



معماری و تزئینات وابسته به آن: بررسی عوامل تغییر رنگ در لعاب های زرد و سبزکاشی های هفت رنگ مسجد امام اصفهان (دوره صفویه)

پدیدآورنده (ها) : عابد اصفهانی، عباس؛ راهدیان، کتایون
هنر و معماری :: مرمت و پژوهش :: پاییز و زمستان 1386 - شماره 3
از 37 تا 42

آدرس ثابت : <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/582770>

دانلود شده توسط : کاربر عمومی دانشگاه سمنان
تاریخ دانلود : 17/09/1399

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی (نور) جهت ارائه مجلات عرضه شده در پایگاه، مجوز لازم را از صاحبان مجلات، دریافت نموده است، بر این اساس همه حقوق مادی برآمده از ورود اطلاعات مقالات، مجلات و تألیفات موجود در پایگاه، متعلق به "مرکز نور" می باشد. بنابر این، هرگونه نشر و عرضه مقالات در قالب نوشتار و تصویر به صورت کاغذی و مانند آن، یا به صورت دیجیتالی که حاصل و بر گرفته از این پایگاه باشد، نیازمند کسب مجوز لازم، از صاحبان مجلات و مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی (نور) می باشد و تخلف از آن موجب پیگرد قانونی است. به منظور کسب اطلاعات بیشتر به صفحه [قوانین و مقررات](#) استفاده از پایگاه مجلات تخصصی نور مراجعه فرمائید.



پایگاه مجلات تخصصی نور

www.noormags.ir

بررسی عوامل تغییر رنگ در لعاب های زرد و سبز کاشی های هفت رنگ مسجد امام اصفهان (دوره صفویه)

عباس عابد اصفهانی*

کتایون زاهدیان**

چکیده:

یکی از پررونق ترین دوره های معماری ایران، دوره ی صفویه بوده و از این دوره آثار و بناهای زیادی برجای مانده است. به دین جهت حفظ و حراست و مطالعه ی این بناها از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. موضوع مورد بررسی در این مقاله یعنی علل تغییر رنگ در لعاب های زرد و سبز کاشی های مسجد امام اصفهان، مشکلی است که کمابیش می توان در دیگر آثار و بناهای دور صفویه با آن مواجه بود. اگرچه نقوش و تزئینات کاشی کاری این بناها تحسین هر بیننده ای را بر می انگیزد، با این حال وجود مشکلاتی همچون موضوع مورد بررسی این مقاله، نقطه ضعف های تکنیکی را در ساخت کاشی های هفت رنگ نشان می دهد. واژگان کلیدی: لعاب زرد و سبز، جذب آتمی، اسپکتر و فتومترتری مرئی، تبادل یونی، تخریب شبکه، SEM

مقدمه:

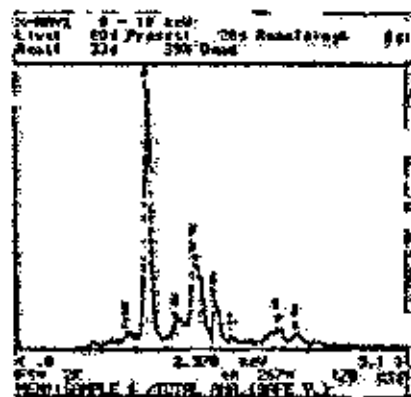
در یک نگاه کلی، لعاب سبز دچار کم رنگی بیشتری شده است و اگر با دقت به کاشی ها بنگریم، رنگ زرد، شدت بیشتری نسبت به رنگ سبز دارد و در بعضی از قسمت ها رنگ سبز به صورت نقاط پراکنده دیده می شود. برای بررسی عوامل تخریب و تغییر رنگ، نمونه هایی از کاشی های داخل مسجد را تهیه و مورد آزمایش قرار دادیم.

