فصلنامه‌ی علمی پژوهشی

علم و مهندسی سرامیک

دوره‌ی ۸، شماره‌ی ۱، بهار ۱۳۹۸

ساخت و بررسی خواص رنگی و فیزیکی رنگدانه سرامیکی سیلیکات – تیتانات کبالت به روش سل–ژل

محیا زائرالحسینی[۱]، محمد خواجه مهریزی[۱*]، محسن خواجه امینیان[۲]

[۱] پردیس فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد

[۲] آزمایشگاه نانورنگدانه‌ها و پوشش‌های سرامیکی، دانشکده فیزیک، دانشگاه یزد

* mkhajeh@yazd.ac.ir

اطلاعات مقاله:

دریافت: ۹ بهمن ۱۳۹۷

پذیرش: ۱۸ خرداد ۱۳۹۸

کلید واژه:

سیلیکات تیتانات کبالت، سل ژل، مقاومت شیمیایی، خودتمیزشوندگی، فوتوکاتالیستی

چکیده:

*رنگدانه‌های سرامیکی آبی بر پایه کبالت به طور گسترده‌ای در صنایع سرامیکی کاربرد دارند که به علت ویژگی‌هایی مانند پایداری دما، پایداری شیمیایی و مقاومت بالای این پوشش‌ها می‌باشد. در این تحقیق، ساخت رنگدانه سرامیکی آبی سیلیکات تیتانات کبالت با استفاده از روش سل ژل، انجام می‌شود و بر روی سرامیک تحت شرایط تولید صنعتی چاپ می‌شود. سپس خواص رنگی و فیزیکی آن مورد بررسی قرار می‌گیرد. طیف انعکاسی و آزمون رنگ‌سنجی در فضای رنگ (CIE L*a*b*) برای بررسی مولفه‌های رنگی نمونه اندازه گیری شده است. همچنین برای مطالعه ساختار بلوری و ریزساختار سطح، آزمایش‌های پراش پرتو X و میکروسکوپ الکترونی بر روی نمونه‌ها انجام می‌شود. آزمایش رنگ‌بری متیلن‌بلو برای تعیین خاصیت فوتوکاتالیستی و مقاومت شیمیایی با استفاده از استاندارد ISO 10545-13 اروپا انجام شده است. نتایج پارامتر b* و طیف بازتابی منتشر شده به طور چشمگیری ارزش آبی نمونه‌ها را نشان می‌دهد. همچنین نمونه‌از خاصیت فوتوکاتالیستی و مقاومت شیمیایی خوبی نسبت به نمونه مرجع (کاشی سفید) برخوردار است.*

۱- مقدمه

رنگدانه ماده‌ای است که رنگ نور منعکس شده را تغییر و یا انتقال می‌دهد و در نتیجه جذب طول موج انتخابی تغییر می‌کند. بسیاری از مواد انتخابی طول موج مشخصی از نور را جذب می‌کنند. موادی که انسان برای استفاده به عنوان رنگدانه انتخاب کرده است معمولا دارای خواص ویژه‌ای است که آنها را برای رنگ آمیزی مواد دیگر ایده آل کرده است [۲،۱]. رنگدانه‌های سرامیکی مبتنی بر کبالت به دلیل دارا بودن ویژگی‌هایی همچون پایداری نوری و دمایی، قدرت پوشش خوب، سازگاری با سیستم‌های آلی و معدنی به طور گسترده در صنعت سرامیک استفاده می‌شوند [۴،۳]. در سرامیک‌های خودتمیزشونده فوتوکاتالیستی، غبار می‌تواند توسط پرتو فرابنفش از بین برود و با آب پاک شود[۵]. همچنین مقاومت بالا در مقابل اسید و باز باعث می‌شود که

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1398.8.1.6.7]

