

## مطالعه تطبیقی فن شناسی کاشی‌های مدرسه غیاثیه خرگرد با کاشی‌های سنتی معاصر مشهد

سید علی اکبر سیدی\*

استادیار گروه هنر، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۰۶/۰۱)

### چکیده

امروزه کاشی‌کاران سنتی در مشهد از نوعی کاشی معروف به کاشی جسمی استفاده می‌کنند. به نظر می‌رسد این کاشی در منطقه سابقه‌ای دیرینه داشته باشد. مطالعه فن‌شناسی کاشی‌های مدرسه غیاثیه خرگرد که از نظر تاریخی در حوزه معماری خراسان بزرگ قرار گرفته می‌تواند در اثبات فرضیه فوق کمک نماید. این مطالعه مبتنی بر فن‌شناسی آثار است که با استفاده از علوم آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های قدیمی مدرسه غیاثیه خرگرد به انجام می‌رسد. از مشاهدات به‌وسیله میکروسکوپ نوری *Olympus PM G3* برای شناسایی بافت بدنه و قشر لعاب و برای تجزیه شیمیایی از روش ذوب قلیایی و آنالیز نقطه‌ای با دستگاه *SEM-EDX* استفاده می‌شود. نتایج حاصل از مطالعه آزمایشگاهی به‌روشنی نشان می‌دهد که کاشی‌های معرق در مدرسه غیاثیه خرگرد به جهت ترکیب مواد، روش کار و مراحل تکمیل شبیه روشی است که کاشی‌سازان سنتی معاصر مشهد استفاده می‌کنند. از این حیث کاشی‌های معرق، حمیل‌ها و کاشی‌های هفت‌رنگی به خانواده کاشی‌های رسی بیشتر شبیه‌اند. کاشی‌سازان مشهد در حال حاضر از این ترکیب فقط برای هفت‌رنگی استفاده می‌کنند. اکسیدهای عامل رنگ در لعاب‌ها تأییدکننده شیوه معاصر مشهد است ولی در ترکیب مواد لعاب‌های امروزی و لعاب‌های مدرسه خرگرد این هماهنگی وجود ندارد. در کاشی‌های غیاثیه برای ساخت بعضی لعاب‌ها از سرب به‌عنوان فلاکس و در برخی دیگر از ترکیب مواد قلیایی استفاده کرده‌اند.

### واژه‌های کلیدی

کاشی جسمی، کاشی گلی، لعاب‌های سربی، مدرسه غیاثیه خرگرد.

## مقدمه

شدیم تا کاشی‌های مدرسه غیائیه خرگرد مربوط به قرن نهم هجری که همزاد مسجد گوهرشاد مشهد به‌شمار می‌رود را مورد مطالعه و بررسی قرار داده تا نسبت آن‌ها با کاشی‌های سنتی امروز مشهد مشخص شود. این انتخاب به دو علت ذیل صورت گرفته است.

۱. کاشی‌های مدرسه غیائیه خرگرد از حیث فن و تزیین و حتی به‌کارگیری طرح و رنگ بسیار شبیه به تزیینات مسجد گوهرشاد بوده و به‌نوعی همزاد آن است<sup>۱</sup> (سیدی، ۱۳۷۵، ۸۳).

۲. در این بنا خوشبختانه هنوز کاشی‌های اصیل زمان ساخت بر پیکره بنا باقی بوده و لذا استفاده از آن‌ها برای مطالعه امکان‌پذیر است. درحالی‌که کاشی‌های مسجد گوهرشاد و دیگر ابنیه‌ای که در مجاورت آن قرار دارند. عموماً کاشی‌ها مربوط به زمان ساخت نیستند. استفاده از تعداد اندک باقی‌مانده نیز برای این منظور امکان‌پذیر نیست.

ساخت کاشی‌های سنتی در مشهد سابقه‌ای طولانی دارد. آرامگاه مقدس امام هشتم شیعیان در این شهر و نیز وجود آرامگاه‌های متعدد امام زادگان و مسجد جامع گوهرشاد، سبب رونق و تداوم کاشی‌کاری در این منطقه است. وجود کاشی‌های زرین‌فام و محراب‌های بسیار نفیس در بارگاه رضوی<sup>(۲)</sup> که تاریخ‌های متعدد از اوایل قرن هفتم هجری را در خوددارند نشان می‌دهد که مریدان و علاقه‌مندان این وجود مقدس در به‌کارگیری بهترین و مانا ترین مواد تزیینی، اهتمام بسیار داشتند. کاشی‌های سنتی که در حال حاضر در مشهد مورد استفاده قرار می‌گیرند از حیث ترکیب مواد به خانواده‌ای تعلق دارند که به آن‌ها اصطلاحاً کاشی جسمی گفته می‌شود. در بدنه کاشی‌های جسمی برخلاف کاشی‌های گلی که از خاک رس تهیه می‌شوند، از پودر سیلیس استفاده می‌شود. به‌درستی معلوم نیست این تفاوت ساختاری از چه زمانی در کاشی‌های سنتی مشهد رایج شده است. لذا برای پی بردن به این موضوع بر آن

## روش پژوهش

این پژوهش از حیث هدف تاریخی-تطبیقی و از حیث روش تجربی-تحلیلی است. داده‌ها از طریق مطالعات کتابخانه‌ای، بررسی‌های میدانی و نتایج آزمایشگاهی به‌دست‌آمده و تحلیل شده‌اند. برای شناخت کاشی معاصر مشهد علاوه بر مطالعه متون، به‌صورت میدانی با حضور در کارگاه‌های کاشی سنتی گوهرشاد و کارگاه کنه بیست در مشهد و نیز مصاحبه و برداشت‌های حضوری از روند تولید این کاشی‌ها، مطالب موردنیاز فراهم گردید. لذا با توجه به اینکه درصد ترکیب مواد بدنه و لعاب‌های امروز مشهد به طریق مشاهده حضوری به دست آمد، برای

مقایسه مواد بدنه و لعاب کاشی‌های سنتی مدرسه غیائیه خرگرد فقط این بدنه و لعاب‌ها به روش‌های آزمایشگاهی تجزیه و تعیین شدند. برای مطالعه کاشی‌های مدرسه غیائیه خرگرد علاوه بر مطالعه متون، برای دستیابی به ترکیب مواد بدنه و نوع لعاب‌های مصرف‌شده در آن‌ها نمونه‌هایی از کاشی‌های معرق، زیر رنگی، هفت‌رنگی و معقلی بکار رفته در این مدرسه از محل بنا جمع‌آوری گردید. این نمونه‌ها علاوه بر مطالعه و مقایسه ریخت‌شناسی با چشم غیر مسلح، به‌وسیله میکروسکوپ نوری و الکترونی نیز مطالعه و مقایسه شدند (جدول ۱). برای شناخت ترکیب بدنه و لعاب‌های کاشی‌ها در مدرسه غیائیه در بخشی از روش تجزیه

جدول ۱: مطالعات فیزیکی و ریخت‌شناسی کاشی‌های مورد مطالعه.