بخش عملی:

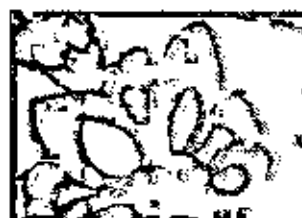
۱- آنالیز زرد و سبز به روش SEM

وضعیت ساختاری و خصوصیتی که لعاب از خود نشان می دهد، در رابطه با ترکیب شیمیایی لعاب می باشد. بنابراین، جهت تشخیص عناصر تشکیل دهنده لعاب و عامل ایجاد رنگ در این لعاب ها، از دستگاه میکروسکوپ الکترونی استفاده گردید. تصاویر (۲ تا ۴) آنالیز SEM بخش های زرد سالم، زرد تخریب شده، سبز سالم و سبز تخریب شده را نشان می دهند.

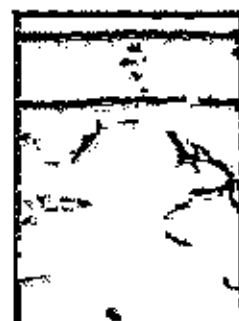
اگر به کاشی کاری های زیبای مسجد امام، مسجد شیخ لطف الله و دیگر آثار دوره صفویه نگاهی دقیق شود، می توان تغییر رنگ لعاب های زرد و سبز این کاشی های هفت رنگ را مشاهده نمود. با توجه به وجود این مشکل در بنای مسجد امام، در دیگر کاشی های آثار دوره صفویه نیز گریبانگیر آن هستیم. بنابراین، پیدانگر مشکلی مشترک در روش ساخت و فرایند مشابهی در تخریب این لعاب ها می باشد. تغییر رنگ لعاب های هفت رنگ مسجد امام را از بخش ورودی مسجد تا کاشی کاری های محوطه ی داخلی آن می توان دید. به همین منظور در این مقاله دلایل تغییر رنگ لعاب های زرد و سبز مورد بررسی قرار خواهند گرفت. تا شاید راه حلی برای ایجاد وضوح بیشتر این رنگ ها به دست آید. به عنوان نمونه، تصاویر (۲ و ۳) تغییر رنگ لعاب های زرد و سبز را در کنار یکدیگر نشان می دهند.



تصویر ۳- آنالیز SEM یک نمونه زرد سالم



تصاویر (۲ و ۳)، تغییر رنگ (کم رنگ شدن) در نمونه از لعاب



آنالیز نمونه‌های زرد سالم، وجود عناصر آلومینیوم،

سیلیسیم، قلع و سرب را به خوبی نشان می‌دهند.

با توجه به تلج به دست آمده، عامل ایجاد رنگ زرد، عنصر سرب می‌باشد و با نگاهی دقیق‌تر متوجه عدم حضور قلیایی‌هایی چون سدیم و پتاسیم می‌شویم. با توجه به ساختار لعاب، عامل شبکه ساز سیلیس، دگرگون ساز (اصلاح کننده شبکه) اصلی و سرب، و کمک شبکه سازها، اکسید آلومینیوم و اکسید قلع می‌باشند. در این گونه لعاب‌ها از یک نوع اصلاح کننده شبکه استفاده شده است که تأثیر دیگر کاتیون‌ها را تحت الشعاع قرار داده و همین مسئله عاملی برای ضعف بیشتر لعاب زرد شده است.

آنالیز نمونه‌های سبز سالم، وجود عناصر سیلیسیم، آلومینیوم، سرب و قلع را نشان می‌دهند. ترکیب از نظر کیفی همانند لعاب زرد می‌باشد و همین مشابهت، ترکیبی بودن لعاب سبز را تقویت می‌کند. انجام آنالیز بر روی نمونه‌های سبز به روش جذب اتمی^۲ وجود مس را نشان داد. (جدول ۱)