سرامیک‌ها در سخت‌ترین شرایط خورنده کاربرد داشته باشند [۶]. در این پژوهش از روش سل ژل استفاده شده است. فرایند سل–ژل یک روش شیمیایی تر[1] برای تولید انواع نانوساختارها به ویژه نانوذرات اکسید فلزی می‌باشد [۹،۸،۷]. در مطالعه‌ای کراسنی[2] و همکاران، با بررسی مقاومت پوشش های مختلفی در برابر محلول های اسیدی و قلیایی پرداختند. پوشش‌ها با H_2SO_4 ۹۸٪ ، NaOH ۳۵٪ به مدت ۱ ساعت واکنش داده شدند. نتایج نشان داد که در میان تمام مواد، $2SiO_2$ $3Al_2O_3$ و α-Al_2O_3 دارای بیشترین مقاومت شیمیایی هستند [۱۰]. جیمز[3] و همکاران، با مطالعه روی پوشش سرامیکی، مقاومت خوردگی در برابر اسید سولفوریک با ۱۰، ۳۰، ۵۰، ۷۰ و ۹۰ درصد وزنی در دماهای ۵۰ و ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۱۰ روز مورد ارزیابی قرار دادند که بهترین مقاومت برای silica و high-alumina بدست آمد [۱۱]. پژوهشی توسط ژانگا[4] و همکاران به توصیف یک فرایند غوطه‌وری برای تهیه پوشش فوق آبگریز بر اساس تیتانیوم دی اکسید نانوسیم همراه با پلی دی متیل سیلوکسان پرداخته است. زاویه تماس پوشش نانوسیم TiO_2 حدودا ۲ ± ۱۵۸ درجه است که پس از تابش نور UV به مدت ۶ ساعت، سطح فوق آبگریز به یک سطح آبدوست تبدیل شده است [۱۲].در پژوهشی مآتا[5] و همکاران، اثرات تابش اشعه UV برای خاصیت خودتمیزشوندگی لعاب سرامیکی پوشش داده شده با TiO_2 به روش سل ژل را مورد بررسی قرار دادند. سه آلاینده روغنی، ذرات خاک و متیلن اورنج به روی سرامیک اعمال شده است. تابش UV 352 nm، 15W در دو دوره دو ساعته قبل و بعد از لکه گذاری، جهت فعال کردن خاصیت فوتوکاتالیستی TiO_2 اعمال شده است. و عملکرد خوب خودتمیزشوندگی در لعاب‌هایی که با ذرات خاک و متیلن اورنج لکه‌گذاری شدند مشاهده شده است ولی اثر خودتمیزشوندگی در لکه روغنی مشاهده نشده است[۱۳]. در تحقیقی سجادی و همکاران با استفاده از TiPt به عنوان پیش‌ماده Ti، لایه نازک TiO_2 را به روش سل ژل و با استفاده از لایه نشانی غوطه‌وری روی سح شیشه با ضخامت‌های متفاوت ساختند. طبق آنالیز SEM نانوذرات با سایز ۵۰–۱۰۰ نانومتر به‌طور یکنواخت روی بستر تشکیل شده است. همچنین بستر با استفاده از محلول ۰/۰۳ مولار متیلن بلو، پوشش داده شده و به مدت ۴ ساعت تحت تابش UV قرارگرفته است و با گذشت زمان کاهش ضخامت رنگ و در نتیجه خاصیت فوتوکاتالیستی مطلوبی روی سطح مشاهده شده است[۱۴]. انحصاری و همکاران، نانوذرات Co_2TiO_4 از طریق فرآیند سل–ژل تهیه کردند و نتایج نشان داد که اندازه ذرات بین ۴۶ تا ۷۷ نانومتر و پارامترهای تجزیه و تحلیل رنگ نانوذرات، مقدارهای ۱۸/۶ =L* ۰/۵۰– =a* ۰/۲۲– =b* را نتیجه داد که از روشنایی خوبی برخوردار نبوده است[۱۵].

هدف از این پژوهش ساخت نانورنگدانه آبی سیلیکات تیتانات کبالت، چاپ این رنگدانه و بررسی خواص خودتمیزشوندگی و مقاومت شیمیایی بر روی کاشی سرامیکی می‌باشد.

[1] Wet chemical method
[2] Krasnyi
[3] James
[4] Zhanga
[5] Mataa

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1398.8.1.6.7]

۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- مواد

در این پژوهش از کلرید کبالت ۶ آبه ($CoCl_2$) از شرکت قطران شیمی و تترا اتیل اورتو سیلیکات (TEOS) با خلوص ۹۹٪ از شرکت مرک و تترا ایزو پروپیل اورتو تیتانات (TiPt) با خلوص ۹۸٪ از شرکت مرک تهیه شده است. اتانول (C_2H_5OH) با خلوص ۹۶٪ از شرکت نصر و هیدروکلریداسید (HCl) از صنایع شیمیایی دکتر مجللی تهیه و استفاده شده است.

۲-۲- روش کار

تولید رنگدانه در این پژوهش به روش سل ژل صورت گرفت. در ابتدا مواد اولیه بر اساس جدول ۱ آماده شد. نمونه‌ها براساس میزان TiPt مورد استفاده در ساخت آن A، B، C، D و E نامگذاری می‌شوند. برای تهیه سل ، ابتدا کلرید کبالت درون اتانول حل شد و سپس TEOS به همراه آب به محلول افزوده شد و روی همزن بهم خورد. پس آن مقدار مشخص شده Tipt به محلول در حال هم خوردن اضافه شد و نهایتا اسید به محلول اضافه شد و ده دقیقه دیگر روی همزن مغناطیسی ماند. سل تهیه شده به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به ژل تبدیل شد و سپس روی منتل خشک شد. در ادامه نمونه‌های خشک شده درون کوره استوانه‌ای به مدت ۹۰ دقیقه در ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد پخت شد. سل با استفاده از دستگاه چاپ تخت بر رو سرامیک انگوب و لعاب خورده اعمال و تحت شرایط تولید صنعتی رو خط تولید به مدت ۵۰ دقیقه در دمای ۱۰۸۰ درجه سانتی‌گراد پخت شد. برای بررسی ساختار نمونه‌ها پس از چاپ بر رو سرامیک، آن‌ها تحت آزمون پراش پرتو X قرار گرفته و شکل و اندازه ذرات آن با میکروسکوپ الکترونی روبشی مشاهده شد. رنگ نمونه‌ها نیز با استفاده از طیف بازتاب و آزمون رنگ‌سنجی تحت استاندارد CIE L*a*b* انجام گرفت.