شماره تصویر	نوع کاشی	تصویر	توضیح
Pic 01	وضعیت کنونی کاشی‌ها در مدرسه غیائیه خرگرد. بخشی از کاشی معرق در نمای ورودی به بنا		کاشی‌های معرق و سایر کاشی‌های موجود در مدرسه با بستر گچی بر روی بنا قرار دارند که متأسفانه علیرغم توجه مسئولین تکه‌تکه از بنا جدا شده و فرومی‌ریزند. مشاهدات نشان می‌دهد که لعاب و بدنه کاشی‌ها علاوه بر سقوط تکه‌ای، به‌صورت پودری نرم در حال ریزش و نابودی هستند.
Pic 02	مقطع لعاب و بدنه مربوط به کاشی معرق مدرسه، عکس تهیه‌شده به‌وسیله میکروسکوپ نوری با فیلتر پلاریزه و بزرگ‌نمایی ۴۰۰ برابر		در این تصویر به‌خوبی عدم ضخامت یکنواخت لعاب بر روی کاشی (در قسمت بالای تصویر) ملاحظه می‌شود. با توجه به ضخامت لعاب، این عدم ضخامت با چشم غیر مسلح نیز قابل تشخیص است.
Pic 03	بدنه کاشی معرق معاصر جسمی در مشهد، میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر		مطالعه بدنه کاشی‌های معرق معاصر مشهد، این تصویر تخلخل موجود در بدنه و عدم ذوب کامل دانه‌های سیلیس را به‌خوبی نشان می‌دهد. دانه‌های سیلیس فقط به‌وسیله شیشه موجود در ترکیب به یکدیگر متصل شده‌اند.
Pic 04	بدنه کاشی معرق در مدرسه غیائیه خرگرد، میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی ۲۰۰ برابر		چنانکه مشاهده می‌شود در این بدنه مربوط به کاشی‌های مدرسه، رنگ، بافت و دانه‌بندی آن بسیار شبیه به بدنه مربوط به کاشی‌های معاصر مشهد است. ترک و حفره موجود نیز در هردو این بدنه‌ها بسیار معمول است.

این بدنه که مربوط به کاشی‌های زیر رنگی مدرسه است. ذوب بیشتر در دانه‌های ترکیب بدنه را نشان می‌دهد که علت آن حرارت دیدن زیادتر کاشی‌ها است. چون این بدنه‌ها نیازمند تراشیدن نبودند حرارت بیشتری می‌دیدند.		بدنه کاشی زیر رنگی مدرسه گیائیه خرگرد میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر	Pic 05
حباب‌های فراوان موجود در قشر لعاب که از بدنه نشأت گرفته و به سمت سطح لعاب حرکت می‌کنند.		بدنه و لعاب در کاشی معرق مربوط به مدرسه گیائیه خرگرد میکروسکوپ الکترونی روبشی	Pic 06
حباب‌های ریزودرشت در سطح لعاب کاشی‌های معرق امروز مشهود. یک حباب درشت که در آستانه ترکیدن است. در منطقه ساعت ۷ نیز چال حاصل از ترکیدن لعاب در حال پرشدن است.		سطح لعاب سفید در کاشی معرق امروز مشهود میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر	Pic 07

لعاب‌های سرامیکی به‌تفصیل بیان نموده است. علاوه بر این تحقیقات در سال‌های اخیر هم در داخل و هم در بیرون از مرزهای ایران مطالعات آزمایشگاهی فراوانی جهت شناسایی و ترکیب مواد سرامیکی به انجام رسیده که در شناخت ما از انواع بدنه‌های سرامیکی و نیز ترکیبات لعاب آن‌ها کمک شایانی نموده است. در جدول (۲) به بخشی از آن‌ها اشاره می‌شود.

مطالعه پیشینه نشان می‌دهد که در خصوص کاشی‌های جسمی مشهود و به‌خصوص مقایسه آن‌ها با کاشی‌های دوران تیموری تاکنون مطالعه مستقلی صورت نگرفته است. لذا این مطالعه می‌تواند در روشن شدن بخشی از تاریخ معماری ایران مؤثر واقع شود.

### مبانی نظری پژوهش

#### مطالعه مقدماتی کاشی‌های مدرسه

در بررسی‌های اولیه فیزیکی و مطالعات ریخت‌شناسی باچشم غیرمسلح و در ادامه به‌وسیله میکروسکوپ نوری از بافت لعاب و بدنه کاشی‌های مدرسه گیائیه خرگرد و کاشی‌های امروز مشهود آشکار گردید که این کاشی‌ها تقریباً از همان نوعی است که کاشی‌سازان سنتی مشهود به آن کاشی جسمی می‌گویند (جدول ۱). این نوع کاشی‌سازی تقریباً در شهرهای دیگر ایران رایج نیست. چنانکه می‌دانیم سایر شهرها و محله‌هایی که به ساخت کاشی‌های سنتی می‌پردازند؛ مانند اصفهان، کاشان و قم. برای ساخت بدنه کاشی‌ها از خاک رس طبیعی سود می‌برند (رحیمی و متین، ۱۳۶۸، ۵۹). کاشی‌سازان مشهود به این کاشی‌ها لقب گلی داده‌اند بنابراین از دید آن‌ها کاشی‌های سنتی به دودسته «گلی» و «جسمی» تقسیم می‌گردد. کاشی‌سازان مشهود ابتدا برای کاشی‌های زیر رنگی برجسته و بعدها برای کاشی‌های معرق نیز از این نوع کاشی استفاده کرده‌اند؛ اما در حال حاضر به‌جز کاشی‌های هفت‌رنگی سایر کاشی‌ها را با خمیر جسمی تهیه کرده و از آن سود می‌برند.

#### روش تهیه بدنه‌های جسمی توسط کاشی‌سازان مشهودی

بدنه جسمی مشهود از ترکیب مواد سه‌گانه زیر یعنی سنگ چخماق (سیلیس) بلور (شیشه آسیاب‌شده) و گل سرشور (نوعی بنتونیت) فراهم می‌آید که مقدار هر یک به‌قرار زیر است: سنگ چخماق آسیاب‌شده ۷۰ تا ۷۵ درصد، بلور سائیده شده ۲۰ تا ۲۵ درصد و مقدار گل سرشور که

مواد به شیوه ذوب قلیایی و شناسایی عناصر و در صد ترکیب آن‌ها استفاده شد. ذوب قلیایی روش است که در آن با به‌کارگیری کمک ذوب لیتیم متابورات بیشتر عناصر دیرگداز چون سرامیک‌ها را تجزیه می‌نمایند. در این روش سرامیک یا لعاب نمونه با استفاده از لیتیم متابورات ذوب می‌شود. محصول ذوب‌شده با استفاده از اسید نیتریک ۵٪ حل شده و سپس محلول نهایی با استفاده از دستگاه ICP-OES<sup>۲</sup> و یا دستگاه AAS<sup>۳</sup> طیف‌سنجی جذب اتمی، که وجود عناصر شیمیایی مواد را با کمک جذب نور در حالت گازی انجام می‌دهد. خوانش شده و عیار اکسیدهای اصلی مشخص می‌شود.<sup>۴</sup> در بخشی دیگر از روش تجزیه دستگاهی به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی SEM-EDX استفاده شد. میکروسکوپ الکترونی مربوط به موسسه تحقیقاتی پر طاووس وابسته به لعاب مشهود، مدل S360 ساخت Oxford انگلستان و میکروسکوپ نوری مورداستفاده Olympus PM G3 ساخت کشور ژاپن است. نتایج به‌دست آمده پس از تجزیه و تحلیل ارائه گردید.<sup>۵</sup>