عنصر	لعاب زرد	لعاب سبز
%Sn	۶۰	۱۰/۶
%Pb	۲۶/۲	۲۶
%Cu		۰/۳۲

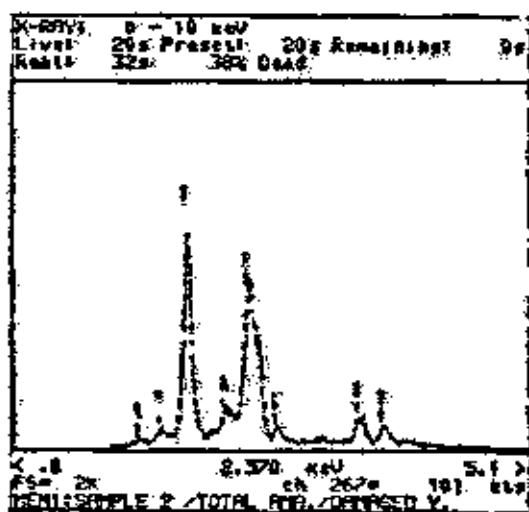
جدول ۱- نتایج آنالیز کمی لعاب‌های زرد و سبز سالم

حضور مس در لعاب سبز باعث تضعیف بیشتر لعاب می‌شود. مس در لعاب‌های سربی باعث افزایش حلالیت سرب می‌شود و این به دلیل شعاع یونی کمتر مس می‌تواند باشد که باعث تشکیل پیوند قوی‌تری در شبکه شده است و انرژی جداسازی آن از شبکه در مقایسه با سرب افزایش یابد.^۳

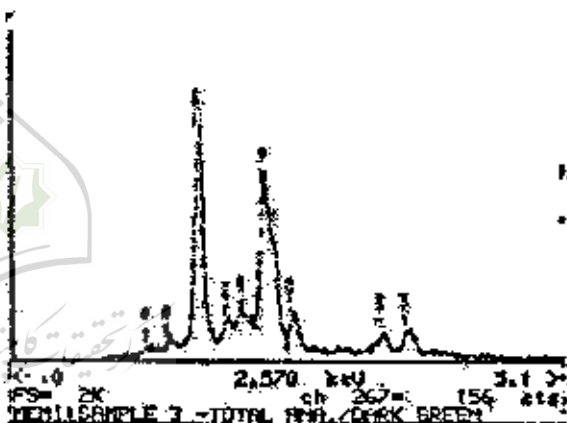
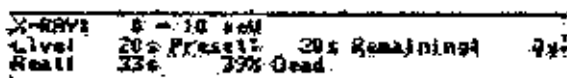
بنابراین در حضور مس، یون سرب راحت‌تر از شبکه خارج شده و به عبارتی باعث کاهش استحکام و پستی لعاب می‌شود.

۲- مشاهدات میکروسکوپی

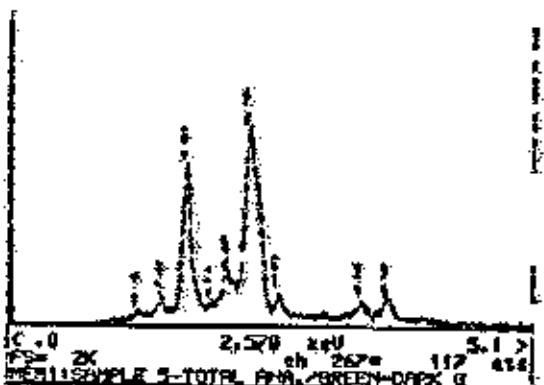
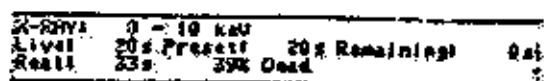
برای بررسی وضعیت ساختاری لعاب‌های زرد و سبز سالم و تخریب شده به طریق میکروسکوپی مورد مشاهده قرار گرفتند. تصاویر (۷) و (۸) مربوط به نمونه‌های زرد سالم و زرد تخریب شده می‌باشند. در تصویر زرد سالم، دوفاز مجزا مشاهده می‌شود (فاز A و B) که به نظری می‌رسد از نظر ترکیب یکسان نباشند. هر کدام از این دوفاز از طریق SEM (تصاویر ۱۰ و ۱۱) نیز برای بررسی بیشتر، آنالیز شدند.