جدول ۱- لیست مواد مورد استفاده در آزمایش

نام مواد	فرمول شیمیایی	A (٪۰)	B (٪۲۰)	C (٪۴۰)	D (٪۶۰)	E (٪۸۰)
کبالت کلرید ۶ آبه	$CoCl_2$	۰/۷۱۳	۰/۷۱۳	۰/۷۱۳	۰/۷۱۳	۰/۷۱۳
اسید هیدروکلرید	HCl	۰/۴۸۵	۰/۴۸۵	۰/۴۸۵	۰/۴۸۵	۰/۴۸۵
اتانول	C_2H_5OH	۵	۵	۵	۵	۵
تترا اتیل اورتو سیلیکات	TEOS	۰/۳۱۲	۰/۲۴۹	۰/۱۸۶	۰/۱۲۴	۰/۶۱
تترا ایزوپروپیل اورتو تیتانات	TiPt	۰	۰/۰۸۴	۰/۱۷۰	۰/۲۵۵	۰/۳۴۰
آب مقطر	H_2O	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵

۲-۲-۱- تجهیزات و دستگاه‌ها

برای بررسی ساختار بلوری از دستگاه Xpertpro(40 kV, 30 mA) با تابش CuKα (λ= 1.5406A) استفاده شد. بررسی ریزساختار نمونه‌ها با استفاده از دستگاه TVEGA3

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1398.8.1.6.7]

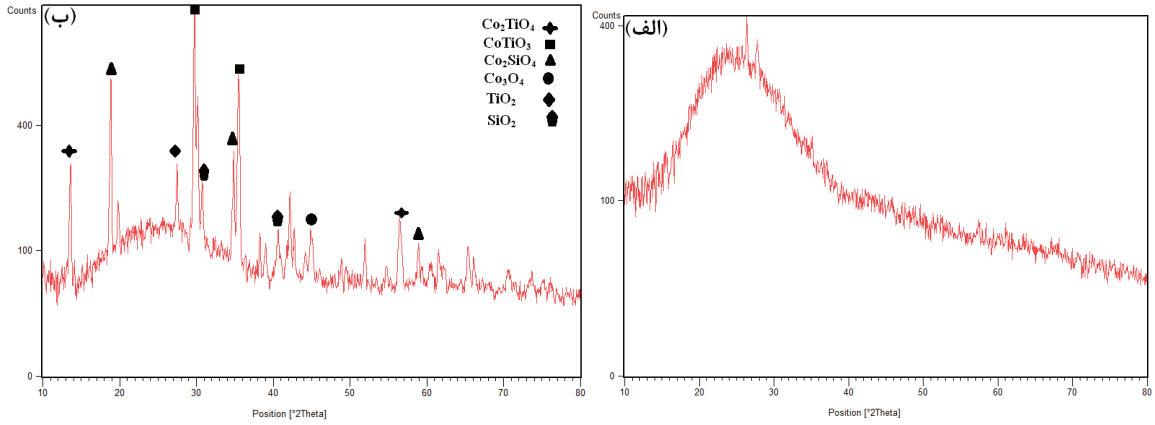
TESCAN استفاده شد و آزمون رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر (X-rite SP 62) انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ساخت و مشخصه‌یابی رنگدانه‌ها

برای بدست آوردن ترکیباتی که در لعاب پس از پخت شکل می‌گیرد، آنالیز XRD از قرص لعاب سفید در شکل ۱ (الف) نشان داده شده است. لعاب‌ها طیف گسترده ای از ترکیبات آلی و معدنی را در بر می‌گیرند که معمولاً مخلوط شیشه مانندی از ترکیبات متنوعی از مثل سدیم نیتریت، پتاسیم کلراید، سدیم آلومینت، پتاس، منیزیم کربنات، منیزیم کلراید، اوره، سیتریک اسید و غیره است. این اجزا را پس از آسیاب شدن و نرم کردن به صورت خمیری رقیق درمی‌آورند و سرامیک را با آن پوشش می‌دهند. سپس در کوره تا دمای معین حرارت می‌دهند. به همین دلیل پیکی که مشخصا نشان‌دهنده ماده خاصی باشد و برای ما قابل شناسایی باشد، مشاهده نشده است.

رنگدانه سیلیکات تیتانات کبالت ۶۰٪ تهیه شد و با لعاب سفید مخلوط شده است و پس از پخت، از قرص‌های لعاب آنالیز XRD به عمل آمده است که در شکل ۱ قسمت (ب) نشان داده شده است. پودر از فازهای تیتانات کبالت ، سیلیکات کبالت ، اکسید کبالت، اکسید تیتانیوم و اکسید سیلیسیوم تشکیل شده است. بلندترین قله‌ها مربوط به ماده تیتانات کبالت و سیلیکات کبالت می‌باشد ولی طبق آنالیز XRD فازهای تیتانات کبالت و سیلیکات کبالت به صورت جدا از هم تشکیل شدند. فاز ترکیبات تیتانات کبالت تشکیل شده که در آنالیز XRD، Rhombohe است. از آن‌جایی که سنتز در ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد انجام شده است و همچنین وجود پیک TiO_2 در ۲۷ درجه، نشان دهنده فاز روتایل برای تیتان می‌باشد.