### پیشینه پژوهش

در خصوص موضوع این تحقیق که به کاشی‌های جسمی می‌پردازد. مطالبی توسط نویسندگان مختلف منتشر شده که می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود. وولف (۱۳۷۲) در کتاب صنایع دستی کهن/ایران، ذیل بخش کاشی‌کاری به توضیح نوعی سفال می‌پردازد که آن را با عنوان «سنگینه» معرفی نموده است. وی به محل تولید و روش فرآوری و مواد ترکیب آن اشاره نموده است که قرابت نزدیکی با کاشی‌های جسمی مشهود دارد. سیدی (۱۳۷۵) در پایان‌نامه کارشناسی/ارشد خود با عنوان بررسی آسیب‌های وارده بر کاشی‌های مدرسه گیائیه خرگرد خاف: عوامل مؤثر بر تخریب کاشی‌های این مدرسه را موردبررسی و مطالعه قرار داده است. وی همچنین در (۱۳۸۸) در مقاله «مروری بر کاشی جسمی مشهود» به معرفی این نوع کاشی پرداخته و مواد اولیه و روش ساخت آن‌ها را در کارگاه‌های مشهود بیان نموده است. بصیری (۱۳۶۳) در کتاب لعاب، کاشی، سفال ضمن معرفی انواع بدنه‌های سفالی به طرز تهیه انواع لعاب نیز پرداخته و ترکیبات متنوع آن‌ها را به مخاطب معرفی می‌کند. عباسیان (۱۳۷۰) در کتاب صنعت لعاب‌سازی و رنگ‌های آن ضمن ارائه انواع ترکیبات لعاب‌های سرامیکی به عوامل مؤثر در رنگ لعاب‌ها پرداخته و انواع مواد مولد رنگ و درصد ترکیب آن‌ها را در

بنا به نوع معدن آن تغییر می‌کند (سیدی، ۱۳۷۵، ۷۷). افزودن گل با استفاده از الک‌های ریزی که در اختیار دارند و یا پارچه کرباس (حدود سرشور به این ترتیب است که ابتدا دوغابی از آن تهیه کرده و سپس آن را مش ۷۰) صاف می‌کنند آنگاه از این دوغاب که غلظت مناسبی دارد

جدول ۲- برخی تحقیقات آزمایشگاهی مرتبط انجام شده در خصوص آنالیز بدنه‌ها و لعاب‌های سرامیکی.

تاریخ	مرجع	عنوان تحقیق	نویسنده	موضوع تحقیق	نتایج تحقیق
2013	ACTA AMZONICA	The mineralogy and chemistry of the German and Portuguese tiles used to face a historic building in the Amazon region ...	Marcondes L. da Costa Thais A.B.C. Sanjad Rosildo S. Paiva	کانی‌شناسی و آنالیز شیمیایی کاشی‌های آلمانی و پرتغالی کار شده در نماهای ساختمان‌های تاریخی شهر Belém در منطقه آمازون و مطالعه میزان حساسیت طبیعی آن‌ها به هوازگی گرمسیری با توجه به ساختار شیمیایی هریک	نتایج حاصل از آنالیز دستگاهی مواد کاشی‌ها نشان می‌دهد که کاشی‌های آلمانی و پرتغالی از نظر ترکیب کاملاً متفاوت هستند. در حالی که هردو بدنه سرامیکی از $Al_2O_3$ و $SiO_2$ تشکیل شده‌اند، $CaO$ فقط در کاشی پرتغالی یافت شد. مقدار کم $Na_2O$ و $K_2O$ نشان‌دهنده افزودن مواد برای کاهش دمای همجوشی است. $SiO_2$ و $PbO$ اجزای اصلی لعاب هستند که $CoO$ و $FeO$ به عنوان رنگ‌دانه اضافه می‌شوند. بدنه سرامیک کاشی‌های آلمانی از کوارتز، مولیت و کریستوبالیت تشکیل شده است. در مقابل کاشی‌های پرتغالی از کوارتز، کهنیت، دیوپساید ساخته شده‌اند.
۱۳۹۶	پژوهه باستان‌سنجی	شناسایی مواد و رنگ‌های بکار رفته در تزیینات کاشی کاری معرق بنای تاریخی مصلای مشهد	مسعود باقر، ملیحه صابر نیا حسین احمدی	مطالعه ترکیب بدنه و لعاب‌های بکار گرفته شده در کاشی‌های معرق مصلای مشهد با استفاده از آنالیز این مواد توسط روش‌های دستگاهی پتروگرافی و SEM-EDX	نتایج نشان داد که لعاب کاشی‌ها از نوع سربی است که با اکسیدهای قلع، منگنز، کبالت، مس، آهن و آنتیمون برای تولید رنگ در آن‌ها استفاده شده است. این مطالعه همچنین در بدنه کاشی‌ها فازهای موسکویت، هورنبلند، بیوتیت، کوارتز و فلدسپار را آشکار ساخته است.
2019	Journal of the European Ceramic Society	On-site pXRF analysis of body, glaze and colouring agents of the tiles at the excavation site of Iznik kilns	Gulsu Simsek, Belgin Demirsar Arli, Sennur Kaya and Philippe Colombar	تجزیه لعاب و بدنه کاشی‌های مربوط به قرون ۱۴ تا ۱۷ میلادی و بررسی رنگ‌آمیزی آن‌ها به وسیله XRF همراه در محل حفاری کوره‌های سفالگری ایزنیک در ترکیه	نتایج نشان داد که مقدار اکسید قلع در لعاب در طول قرن‌ها کاهش یافته است. علاوه بر این، دو نوع مختلفی از کمک‌ذوب‌ها در لعاب استفاده شد که برخی فقط حاوی پتاسیم و برخی دیگر دارای پتاسیم و کلسیم بودند. تزییناتی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت شامل رنگ‌های آبی، فیروزه‌ای، سبز، قرمز، و خطوط سیاه مخلوط مس و آهن در نواحی قرمز ثبت شد که نشان‌دهنده استفاده از بورنیت است.
2019	International Journal of Visual and Performing Arts	Comparison between Pakistani Kashi Tiles and Persian Kashan Tiles	Qurat ul Ain	کاشی‌های سنتی پاکستان که قبلاً در هند تولید می‌شدند. با کاشی‌های سنتی کاشان با توجه به ساختار ترکیب بدنه و لعاب آن‌ها مورد مطالعه و مقایسه قرار گرفته‌اند	نتایج این پژوهش حاکی از آن است که سرامیست‌های پاکستانی دانش بسیار محدودی دارند و به دلیل وفاداری به این صنعت از پذیرش هرگونه ایده جدید خودداری کرده‌اند. آن‌ها به دست‌نخورده نگاه داشتن فرمول اولیه اعتقاد داشتند. از هرگونه آزمایش و کاوش در این زمینه خودداری کرده‌اند. این کاشی‌ها گرچه کاملاً شبیه کاشی‌های آبی و سفید سلجوقی نبودند. اما ترکیب مواد و روش‌های رنگ‌آمیزی روشن می‌سازد که پیشینه این کاشی‌ها همان کاشی‌های سفید-آبی کاشان است که قبلاً از چین تقلید کرده بودند.
August 2020	NOTES AND RECORDS	'We must send you a sample'-a Persian-European dialogue: Insights into late nineteenth century Ceramic ....	Moujan Matin, Mohammad Gholamnejad and Ali Nemati Abkenar	مطالعه فن‌آوری سرامیک‌های اواخر قرن نوزدهم بر اساس آنالیز شیمیایی دستگاهی کاشی‌های مجموعه خانه اتحادیه در تهران و مقایسه آن‌ها با رساله علی محمد اصفهانی	نتایج آنالیز شیمیایی کاشی‌های مجموعه خانه اتحادیه تقریباً با نتایج رساله علی محمد اصفهانی مطابقت دارد. رنگ‌دانه‌های کاشی‌ها با آنچه در رساله علی محمد آمده و توضیحات او در مورد مواد و فرآیندها بر اساس ویژگی‌های تکنولوژیکی، یکدیگر را تأیید می‌کنند. اما اینکه کاشی‌های خانه اتحادیه توسط علی محمد اصفهانی ساخته شده باشند را نمی‌توان ثابت نمود.