تصویر ۲- آنالیز SEM یک نمونه زرد تخریب شده



تصویر ۵- آنالیز SEM یک نمونه سبز سالم

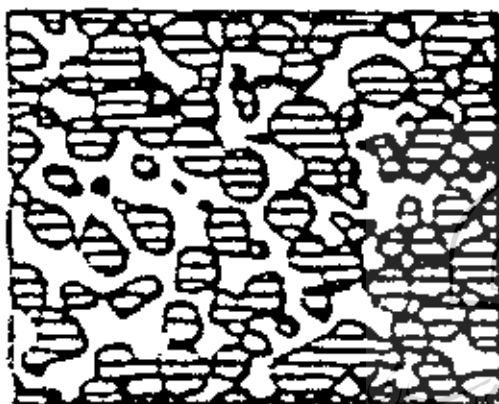


تصویر ۶- آنالیز SEM یک نمونه سبز تخریب شده

فاز B، سیلیس بیشتر و سرب و قلع کمتری دارد، در این فاز، آلومینیم نیز به چشم می‌خورد. در فاز A سرب و قلع به مقدار زیاد دیده می‌شوند. تصاویر و آنالیزها نشان می‌دهند که در این لعاب، دو ساختار وجود دارد. ساختار Two-Framework (تصویر ۱۱) و ساختار قطره‌ای (تصویر ۱۲).



Two-Framework تصویب الی - ساختار



تصویر ۱۲ - مایختار قطره‌ای، (Droplet)

ثبات ساختار Two-Framework به وسیله‌ی فاز پائیات کمتر تعیین می‌شود، اما پایداری ساختار قطره‌ای بیشتر به وسیله‌ی مقاومت فاز زمینه، تولید می‌شود. حدود گسترش هر فاز به تاریخچه حرارتی و ترکیب اولیه بستگی دارد. تصویر میکروسکوپی زرد سالم، وجود ساختار Two-Framework و تصویر میکروسکوپی زرد تخریب شده، یک ساختمان بهم ریخته را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج آنالیز کیفی برای فاز A و B به حوبی مشخص است که فاز A با ثبات کمتری بوده و به دلیل مستعد بودن، تحت شرایط نامناسب تخریب شده است. حضور سرب در این فاز و نتایج آزمایش مربوط به نوع یون‌های تخلیه شده که در بخش بعدی به آن اشاره خواهد شد، این مطلب، 1 تأیید می‌کند.

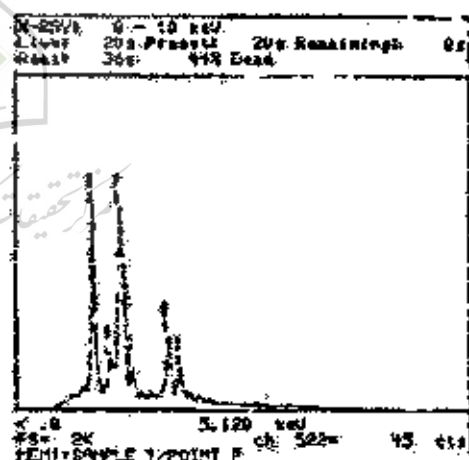
تصاویر (۱۳) و (۱۴) مربوط به لعاب سبز سالم و صبر تخریب شده می باشند. در تصویر (۱۳) که مربوط به لعاب سبز سالم می باشد، می توانیم دو فاز را البته نه به وضوح تصویر زرد سالم،