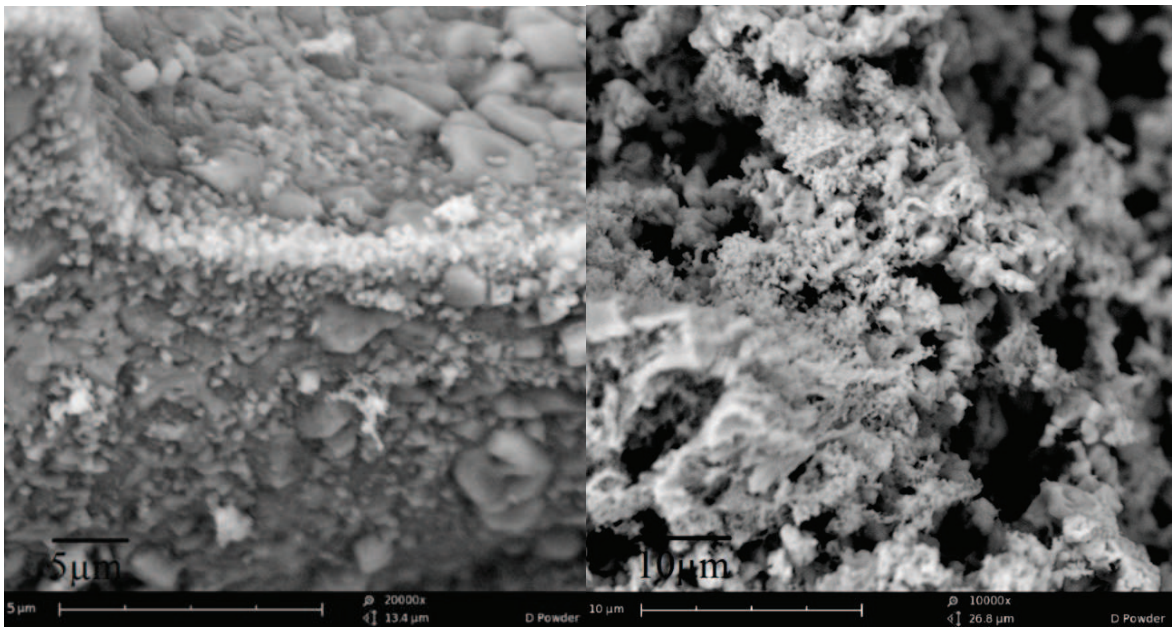
شکل ۱- آنالیز XRD (الف) لعاب سفید و (ب) لعاب رنگی سیلیکات تیتانات کبالت ۶۰٪ .

در شکل۲ دو تصویر SEM در مقیاس‌های ۵ میکرومتر و ۱۰ میکرومتر از پودر سیلیکات تیتانات کبالت پخت شده در دمای ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد نشان داده شده است. با توجه به تصویر ذرات بی‌شکل هستند و پس از اندازه‌گیری اندازه بیش از ۱۰۰ ذره از پودر سیلیکات تیتانات کبالت، اندازه ذرات ۶۰-۱۰۰۰ نانومتر اندازه‌گیری

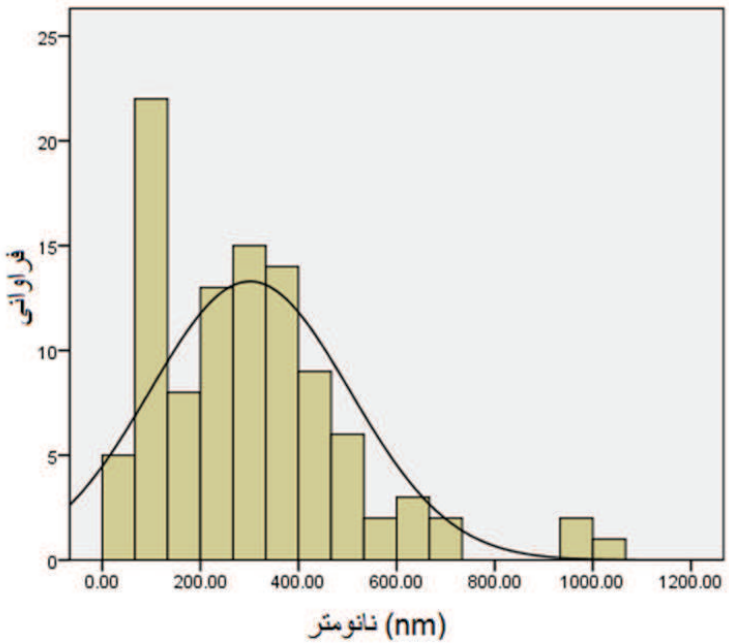
[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1398.8.1.6.7]

شده است که میانگین داده‌هـا برابـر بـا ۳۰۰/۹۶ نـانومتر است. ضریب نرمال برای داده‌های اندازه‌گیری شده برابـر با ۰/۰۹۰ است که بر اساس کلمـوگروف اسـمیرنوف اگـر ضریب نرمال داده ها بیش از ۰/۰۵ باشد، داده‌هـا نرمـال می‌باشند. در نتیجه نمودار توزیع فراوانـی رسـم شـده در شکل ۳ نرمال است.



