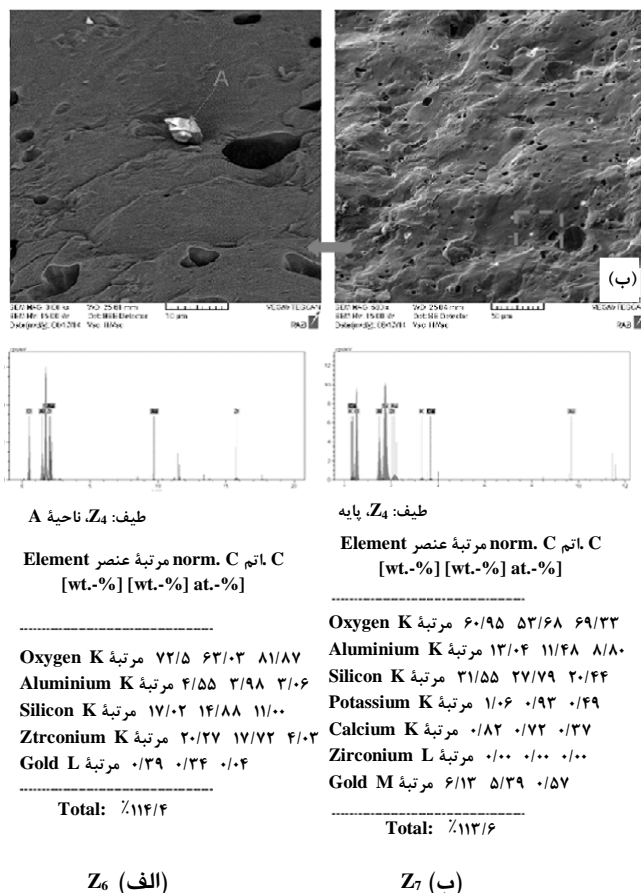
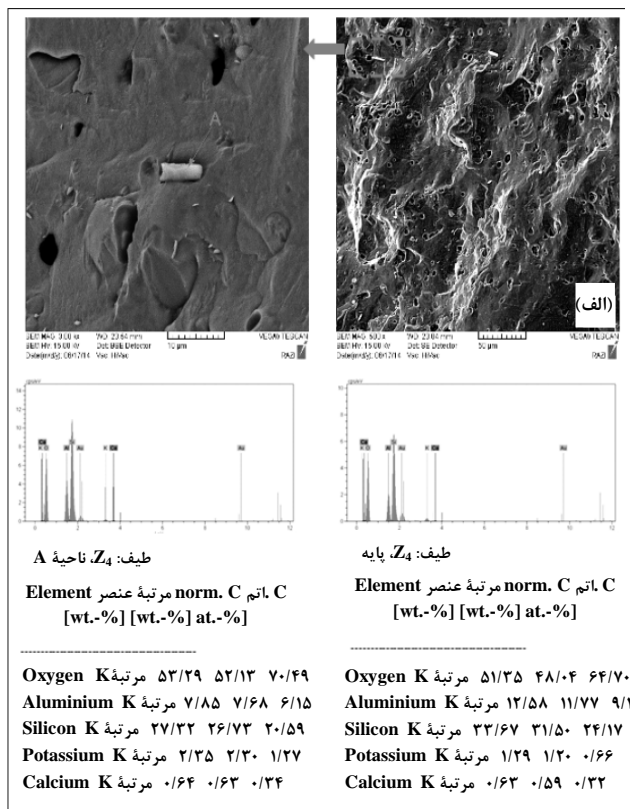


(ب)

شکل ۹. نمودار پرتو X لعاب‌های Z6, Z7 (Δ زیرکونیم اکسید، ○ بادلیت، □ زیرکن).

کنا حفره‌های سیاه رنگ ناشی از حبس ذرات هوا نیز در این شکل قابل مشاهده‌اند. در شکل (۹-ب) فاز بلوری مملو از بادلیت، زیرکن، و زیرکونیم اکسید مشاهده می‌شود که عامل اصلی کدری لعاب به‌شمار می‌آیند.

ساختار میکروسکوپی همراه با تجزیه نقطه‌ای نمونه‌های Z6 و Z7 را در شکل (۱۰) مشاهده می‌کنید. بنابر فرمول زگر، نسبت Si/Zr در لعاب Z6 معادل ۱۵/۵۱، و برای لعاب Z7 معادل ۱۲/۹۹ است. در شکل (۹-ب) بلورهای میله‌ای A که شامل عناصر Al/Si/K/Ca هستند، در ماتریس مشاهده می‌شود. رگه‌های سفید شامل ZrO₂ در



شکل ۱۰. تصاویر گرفته شده با میکروسکوپ الکترونی (SEM).

۵. نتیجه گیری کلی

در این تحقیق، تأثیر مقادیر متفاوت زیرکونیم سیلیکات بر خواص نوری و شیمیایی و فیزیکی لعاب سرامیک بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهند که با افزایش زیرکونیم سیلیکات در دانه بندی و ترکیب شیمیایی ثابت تا ۱۰٪ تأثیر بسیار خفیفی بر رنگ مشاهده می‌شود. تغییرات رنگ در ۱۲٪ شروع می‌شود و بعد از آن شدت می‌گیرد. میزان این تغییر وابسته به میزان بلورهای آزاد زیرکونیم سیلیکات است که ضریب شکست نور و ضریب انبساط گرمایی را به شدت تغییر می‌دهد. به علاوه، پراش پدیده نور در ترکیب ۱۴٪ به نسبت ترکیب ۱۲٪، سطح را از حالت درخشنده به مات تبدیل می‌کند. افزون بر اینها، تعدد بلورهای بادلیت، زیرکونیم اکسید و زیرکونیم سیلیکات با ضریب شکست نور متفاوت ماتی سطح را افزایش می‌دهد بنابراین ترکیب ۱۲٪ می‌تواند نقطه بهینه‌ای برای لعاب نیمه مات شفاف با گرانی مناسب باشد.

۶. سپاسگزاری

از دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان که برای نگاشتن این مقاله حمایت‌های مالی کرده است سپاسگزاری می‌شود.

مراجع

- [1] Ching, F. D. K., "A Visual Dictionary of Architecture", John Wiley and Sons Co, New York, USA, 32, 15-20, (1995).
- [2] Aparici, J., Moreno, A., Escardino, A., Amoros, J. L., Mestre. S., "Study of opacification in zirconium ceramic glazes used in single-fired wall tile manufacture". 3rd int. cong. Ceramic Tile Quality, Castellon, Spain, 44-48, (2003).
- [3] Karasu, B., Dolekcekic, E., Ozdemir. B., "Compositional modification for floor tile glazes opacified with zircon", Brit. Ceram.T, 100, 81-85(2001)
- [4] Snyders. E., "The development of zircon as a superior opacifier". Ph.D. Thesis. Pretoria (South of Africa): Tshwane University of technology, (2007).