نتایج نشان می‌دهند که از منگنز، مس در مجاورت قلیایی‌ها، آنتیموانات سرب، اکسید آهن و سولفات کادمیم و اکسید و سولفات قلع برای ایجاد رنگ در لعاب‌ها استفاده شده است. همچنین این مطالعه نشان داد که در بدنه‌ها از کوارتز در مجاورت خاک‌های آهنی به‌عنوان پرکننده استفاده شده است. نوع پخت اکسیداسیون و دمای پخت برای سه نمونه کمتر از ۸۰۰ و برای یک نمونه بیشتر از ۸۵۰ درجه سانتی‌گراد بوده است.	شناسایی مواد بدنه و ترکیب لعاب و نیز عوامل رنگ در لعاب‌های کاشی‌های معرق قبه سبز کرمان با استفاده از روش‌های دستگاهی	وحیده رحیمی مهر	مطالعه فنی ترکیبات شیمیایی لعاب کاشی‌های معرق قبه سبز کرمان	پروژه باستان‌سنجی	۱۴۰۰
رنگ‌های آبی، سبز، زرد، سفید و سیاه. شناسایی شدند که در سه گروه رنگ‌های روشن، رنگ‌های تیره و رنگ آبی آسمانی قابل طبقه‌بندی هستند.	آنالیز دستگاهی مواد شیمیایی و بررسی رنگ ترکیب کاشی‌های گنبد سلطانیه با رویکردی آماری	J. Fahim, E. Ghasemi, M. Hosseini-Zori	A study on the colored glazed tiles of Soltaniyeh Dome: an analytical approach	PCCC Progress in Color, Colorants and Coatings	October 2022

بخورد روی سطح صافی می‌سایند تا کاملاً یکدست گردد. پس از این کار با یک‌تکه پارچه یا اسفنج و یا کف دست مقداری آب به سطح صاف شده اضافه کرده و آن را مالش می‌دهند (آب‌مال). کاشی‌ای که به این صورت آماده می‌گردد برای لعاب‌دهی آماده است. از خصوصیات کاشی‌های جسمی مشهد یک‌بار پخت‌بودن آن‌هاست. جالب‌توجه اینکه لعابی هم که برای آن استفاده می‌شود فریت نشده است. این‌گونه کاشی‌ها برای استفاده در معرق‌کاری بکار می‌روند. آن‌ها چون می‌باید در مرحله معرق‌کاری تراشیده شوند حرارت زیادی نمی‌بینند فقط سطح لعاب خورده آن‌ها در معرض آتش قرار می‌گیرد تا لعاب ذوب شود. بنا به اظهار پیش‌کسوتان کاشی‌ساز مشهدی تا سده اخیر فقط کاشی‌های مخصوص زیر رنگی و معرق را بدین گونه ترکیب می‌کردند و سایر اقلام کاشی‌های مورد استفاده را به شیوه رسی می‌ساختند. هنرمندان کاشی‌ساز مشهد در حال حاضر تمامی کاشی‌های مورد استفاده خود به‌جز هفت‌رنگی‌ها را به طریق جسمی تهیه و آماده می‌کنند و معتقدند که این کاشی‌ها علاوه بر اینکه به علت سفیدی بعد از پخت، رنگ‌ها را بهتر جلوه می‌دهند؛ در مقابل شوک‌های حرارتی و برودتی نیز بسیار مقاوم هستند. البته این کاشی‌سازان برای هر نوع کاشی یک آمیز (ترکیب) خاص دارند که به‌طور مختصر به آن‌ها پرداخته می‌شود. کاشی نره برای پوشش گنبد‌ها و مناره‌ها و نیز در برخی مواقع برای ساخت انواع معقلی‌ها در زیر و روی قوس‌ها بکار گرفته می‌شود. این کاشی‌ها حجمی منشوری با وجوهی تقریباً دوزنقه‌ای دارند. به علت اینکه اکثر این نره‌ها به رنگ فیروزه‌ای لعاب می‌خورند کاشی‌ساز مقداری تو فال مس  $CuO$  به ترکیب بدنه می‌افزاید.<sup>۷</sup> وی همچنین مقدار بلور را نیز در آمیز بدنه افزایش داده مدت و درجه پخت را نیز بالا می‌برد تا کاشی نره کاملاً سفت و محکم گردد. کاشی جوک که به‌وسیله لعاب به‌صورت ابلق درمی‌آید و کاشی پیچ که برای دور محراب‌ها، ایوان‌های ورودی و برخی محل‌های دیگر ساخته می‌شوند و کاشی‌های چندوجهی که عموماً برای فن زیر رنگی ساخته می‌شوند نیز از حیث آمیز بدنه مشابه کاشی نره هستند.

جدول ۳- ترکیب حاصل از آنالیز بدنه کاشی معرق مدرسه غیاثیه خرگرد.

مواد ترکیب	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O
درصد ترکیب	84.44	0.66	3.22	2.47	6.65	1.83	0.82

آن‌قدر به ترکیب سنگ چخماق و شیشه می‌افزایند تا خمیری مناسب به دست آید. اصولاً افزودن دوغاب گل سر به مخلوط و به‌دست‌آوردن خمیری مناسب نزد استادکاران مشهدی کاملاً بر اساس تجارب شخصی آن‌هاست. کاشی‌سازان مشهدی برای تهیه سنگ چخماق زحمت طاقت‌فرسایی را متحمل می‌شوند آن‌ها با وسواس بسیار سنگ چخماق را از معادن اطراف مشهد به‌صورت سنتی استخراج و به محل کارگاه حمل می‌کنند. در کارگاه شفاف‌ترین آن‌ها را دست‌چین کرده برای لعاب‌سازی کنار می‌گذارند و بقیه به‌وسیله آسیاب به پودر نرمی تبدیل می‌شود. در سال‌های اخیر برخی از کارگاه‌های کاشی‌سازی مانند کاشی سنتی گوهرشاد و کارگاه کاشی سنتی کنه بیست آستان قدس، سیلیس مور نظر خود را از بازار و به‌صورت آماده تهیه می‌کنند. برای تهیه بلور آن را از خورد و آسیاب کردن انواع بطری‌های بازیافتی به‌دست می‌آورند. در اینجا نیز بطری‌های یکرنگ و صاف را برای لعاب‌سازی کنار گذاشته و بقیه را آسیاب می‌کنند. سپس پودر نرم حاصل از آسیاب را مورد مصرف قرار می‌دهند. گل سرشور (بنتونیت) مشهد دارای معادن متعددی است اما کاشی‌سازان مشهدی به معدنی مراجعه می‌کنند که پدرانشان از آن معدن استفاده می‌کرده‌اند. گل سرشور پس از اینکه به کارگاه منتقل گردید در حوضچه‌های مخصوصی درون آب ریخته شده و هرروز هم زده می‌شود تا ذرات خاک به‌طور کامل از یکدیگر جدا شده و به دوغابی نرم تبدیل شود. این دوغاب پس از عبور از الک بسیار ریز به مصرف ترکیب بدنه می‌رسد. مخلوط موردنظر را که از ترکیب سنگ چخماق، پودر بلور و گل سرشور فراهم آمده حدود ۴ تا ۶ ساعت با پا ورز داده تا کاملاً مخلوط شده، خمیری سفت و قابل مصرف به دست آید. این گل آماده را به مدت ۳ تا ۴ ساعت زیر نایلون می‌خوابانند تا جا بیفتند. پس از این مدت آن را درون قالب‌های چوبی در ابعاد ۱۵×۱۵×۳ سانتی‌متر فشرده می‌سازند تا شکل دلخواه را به خود بگیرد. اصولاً عمل گل سرشور در این بدنه برای استحکام خام کاشی است. بنتونیت از یک‌سو برای استحکام خام کاشی و از سوی دیگر به‌عنوان کمک‌ذوب در مرحله پخت کاشی مؤثر است. معمولاً پس از خشک‌کردن این بدنه‌ها آن‌طرفی را که قرار است لعاب