شکل ۲- تصاویر SEM پودر سیلیکات تیتانات کبالت ۶۰٪ پخت شده در ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد



شکل ۳- نمودار فراوانی هیستوگرام پودر سیلیکات تیتانات کبالت ۶۰٪

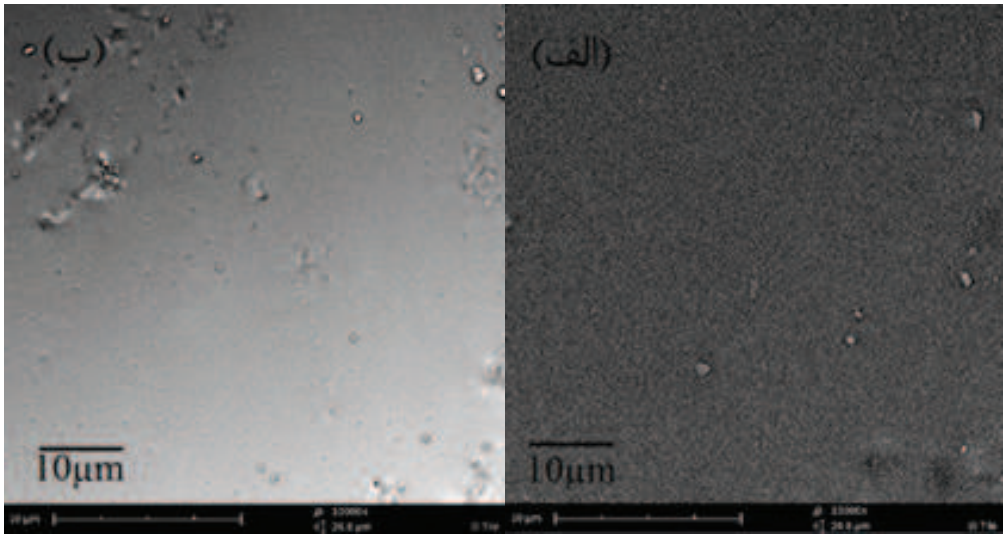
[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1398.8.1.6.7]

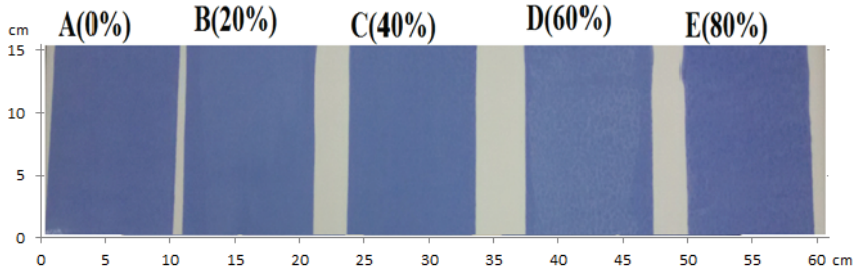
تصویر SEM نمونه چاپی پخت شده در شکل ۴ ارائه شده است. شکل (الف) تصویر SEM سرامیک بدون چاپ را نشان می‌دهد، سطح شامل پوشش لعاب است. شکل (ب) تصویر SEM سطح چاپ شده سرامیک با سل سیلیکات تیتانات کبالت ۶۰٪ را نشان می‌دهد. در حالت چاپ شده روی سرامیک، نانو ذرات روی سطح پخش شده‌اند و تعدادی زیادی از نانو ذرات هنگام حرارت‌دهی با ترکیبات لعاب مخلوط شده‌اند، و در فاز شیشه‌ای لعاب نفوذ کرده‌اند. بدین ترتیب تماس ذرات روی سطح با هم کمتر بوده، در نتیجه شدت به‌هم چسبیدگی نانو ذرات در حالت چاپ شده کاهش یافته است.

پس از اندازه‌گیری اندازه بیش از ۷۰ ذره از روی سرامیک چاپ شده، کمترین اندازه ذره برابر با ۲۰/۷۳ نانومتر و بیشترین اندازه ذره برابر با ۳۶۲/۸۸ نانومتر می‌باشد. و میانگین داده ها ۹۰/۵۶ نانومتر اندازه‌گیری شد که بیانگر درصد قابل توجهی از ذرات نانومتری روی سطح سرامیک چاپ خورده با سل سیلیکات تیتانات کبالت است.

نمونه‌های چاپی در شکل ۵ و نتایج آزمون رنگ‌سنجی نمونه‌های کاشی چاپ شده در جدول ۲ آورده شده است. همانطور که داده‌ها نشان می‌دهد، نمونه‌ها دارای b* منفی هستند که مطابق با رنگ آبی شکل نمونه‌های چاپ شده به روی سرامیک است.