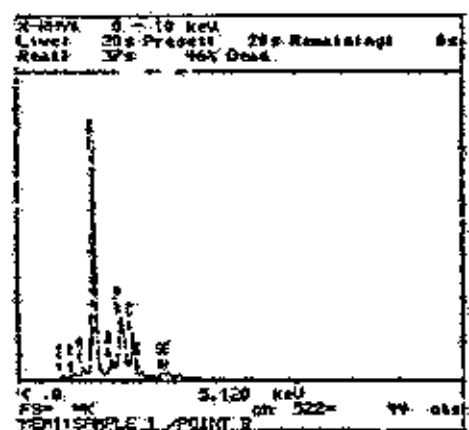
نمبر ۷ - تصویر میکر و اسکوپ، زوده سال



تصویر A - تصویر بزرگ و سنگین، زردتختی پدید آمده



تصویر ۹- آنالیز SEM فاز A (فازی با استحکام کمتر)



نصوبہ ۱۰۔ کنالیز SEM، فاز B (فازی با استحکام پریشندہ)

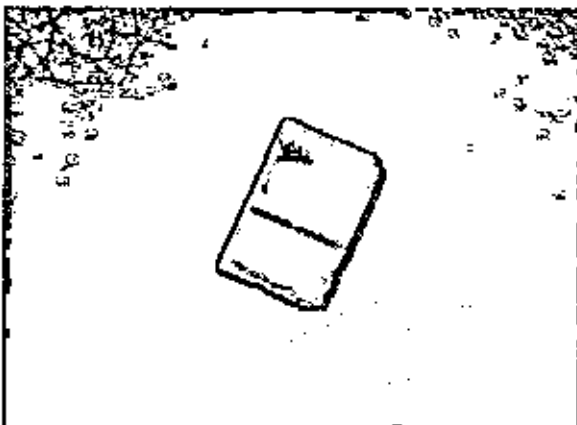
نتایج جدول ۲، نشان دهنده ی عدم خروج قلع بوده و تخلیه یون سرب از شبکه لعاب را نشان می دهد.

مقادیر جدول ۲، پیش بینی ما را در مورد خروج سرب (بخش مشاهدات میکروسکوپی) از شبکه لعاب را تأیید می کند.

برای بررسی احتمال تخریب شبکه آزمایش مشغله ی بر روی میزان سیلیس تخلیه شده صورت گرفت. اندازه گیری به روش اسپکتروفتومتری مرئی نشان داد که میزان سیلیس تخلیه شده از لعاب زرد تخریب شده ۲/۲ برابر لعاب زرد سالم می باشد. این اندازه گیری ها نشان می دهد که علاوه بر تبادل یونی، تخریب شبکه نیز آغاز شده است.

۴- پخت مجدد لعاب:

اگر نظریه ی داده شده در مورد تخریب فاز ضعیف و تشکیل لایه های SiO_2 زیاد، درست باشد (بخش مشاهدات میکروسکوپی) در صورت حرارت دادن مجدداً لعاب، لایه ی سطحی تخریب شده با لعاب سالم ترکیب می شود و مجدداً لعابی شفاف به دست می آید. این اتفاق بستگی در حرارتی، کمی بیش از حرارت پخت اولیه انجام شود، زیرامیزان SiO_2 بالا رفته و در حقیقت لعابی یا دمای پخت کمی بالاتر حاصل شده است. جهت اثبات این مطلب، چهار قطعه از لعاب زرد تخریب شده راتیه نمود و هر کدام را در درجه ی مشخصی مجدداً حرارت داده شد. در حرارت ۶۰۰ درجه سانتیگراد هیچ گونه تغییری حاصل نشد. در حرارت ۷۰۰ درجه، رنگ سطح کمی تیره گردید ولی حالت شیشه ای پیدا نکرد. در حرارت ۷۵۰ درجه، رنگ کاملاً برگشت و لعابی پررنگ و شفاف به دست آمد. در دمای ۸۰۰ درجه، لعاب over fire شده و دچار جوش زدگی شد. مشاهدات میکروسکوپی دقیق قرنشان داد که تغییر رنگ و به عبارتی رنگ باختگی رنگ زرد، مربوط به لایه ی سطحی می باشد. بنابراین با حضور لایه سالم در زیر و با حرارت دادن مجدد، لعابی با شفافیت اولیه حاصل می شود. تصاویر (۱۵) و (۱۶) نتیجه مربوط به پخت مجدد یکی از نمونه های زرد تخریب شده را نشان می دهد.