## مقایسه کاشی‌های معاصر مشهد و کاشی‌های مدرسه غیاثیه از حیث ترکیب مواد

نتیجه آنالیزهای بدنه و لعاب کاشی‌های مدرسه غیاثیه توسط موسسه تحقیقاتی پر طاووس مشهد به شرح جداول ذیل گزارش گردید.<sup>۸</sup> با توجه به نتایج آزمایش، مقدار زیاد سیلیس (بیش از ۸۴٪) مؤید این نکته است که این بدنه‌ها همان بدنه‌های جسمی معروف مشهدی هستند. این مقدار سیلیس از منابعی چون: سیلیس، بلور خردشده و احتمالاً بنتونیت تأمین می‌گردیده است. آنالیز فوق مقدار ۶/۶۵٪  $K_2O$  را نشان می‌دهد که می‌باید از طریق شیشه خردشده تأمین شده باشد. معمولاً مواد قلیائی موجود در شیشه‌ها بیشتر  $Na_2O$  است که در این مورد خلاف آن مشاهده می‌گردد. با تحقیق در شیوه ساخت شیشه قلیایی در گذشته مشخص گردید که برای تأمین مواد قلیایی از خاکستر گیاه اشنون استفاده می‌شده که حاوی مقدار زیادی اکسید پتاسیم است (وولف، ۱۳۷۲، ۱۴۴).<sup>۹</sup> احتمالاً  $K_2O$  موجود در ترکیب بدنه کاشی‌های خرگرد به‌وسیله همین شیشه‌ها تأمین گردیده است. مقدار  $CaO$  و  $Na_2O$  و  $Al_2O_3$  و  $MgO$  موجود در بدنه کاشی‌ها نیز از طریق گل سفید یا بنتونیت وارد می‌گردید و البته مقدار زیادی رگه‌های قهوه‌ای و سیاه‌رنگ هم در ساختمان در کوهی یا سنگ چخماق وجود دارد که می‌تواند منشأ  $Fe_2O_3$  موجود در ترکیب باشد؛ بنابراین ترکیب بدنه معرق در خرگرد خاف تقریباً همان ترکیب بدنه‌های جسمی مشهد است که در حال حاضر مورد استفاده هستند. احتمالاً فن ساخت آن‌ها نیز مشابه روشی است که هم‌اکنون توسط کاشی‌سازان مشهدی به کار گرفته می‌شود. با این تفاوت که شیشه مورد استفاده توسط کاشی‌سازان مشهدی از خورد کردن شیشه‌های بطری که حاوی  $Na_2O$  و  $K_2O$  است تأمین می‌شود در حالی که آن زمان از شیشه قلیایی دست‌ساز که حاوی مقدار زیادی  $K_2O$  بود ساخته می‌شدند.

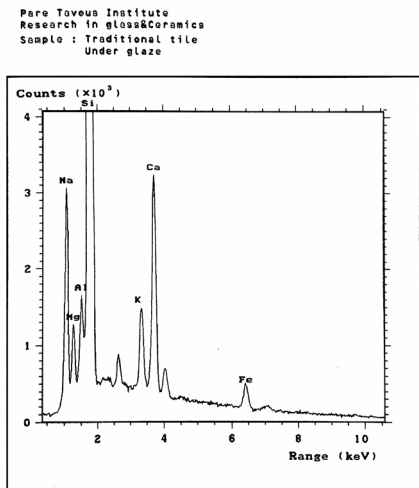
باگذشت زمانی طولانی و آسیب‌های بی‌شماری که لعاب‌ها متحمل شده‌اند و نیز مواد مختلفی که در ترک‌های بی‌شمار لعاب‌ها رسوب کرده‌اند به نظر می‌رسد که ترکیب به‌دست‌آمده از آنالیز لعاب به شیوه ذوب قلیایی، صد درصد بیان‌کننده فرمول اولیه این لعاب‌ها نباشد.<sup>۱۰</sup> این آنالیز با مقدار ۱۷/۱۹٪ سرب نشان می‌دهد که لعاب کاشی‌های معرق خرگرد به خانواده لعاب‌های سربی تعلق دارد. ترکیب لعاب‌های سربی امروز مشهد به‌قرار زیر است: ۳۵ تا ۴۵ درصد وزنی بلور ۱۵ تا ۲۵ درصد سیلیس خام و ۳۵ تا ۴۵ درصد اکسید سرب.<sup>۱۱</sup> اکسید سرب هنوز در بعضی کارگاه‌ها به شیوه سنتی تهیه می‌گردد.<sup>۱۲</sup> مواد لعاب را که آماده کردند با نسبت‌های معین به هم می‌آمیزند و بر اساس رنگ موردنظر از اکسیدهای رنگی استفاده می‌کنند. آنچه تاریخ لعاب‌سازی ایران به ما می‌گوید و آنچه هنوز در برخی از کارگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد این است که مواد ترکیب‌شده را در آسیاب فکی کوچکی که اغلب با دست توانای لعاب‌ساز به گردش درمی‌آید به همراه آب به دوغابی نرم بدل می‌کنند که پس از گذشتن از صافی برای استفاده آماده است. هنرمندان کاشی‌پز این لعاب آماده را که از گرانروی<sup>۱۳</sup> مناسبی هم برخوردار است با پیاله‌ای کوچک بر سطح کاشی ریخته کمی آن را