شکل ۴- تصاویر سرامیک پخت شده در دمای ۱۱۰۰ درجه سانتی‌گراد (الف) بدون چاپ و (ب) با چاپ رنگدانه سیلیکات تیتانات کبالت ۶۰٪



شکل ۵- تصویر چاپ سل به روی کاشی به صورت دولایه

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1398.8.1.6.7]

جدول ۲- مولفه‌های رنگی سل چاپ شده روی کاشی

نمونه	L*	a*	b*
سفید	۹۰/۴۱	-۰/۴۸	+۴/۰۹
A (٪۰)	۵۴/۹۰	+۳/۳۴	-۲۵/۷۰
B (٪۲۰)	۵۶/۱۱	+۳/۶۷	-۲۵/۰۶
C (٪۴۰)	۵۶/۳۴	+۲/۹۳	-۲۴/۸۶
D (٪۶۰)	۵۷/۳۰	+۳/۵۲	-۲۴/۷۸
E (٪۸۰)	۵۹/۷۳	+۲/۸۲	-۲۳/۴۵

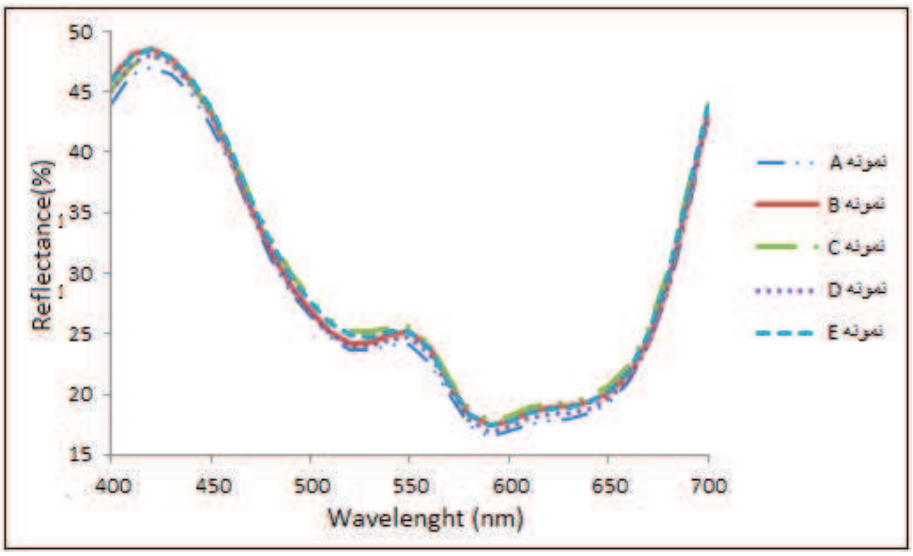
در شکل۶ طیف انعکاسی نمونه کاشی‌های چاپ شده نشان دهنده رنگ آبی می‌باشد. طبق طیف بیشترین بازتاب در طول موج‌های ۶۰۰-۷۰۰ نانومتر مربوط به رنگ قرمز و نارنجی و همچنین طول موج‌های ۴۰۰-۵۰۰ نانومتر مربوط به رنگ‌های نیلی و آبی است و کمترین بازتاب در طول موج ۵۰۰-۶۵۰ نانومتر مربوط به رنگ‌های سبز و زرد رخ داده است. همانگونه که قابل انتظار بود نمونه‌ها بیشترین بازتاب را در ناحیه مربوط به رنگ آبی نشان می‌دهند. همانطور که از نمودار شکل ۴ و داده‌های جدول۲ مشخص است رنگ آبی نمونه ها بسیار نزدیک به هم است به گونه‌ای که نمودارها به روی هم افتاده است.Co_2SiO_4 یک ترکیب اکسیدی است که دارای شکل بلوری اورتورومبیک با ساختار الیوین است. این ساختار از یک آرایه شش ضلعی بسته اکسیژن تشکیل شده که در آن نیمی از جایگاه‌های هشت وجهی توسط اتم Co و۱/۸ چهاروجهی توسط اتم Si اشغال شده است. پودر آبی رنگ زمانی مشاهده می‌شود که اتم‌ها در جایگاه خود قرار گیرند. جابجایی اتم‌ها در جایگاه چهاروجهی و هشت وجهی باعث ایجاد رنگ سیاه در پودر می‌شود. همچنین به دلیل وجود فازهایی همچون اکسید کبالت (خاکستری رنگ و موجب تیرگی می‌شود)، اکسید تیتانیوم (ایجاد زردی در رنگ) ، اکسید سیلیسیوم (سفید رنگ) و تحت تاثیر بودن رنگدانه توسط لعاب، انعکاس رنگ آبی اندکی تحت تاثیر گرفته است.