تصویر ۱۵ - نمونه زرد تخریب شده قبل از پخت

تشخیص دهیم. در تصویر سبز تخریب شده، به خوبی تخلخل و اسفنجی شدن سطح لعاب دیده می شود که خود می تواند دلیل تخریب شبکه باشد.



تصویر ۱۳ - تصویر میکروسکوپی سبز سالم



تصویر ۱۴ - تصویر میکروسکوپی سبز تخریب شده

۳- بررسی وضعیت شبکه لعاب های زرد و سبز از نظر میزان تخریب برای بررسی دقیق تر، نوع یون پلئون های تخلیه شده از شبکه لعاب های زرد و سبز سالم و تخریب شده، آزمایش زیر صورت گرفت. از هر یک از لعاب های زرد سالم و زرد تخریب شده به مقدار ۶۶۵ گرم نمونه، تهیه و به آنها آب مقطر اضافه شد. نمونه های مدت یک هفته، هر روز به مدت ۸ ساعت در حمام آب جوش قرار داده شدند و پس از آن به مدت دو ماه در دمای اتاق نگهداری شدند. پس از این مدت، غلظت سرب و قلع وارد شده به فاز محلول، اندازه گیری شدند. (جدول ۲).

لعاب زرد تخریب شده	لعاب زرد سالم	عنصر
۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	% Sn
۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	% Pb

جدول ۲ - درصد خروج عناصر سرب و قلع از لعاب های زرد سالم و زرد

تخریب شده

بحث و نتیجه گیری:

هدف مقاله حاضر، بررسی عوامل تخریب دو نمونه لعاب زرد و سبز دوره ی صفوی بوده است. آنالیز لعاب زرد سالم مشخص کرد که لعاب از نوع سربی و عامل ایجاد رنگ زرد می باشد. سربی بودن لعاب بیانگر ضعیف بودن و مستعد تخریب شدن، تحت شرایط محیطی می باشد. وجود سرب در لعاب زرد به میزان زیاد، ذهنیتی بجز خروج سرب از شبکه را ایجاد نمی کند. آزمایشات انجام گرفته، نیز خروج سرب از لعاب را تأیید می کند. همچنین آزمایشات نشان دادند که میزان سیلیس تخلیه شده از لعاب زرد تخریب شده بیش از ۳ برابر زرد سالم می باشد که این عدد بیانگر تخریب شبکه لعاب می باشد. تصاویر میکروسکوپی لعاب زرد سالم، نشان دهنده ی دو فاز می باشد. فاز ضعیف، غنی از سرب و فاز قوی غنی از سیلیس و آلومینیوم. وقتی این مجموعه تحت تأثیر عوامل مخرب محیطی قرار گیرند، فاز ضعیف تحت الشعاع قرار گرفته و آنچه باقی می ماند، غنی از چهاروجهی های سیلیس می باشد.

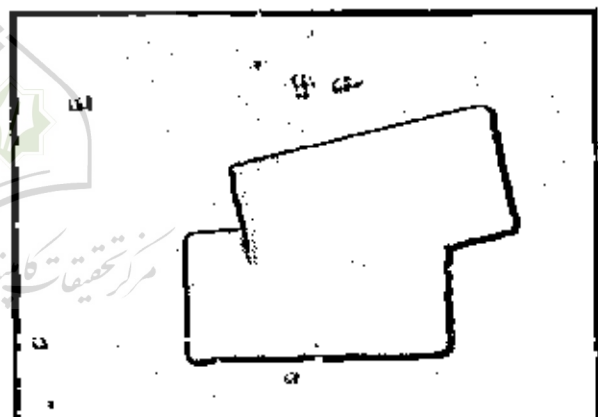
در صورت حرارت دادن مجدد نمونه های لعاب زرد تخریب شده در دمای ۷۵۰ درجه سانتی گراد، لعاب کاملاً شفاف و براق شده و جلای اولیه ی خود را بازیافت.