نگه‌داشته و سپس لعاب اضافی را با کج کردن کاشی به درون ظرف لعاب بازمی‌گردانند. عمل کج کردن کاشی بسیاری از حباب‌ها را از بین می‌برد. از ویژگی‌های کاشی جسمی مشهد یک‌بار پخت بودن لعاب و بدنه است؛ یعنی در این روند تولید لعاب‌ها قبل از استفاده فریت نمی‌شوند و بدنه‌ها هم کاملاً خام هستند. به جهت اینکه بدنه‌های جسمی اگر کاملاً پخته شوند بسیار سخت و مقاوم می‌شوند و برای اینکه کاشی‌های معرق را بتوانند پس از قطعه‌قطعه کردن بسابند. سعی بر این است که بدنه کاملاً نپزد و چون لعاب‌ها باید کاملاً پخته تا صاف و شفاف شوند، کاشی‌ها به‌صورت آینه‌ای روبه‌روی شعله‌های آتش در کوره چیده می‌شوند. در این حالت طرف لعاب خورده که در معرض آتش شدید است به‌خوبی پخته‌شده و صاف و شیشه‌ای می‌گردد و بدنه به علت ندیدن آتش زیاد، نیم پخت باقی می‌ماند. طبیعی است لعاب کاشی‌ها در هنگامی که کاملاً ذوب‌شده‌اند به جهت شکل قرار گرفتن و نیز گرانروی زیاد به علت وجود سرب فراوان اصطلاحاً «شره» می‌کنند. این عمل باعث می‌گردد که ضخامت قسمتی از لعاب کاشی‌ها ضخیم و قسمتی دیگر نازک شود. بامطالعه میکروسکوپی که روی بدنه کاشی‌های معرق مدرسه غیاثیه انجام گرفت. بدنه نپخته آن به سهولت قابل تشخیص بود (جدول ۱). وجود حباب‌های بسیار در قشر لعاب نیز ثابت کرد که علیرغم شفاف شدن سطح لعاب هنوز حباب‌هایی در قسمت پائین قشر لعاب وجود دارد (تصویر Pic 06 جدول ۱). این موضوع عدم پخت کامل بدنه را اثبات می‌کند. در هنگام پخت حباب‌های حاصل از تغییرات مواد بدنه تشکیل شده و جهت خروج به سمت سطح کاشی حرکت می‌کنند. در این مورد حباب‌ها در قشر لعاب گیر افتاده و نشان می‌دهد که بدنه قبل از لعاب‌کاری خام بوده است.<sup>۱۴</sup> این حباب‌ها در محلی که آزاد می‌شوند زیاد و کوچک هستند. سپس به یکدیگر پیوسته بزرگ می‌شوند و کم‌کم خود را به سطح لعاب رسانیده و چنانچه فرصت کافی داشته باشند (در صورت ادامه حرارت) در سطح لعاب ترکیده و به‌مرور چال ایجادشده بر اثر شکفته شدن آن پر می‌گردد.<sup>۱۵</sup> با مطالعه قطعات معرق مدرسه با چشم غیر مسلح مشاهده می‌شود که ضخامت لعاب در همه سطح به یک اندازه نیست در برخی قسمت‌ها لعاب ضخامت بسیار اندکی داشته و در برخی قسمت‌ها ضخامت بیشتر از اندازه معمول است که علت آن شیب کاشی در مرحله پخت و در نتیجه حرکت لعاب است. لعاب‌های رنگین کاشی‌های معرق نیز به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی -SEM، DEX مورد مطالعه قرار گرفت و به‌صورت کیفی آنالیز شد. نتیجه این مطالعات اکسیدهای رنگی مختلف را که معمولاً در لعاب‌ها بکار می‌روند مشخص کرد. بر این اساس لعاب فیروزه‌ای دارای اکسیدهای قلع و مس است. (نمودار ۱) لعاب لاجورد اکسید کبالت را در ترکیب خود دارد و لعاب زرد (خرمایی) وجود اکسید آهن را به اثبات می‌رساند.

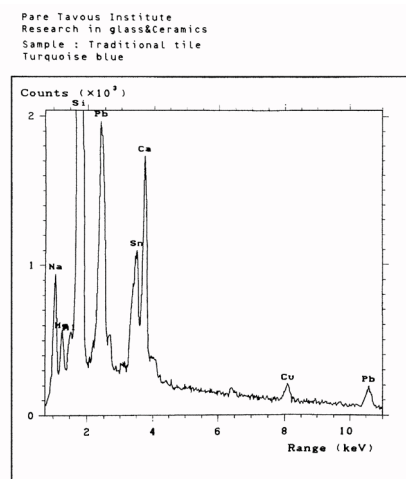
ترکیب به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که مقدار مواد قلیائی و قلیائی خاکی که نقش فلاکس را در ترکیبات سرامیکی بازی می‌کنند. در این ترکیب بیشتر از ترکیب بدنه معرق است مقدار زیادی  $CaO$ ،  $K_2O$  و  $Na_2O$  و کم شدن مقدار  $Al_2O_3$  که سخت‌دیگرگاز است. از عمده‌ترین عواملی هستند که بدنه این کاشی را سخت و شفاف ساخته‌اند. (Pic 05)

جدول ۴- ترکیب حاصل از آنالیز لعاب سفید کاشی معرق مدرسه غیاثیه خرگرد.

مواد ترکیب	SnO2	CaO	PbO	K2O	CuO	Fe2O3	MgO	Al2O3	Na2O	SiO2
درصد ترکیب	6.54	4.56	17.19	1.78	0.11	0.36	4.83	1.00	9.34	54.29



نمودار ۲- آنالیز کیفی از لعاب کاشی زیر رنگی (منطقه رنگ خرمایی) به وسیله میکروسکوپ الکترونی.



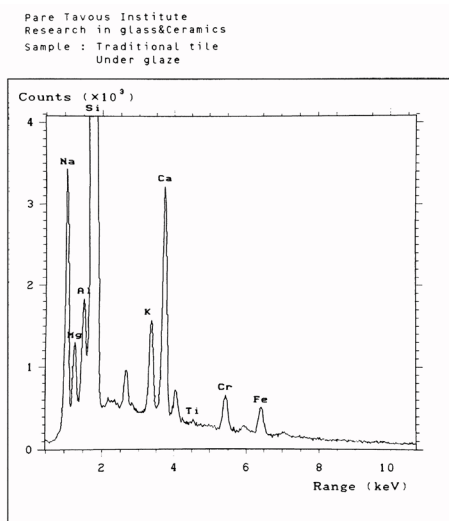
نمودار ۱- آنالیز کیفی از لعاب فیروزه‌ای کاشی معرق به وسیله میکروسکوپ الکترونی.

جدول ۵- ترکیب حاصل از آنالیز بدنه زیر رنگی کاشی‌های مدرسه غیائیه خرگرد.

K2O	MgO	Fe2O3	CaO	Al2O3	Na2O	SiO2	ترکیب مواد
5.92	0.64	0.63	5.48	1.23	1.10	85.01	درصد ترکیب مواد

جدول ۱) به نظر می‌رسد هنرمندان به جهت اینکه نیازی به تراش آن نداشته‌اند. شیشه قلیائی این ترکیب را افزایش می‌دادند. تا در دمایی که قادر بودند در محیط کوره به وجود بیاورند بدنه سخت‌تر شده و استحکام بیشتری پیدا کند. معمولاً کار هنری بر روی این کاشی‌ها با دقت بیشتری انجام می‌گرفت و از نظر کاشی‌سازان اهمیت فوق‌العاده زیادی داشت. کاشی‌هایی که در این تزئین مورد استفاده قرار گرفته‌اند آلت‌های مختلف یک گره تزئینی هستند. کاشی‌های به‌دست‌آمده از مدرسه نشان می‌دهد که ابعاد این کاشی‌ها و نیز زوایای مختلف آن‌ها چنان به‌دقت انتخاب و ساخته شده‌اند که اصولاً می‌بایست مدت زیادی صرف سایش و گونیا کردن آن‌ها شده باشد. در تزئین آن‌ها از لعاب‌های رنگین (سبز- سفید- فیروزه‌ای- لاجوردی و سیاه) استفاده کرده‌اند.