برای بررسی خاصیت فتوکاتالیستی از آزمون تجزیه متیلن بلو در اثر تابش UV استفاده شده است. در این آزمایش محلول متیلن بلو با غلظت ۰/۰۳ مولار تهیه شده و سطح سرامیک‌های چاپ خورده با آن پوشش داده شد. در همه تست‌ها از کاشی که یک بار رنگ به روی آن چاپ شده است استفاده شده است. (رنگ تک لایه) و تست متیل بلو نیز در بازه زمانی ۷۲ ساعته به روی سرامیک ارزیابی شده است.

هنگامی که نمونه‌ها تحت تابش نور UV قرار می‌گیرند، خاصیت فوتوکاتالیستی باعث واکنش مولکول‌های آلی رنگ با تیتانات شده و طی فرآیند اکسایشی موجب کاهش ضخامت آن بر روی سطح می‌شود. این پدیده باعث کم رنگ شدن لایه رنگ روی سطح نانولایه و همچنین تغییر طیف عبور لایه شده است.

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-01]

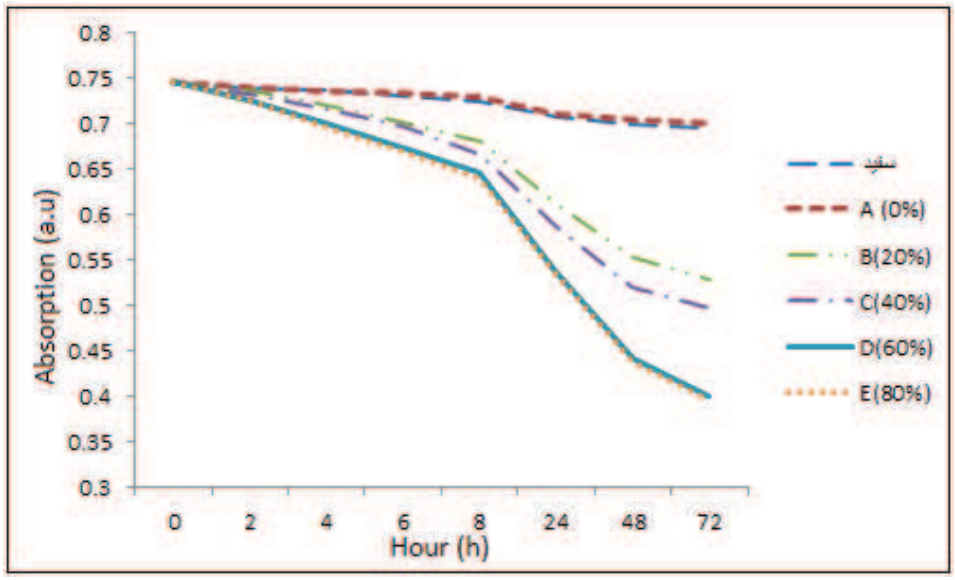
[DOR: 20.1001.1.23222352.1398.8.1.6.7]



شکل ۶- طیف انعکاسی کاشی‌های چاپ شده

شکل ۷ نمودار کاهش غلظت متیلن بلو را پس از گذشت زمان‌های متفاوت نشان داده است. با بالا رفتن زمان تابش پرتو فرابنفش، تعداد الکترون بیشتری تحریک شده است که این ازدیاد در تحریک الکترون‌ها به دلیل افزایش مدت زمان تابش پرتو رسیده بر بستر نمونه است. افزایش در تعداد الکترون‌های محرک شده، باعث افزایش در تولید مقدار زیادی رادیکال های فعال هیدروکسیل شده است که با بالا رفتن این رادیکال‌های فعال هیدروکسیل تولیدی سرعت تجزیه رنگ آلی متیلن بلو افزایش یافته است. میزان درصد حذف رنگ (R) طبق معادله محاسبه و در جدول۳ آورده شده است.

$$R(\%)=(C_0-C)/C_0\times ۱۰۰$$



شکل ۷- نمودار کاهش غلظت رنگ متیلن بلو در اثر پرتودهی

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1398.8.1.6.7]

جدول ۳- میزان درصد حذف رنگ

نمونه	سفید	A (٪۰)	B (٪۲۰)	C (٪۴۰)	D (٪۶۰)	E (٪۸۰)
R%	٪ ۷	٪ ۶	٪ ۲۹	٪ ۳۳	٪ ۴۶	٪ ۴۷

آزمون مقاومت شیمیایی طبق استاندارد ISO 10545-13 اروپا که بیانگر روش آزمایش برای تعیین مقاومت شیمیایی سطوح لعاب‌دار کاشی‌های سرامیکی در دمای اتاق است، انجام شده است. نمونه کاشی‌ها با محلول‌های اسیدی و بازی شامل اسید هیدرو کلرید ۳٪ وزنی و هیدروکسید پتاسیم۳۰ گرم بر لیتر مورد آزمون قرار گرفته است. پس از یک هفته نتایج آزمون با مداد HB و قرار دادن در برابر نور مخصوص جهت بررسی مات شدن سطح نشان داد که نمونه مرجع (کاشی سفید) دارای کلاس B است که در آزمون عمل با محلول اسیدی مردود اعلام شده است و نمونه کاشی سیلیکات تیتانات کبالت ۶۰٪ دارای کلاس A می‌باشد و اثر مداد HB بر روی کاشی‌عمل شده با محلول‌های اسیدی و بازی باقی نمانده است.