لعاب سبز رنگ، لعابی ترکیبی می باشد (لعاب زرد + عامل ایجاد رنگ سبز). با توجه به این تحلیل، تخریب لعاب سبز رنگ ساده شده و علت تخریب لعاب سبز رنگ، همان مواردی است که در مورد لعاب زرد بیان شد. لعاب سبز حاوی مس بوده و با توجه به این که مس حلالیت سرب را افزایش می دهد، باعث باز شدن شبکه می شود. به علت حضور مس و حلالیت بیشتر سرب، مرحله ی تبادل یونی تقریباً کامل و لعاب در مرحله ی دوم تخریب، یعنی تخریب شبکه می باشد. لعاب سبز در دمای ۷۵۰ درجه سانتی گراد شفافیت و جلای اولیه خود را بازیافت.

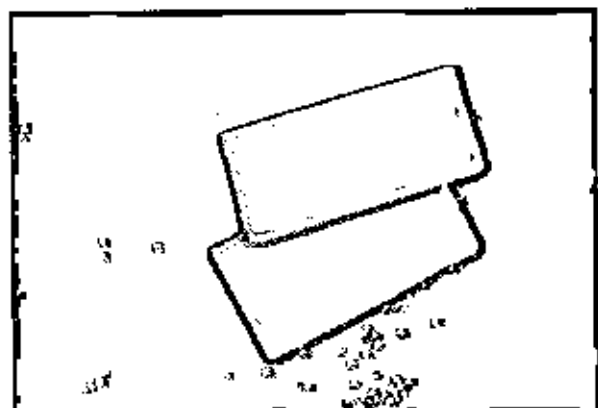


تصویر ۷- نمونه زرد تخریب شده، بعد از پخت در دمای ۷۵۰ درجه سانتی گراد

با توجه به این که لعاب سبز، لعابی ترکیبی می باشد، بر اساس نتایج آنالیز کیفی و کمی، یک نمونه لعاب زرد بازسازی شده (تصویر ۱۷)، سپس به ترکیب زرد، اکسید مس افزوده و نمونه، حرارت داده شد. تصویر (۱۸) لعاب سبز حاصل از پخت در دمای ۷۵۰ درجه سانتی گراد را نشان می دهد.



تصویر ۱۷- لعاب زرد بازسازی شده بر اساس نتایج آنالیز کیفی و کمی



تصویر ۱۸- لعاب سبز حاصل از افزودن اکسید مس به لعاب زرد

پس نوشت ها:

- ۱- میکروسکوپ الکترونی روبشی کمبریج، مرکز تحقیقات شرکت فراورده های نسوز آذر (اصفهان).
- 2-Eppler.R.A.
- ۳- دستگاه جذب اتمی مدل پیکین امر، مدل ۲۲۸۰، دانشگاه هنر اصفهان.
- ۴- Tooley شالوده صنعت شیشه، جلد ۲.
- ۵- اسپکتروفتومتر دوپرتوی شیمادزو، مدل ۱۶۰-۱۷۷، مرکز تحقیقات شرکت فراورده های نسوز آذر (اصفهان).

منابع:

- ۱- Eppler.R.A. " corrosion of glaze and Enamel " (1991).
- ۲- Tooley شالوده صنعت شیشه، جلد ۲، ترجمه گروه ۶ مترجمین، شرکت سهامی شیشه قزوین، ۱۳۷۲.
- ۳- پورشیروی، اصغر، احیاء و تحکیم لعاب ۶
- ۴- لاجوردی کاشی های عصر قاجار،
- ۵- در مسجد سید اصفهان، رساله
- ۶- کارشناسی ارشد، دانشگاه
- ۷- هنر اصفهان، ۱۳۷۴.

تغییر رنگ
(کم رنگ شدن)
ازلعاب