مطالعات میکروسکوپی سطح مقطع لعاب این کاشی‌ها نشان می‌دهد که سطح کاشی ابتدا به وسیله لایه سفیدی که کاملاً ذوب نشده پوشیده شده و سپس به وسیله مواد رنگی بر روی این سطح سفید نقاشی کرده‌اند. آنگاه تمامی نقاشی‌ها را به وسیله یک لعاب شفاف شیشه‌ای که به نظر می‌رسد نقطه ذوب پائین‌تری دارد، پوشانده‌اند. ترک زیادی در این لعاب‌ها به چشم نمی‌خورد. تعداد حباب‌ها در این لعاب به نسبت سایر لعاب‌های این بنا کم‌تر است و به نظر می‌رسد لعاب‌ها و بدنه این کاشی‌ها سازگارتر از بقیه لعاب‌ها و بدنه‌ها هستند. تعداد حباب‌ها که در تمام لایه‌ها به‌صورت پراکنده مشاهده می‌شوند و نفوذ لایه‌ها در یکدیگر نشانگر یکبارپخت بودن این بدنه است. برای پی بردن به مواد گوناگون به‌کارگرفته‌شده در لعاب این زیر رنگی‌ها، آنالیز نقطه‌ای از مناطق مختلف رنگ‌ها به وسیله SEM-EDX انجام شد که وجود کربالت Co، کرم Cr، قلع Sn و منیزیم Mg را به اثبات رسانید. در این مطالعه اثری از سرب به دست نیامد و نشان داد که لعاب به‌کارگرفته‌شده از نوع



نمودار ۳- آنالیز کیفی از لعاب کاشی زیر رنگی (منطقه رنگ سبز) به وسیله میکروسکوپ الکترونی.

جدول ۶- ترکیب حاصل از آنالیز بدنه کاشی معقلی مدرسه غیائیه خرگرد.

K2O	MgO	Fe2O3	CaO	Al2O3	Na2O	SiO2	ترکیب مواد
17.62	3.02	2.75	12.72	8.30	4.44	51.15	درصد ترکیب مواد

ساخت که در لعاب سفید مقدار زیادی قلع و در لعاب فیروزه‌ای موادی چون قلع و مس موجود است و حال آنکه وجود قلع در قشر لاجوردی منفی بود. در این مطالعه همچنین استفاده از منگنز برای قلم‌گیری طرح‌ها به اثبات رسید. آنالیز بدنه هفت‌رنگی‌ها نیز انجام شد که ترکیبی بسیار نزدیک به بدنه کاشی‌های مخصوص معقلی دارند. ترکیب آن به قرار جدول (۷) است: ترکیب این بدنه به سبب وجود مقدار  $52/25\%$   $SiO_2$  مشخص می‌سازد که جزء خانواده کاشی‌های جسمی نبوده و همانند بدنه کاشی‌های نره متعلق به بدنه‌های رسی است. بر اساس مشاهدات میکروسکوپی، بدنه بافت و دانه‌بندی ریزی داشته و تقریباً می‌توان گفت وضعیت همگنی دارد. وجود چال‌های بزرگ در برخی از قسمت‌های بدنه کاملاً مشهود و نشان‌دهنده این نکته است که این کاشی‌ها توسط قالب‌های دستی ساخته شده‌اند که گل سازنده آن نیز کاملاً هواگیری نشده است. وجود حباب‌های هوا در قشر لعاب نشانگر این است که لعاب فرصت چندانی برای تخلیه حباب‌های خود نداشته و استحکام بدنه نیز مؤید آن است که می‌باید دو پخت شده باشد. به نظر می‌رسد که هفت‌رنگی‌های آن دوران نیز باید همانند آنچه امروز کاشی‌سازان هفت‌رنگ کار انجام می‌دهند ساخته شده باشد.

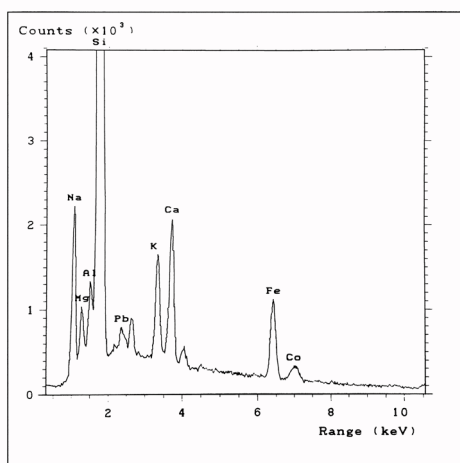
### مطالعه آمیزهای مختلف لعاب‌های رنگی در هنر کاشی سازی معاصر مشهد<sup>۱۷</sup>

کاشی‌کاران مشهد لعاب مورد نیاز خود را به شیوه‌ای کاملاً سنتی تهیه می‌کنند. روش آن‌ها بسیار دقیق و حساب شده است. با توجه به بدنه جسمی کاشی‌های مشهدی، سعی می‌شود از مواد بدنه حتماً در آمیز لعاب وجود داشته باشد. آنان معتقد هستند که این اشتراک می‌تواند به ماندگاری لعاب در طول زمان بر روی کاشی کمک نماید. از این رو قسمت مهمی از ترکیب لعاب آن‌ها را سنگ چخماق و بلور تشکیل می‌دهد. اکسید سرب به‌عنوان کمک‌ذوب و اکسید قلع به‌عنوان

اولیه‌اش مورد استفاده قرار می‌گیرد. می‌بایست این مقدار  $K_2O$  در ترکیب خاک معدن موجود بوده باشد که البته این موضوع هم بسیار غریب به نظر می‌رسد. به‌هر تقدیر چون عمل  $Na_2O$  در بدنه تقریباً همانند  $K_2O$  است می‌توان از هر کدام آن‌ها استفاده برد. شاید هم علت به‌کارگیری این مقدار  $K_2O$  به علت در دسترس بودن آن در آن زمان و در آن ناحیه بوده است. قبلاً گفته شد که کاشی‌سازان مشهدی به علت اهمیتی که کاشی‌های نره دارد (برای پوشش گنبدها و گلدسته‌ها) سعی می‌کنند بدنه آن‌ها از انسجام خاصی برخوردار باشد و از طرفی چون بیشتر از سایر کاشی‌ها در معرض عوامل جوی قرار می‌گیرند می‌بایست لعاب آنان نیز حتی‌المقدور دچار پرش نشود. به همین خاطر معمولاً لعاب آن‌ها ضخیم‌تر از اندازه معمول در نظر گرفته شده و نیز مواد اضافی خاصی به ترکیب بدنه می‌افزودند تا هماهنگی لعاب و بدنه به سبب وجود این مواد در هردو قشر بیشتر از پیش گردد. به‌عنوان مثال این کاشی‌سازان مقداری اکسید مس به ترکیب بدنه اضافه می‌کنند و چون اغلب این نره‌ها را بارنگ فیروزه‌ای می‌سازند و در لعاب فیروزه‌ای نیز از اکسید مس سود می‌برند بدین طریق می‌خواهند نوعی هماهنگی بین لعاب<sup>۱۶</sup> و بدنه ایجاد نمایند. به نظر می‌رسد که مقدار زیاد مواد قلیائی  $CaO$ ،  $Na_2O$  و  $K_2O$  در بدنه نیز به همین منظور به آن افزوده شده باشد و از آنجا که این مواد در ترکیب لعاب‌ها هم وجود دارند (نمودار ۴). بدین‌وسیله می‌خواسته‌اند علاوه بر افزایش مقاومت بدنه به علت وجود مواد زود گداز هماهنگی لازم را نیز بین بدنه و لعاب ایجاد نمایند. قشر لعاب در این کاشی‌ها همانند نمونه‌هایی که در مشهد می‌سازند بسیار ضخیم‌تر از اندازه معمول است و شاید به علت هماهنگی‌هایی که در بدنه و لعاب ایجاد شده پرش لعاب در این کاشی‌ها بسیار نادر است. مگر به‌صورت شکستگی که در این حالت نیز مقداری از بدنه را با خود برداشته‌اند. این لعاب‌ها نیز توسط  $SEM-EDX$  مورد آنالیز کیفی قرار گرفت و مسلم گردید که لعاب از نوع سربی بوده و رنگ حاصل به علت وجود اکسید کبالت است (نمودار ۴). کاشی‌های هفت‌رنگی به علت تعداد زیاد رنگ‌های لعابی که در آن بکار گرفته می‌شوند همواره برای کاشی‌ساز مشکل‌آفرین بوده است. ساخت لعاب اصلی به‌نحوی که با سایر لعاب‌هایی که می‌بایست روی آن بنشینند هماهنگ باشد کار ساده‌ای نیست. به‌خصوص که برخی از رنگ‌ها باعث می‌شوند که ترکیب لعاب پایه کاملاً عوض شود و یا درصدهای آن تغییر کند. لعاب‌های سربی با برخی از رنگ‌ها سازگارتر هستند و آن‌ها را بهتر در خود حل می‌نمایند و لعاب‌های قلیائی با برخی دیگر. معمولاً کاشی‌سازان یک لعاب اصلی را به‌عنوان لعاب پایه انتخاب کرده و آن را به‌وسیله قلع یا زیرکن سفید می‌کنند. این لعاب پایه را با افزودن مواد قلیائی یا سرب زود گداز کرده و اکسیدهای رنگی را به آن می‌افزایند. بدان جهت که برای به‌دست‌آوردن رنگ مورد نظر مقدار مواد متغیر خواهد بود ترکیب لعاب نیز تغییر کرده و هماهنگی مورد نظر به هم می‌خورد.