۴- نتیجه‌گیری

پارامتر *b برای نمونه چاپ شده روی کاشی سیلیکات تیتانات کبالت ۲۴/۷۸- به دست آمد که به طور چشمگیری ارزش آبی را نشان می‌دهد. همچنین طیف سنجی بازتابی منتشر شده سرامیک چاپ شده، بیانگر رنگ آبی نمونه‌ها است. نتیجه XRD بررسی ساختار لعاب، ترکیبات چند فازی را نشان داده است که به دلیل وجود مواد مختلف درون لعاب است، با این وجود، ساختارهای $CoTiO_3$ و Co_2SiO_4 عمده ساختارهای مشخص شده در لعاب بوده است، که نشان‌دهنده تشکیل شدن ترکیبات موردنظر در لعاب است.

اندازه نانورنگدانه بر روی نمونه چاپ شده سیلیکات تیتانات کبالت در حدود ۹۰ نانومتر ارزیابی شد. با توجه به تست رنگ‌بری متیلن‌بلو ، تا حدود ۵۰ درصد حذف رنگ نمونه‌های چاپی سیلیکات تیتانات کبالت را داشته است و در نتیجه نمونه‌ها دارای خاصیت فوتوکاتالیستی خوبی هستند . همچنین بررسی مقاومت شیمیایی، رده گروهی A (مقاومت شیمیایی عالی) را نسبت به نمونه مرجع گزارش کرده است.

تشکر و قدردانی

از شرکت کاشی مسعود به دلیل همکاری در بخش صنعت و از آقای رضا دهقان بدلیل مشارکت در آماده سازی نمونه‌ها تشکر و قدردانی می‌شود.

مراجع

[1] S. Farrokhpay, "A review of polymeric dispersant stabilisation of titania pigment", Advances in Colloid and Interface Science, Vol. 151,pp. 24-32 , 2009.

[2] H. Juergen, A. Braun, R. Baidins, E. Marganski , "TiO_2 pigment technology: a review" , Progress in Organic Coatings, Vol. 20, pp.105-138 , 1992.

[3] K. Y. King, C. K. Ling, H. Liu, Patent No. US 8,710, 118 B2. United States Patent, 2014.

[4] Z. Chen, E. Shu, W. Li, Y. Zhong, "Particle size comparison of $CoAl_2O_4$ pigment", materials letters , The Journal of Organic Chemistry, Vol.55 , pp.281-284 , 2002.

[5] M. Jyrki, M. Aromaa, "FUNCOAT -

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1398.8.1.6.7]

Enhanced functionality of self-cleaning and antibacterial surface coatings", Tampere University of Technology, 2009.

[6] L. Hupa, R. Bergman, L. Fro berg, "Chemical resistance and cleanability of glazed surfaces", Surface Science , Vol.584, pp.113–118, 2005.

[7] Y. Dimitriev, Y. Ivanova, R. Iordanova, "History of sol-gel Science and Technology (review)", Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy, Vol.43, No.2, pp.181-192 , 2008.

[8] M. Niederberger, N. Pinna, "Metal Oxide Nanoparticles in Organic Solvents: Synthesis, Formation", Assembly and Application, Engineering Materials and Processes, pp.205-209, 2009.

[9] J. Livage, M. Henry, C. Sanchez, "Sol-gel Chemistry of Transition Metal Oxides", Laboratoire de Chimie de la Mati6re Condensde, CNRS (UA 302), Vol.18, pp.259-341, 1988.

[10] B. L. Krasnyi, V. P. Tarasovskii, E. V. Rakhmanova, V. V. Bondar, "Chemical Resistance of Ceramic Materials in Acids and Alkalis", Translated from Steklo i Keramika, Vol.10, pp.22-24, 2004.

[11] J. P. Bennett, "Corrosion Resistance of Selected Ceramic Materials to Sulfuric Acid", Bureau of Mines Report of Investigations, pp.23-28, 1986.

[12] X. Zhanga, Y.Guoc, Zh. Zhanga, P. Zhanga, "Self-cleaning superhydrophobic surface based on titanium dioxide nanowires combined with polydimethylsiloxane", Applied Surface Science, Vol.284, pp.319–323, 2013.

[13] J. Maatta, M. Piispanen, H. -R. Kymalainen, A. Uusi-Rauva, "Effects of UV-radiation on the cleanability of titanium dioxide-coated glazed ceramic tiles", Journal of the European Ceramic Society, Vol.27, pp.4569–4574, 2007.

[14] F. Sajadi and M. Khajeh Aminian, "Study the Photocatalytic Degradation of Oleic acid on TiO_2 Thin Film", Iranian Ceramic Society, pp.617-623, 2015.

[15] M. Enhessari and Z. Solati and A. Mohebalizadeh and A. Alipouramjad, "Synthesis, characterization and optical band gap of the Co_2TiO_4 nanoparticles", Materials Science in Semiconductor Processing, Vol.31, pp.599–603, 2015.

[Downloaded from ijcse.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.23222352.1398.8.1.6.7]