این موضوع بر کیفیت محصول نهایی اثر گذاشته و نتیجه آن ترک‌های بسیاری است که برخی از رنگ‌ها دچار آن می‌شوند. مطالعه به‌وسیله  $SEM-EDX$  بر روی قشر لعاب و آنالیز نقطه‌ای آن‌ها روشن

Pare Tavous Institute  
Research in glassCeramics  
Sample : Traditional tile  
Conic



نمودار ۴- آنالیز کیفی از لعاب لاجورد کاشی‌های مخصوص معقلی به‌وسیله میکروسکوپ الکترونی.

جدول ۷- ترکیب حاصل از آنالیز بدنه کاشی هفت‌رنگی مدرسه غیاثیه خرگرد.

ترکیب مواد	K2O	MgO	Fe2O3	CaO	Al2O3	Na2O	SiO2
درصد ترکیب مواد	17.02	3.12	2.71	12.70	8.20	5.08	53.25



جدول ۸- آمیز انواع لعاب‌های رنگی استفاده‌شده در کاشی سنتی معاصر مشهد.

ردیف	رنگ	سبزه و شیشه	زرد	قرمز	منسل	سبزه آکسید	سبزه آکسید	کربن آکسید	تکاب
۱	سفید	۵ کیلو	۵ کیلو	۲ کیلو	-	-	-	-	-
۲	زرد	۳ کیلو	۳ کیلو	۳ سیر	-	-	۲ کیلو	-	-
۳	لاجورد	۶ کیلو	۶ کیلو	۰/۵ کیلو	-	-	-	۳ سیر	-
۴	چمنی	۶ کیلو	۶ کیلو	۰/۵ کیلو	-	۰/۵ کیلو	-	-	-
۵	فیروزه‌ای	۵ کیلو	۵ کیلو	۱/۵ سیر	-	-	۵ سیر	-	-
۶	عسلی	۴ کیلو	۵ کیلو	۰/۵ کیلو	-	-	-	-	-
۷	مشکی	۵ کیلو	۲ کیلو	۱ سیر	۳ کیلو	-	-	-	۳ کیلو
۸	کرم	۵ کیلو	۵ کیلو	۱/۵ کیلو	-	۴ سیر	-	-	-
۱۹	کرم-زرد	۵ کیلو	۵ کیلو	۱/۵ کیلو	-	۴ سیر	-	۰/۵ کیلو	-
۱۰	پسته‌ای	۳ کیلو	۳ کیلو	۳ سیر	-	-	۳ سیر	-	-

به کاررفته در مدرسه گیائیه به جهت تولید رنگ در آن‌ها با عامل تولید رنگ در لعاب‌های جدول (۸) مطابقت دارند اما در خصوص ترکیب مواد لعاب، این مطابقت کامل نیست. لعاب‌های تولیدی امروز در کارگاه‌های کاشی سنتی عموماً سربی است. مقدار زیاد سرب در این لعاب‌ها، پخت آن‌ها را در دمای کم میسر می‌سازد. این موضوع در جهت عدم پخت کامل کاشی‌های معرق، مورد توجه کاشی‌سازان است. بر این اساس در مدرسه گیائیه لعاب‌های سفید، آبی، لاجورد و فیروزه‌ای دارای سرب و لعاب‌های سبز و خرمایی (نمودارهای ۲-۳) در کاشی زیر رنگی، فاقد سرب بوده و در گروه لعاب‌های قلیایی قرار می‌گیرند.

انسجام دهنده در ترکیب اکثر لعاب‌ها وجود دارد. از این رو اصطلاحاً به این لعاب‌ها لعاب‌های قلع و سربی می‌گویند. جدول (۸) ترکیب آمیز و درصد هریک از مواد را ارائه می‌نماید.<sup>۱۸</sup> در خصوص اشتراک و افتراق بین لعاب‌های امروز کاشی سنتی در مشهد و کاشی‌های مدرسه گیائیه خرگرد با توجه به ترکیب مواد لعاب و نیز عناصر مولد رنگ در لعاب‌های موجود در جدول (۸) و نتایج آنالیز شیمیایی و نقطه‌ای لعاب کاشی‌های مدرسه گیائیه که در جداول و نمودارهای فوق ارائه شده می‌توان به قرابت این لعاب‌ها و عوامل تولید رنگ در آن‌ها پی‌برد. لعاب‌های فیروزه‌ای، سفید، لاجورد و خرمایی

## نتیجه

بررسی‌ها و مطالعات شکل‌شناختی کاشی‌های معرق مدرسه گیائیه خرگرد (به‌وسیله میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی) آشکار ساخت که کاشی‌ها معرق مدرسه از همان نوعی است که کاشی‌سازان سنتی مشهد به آن کاشی جسمی می‌گویند. این نوع کاشی‌سازی تقریباً در شهرهای دیگر ایران رایج نیست. نتایج حاصل از آنالیزهای شیمیایی و دستگاهی نیز به روشنی تأیید کرد که کاشی‌های معرق در مدرسه گیائیه خرگرد از حیث ترکیب مواد، روش تهیه و مراحل تکمیل شبیه روشی است که هم‌اکنون کاشی‌سازان سنتی مشهد استفاده می‌نمایند. از این حیث کاشی‌های معرق، حمیل‌ها و کاشی‌های هفت‌رنگی به خانواده کاشی‌های رسی (گلی) بیشتر شبیه‌اند که کاشی‌سازان مشهد در حال حاضر از این ترکیب فقط برای هفت‌رنگی استفاده می‌کنند. اکسیدهای فلزی عامل رنگ در لعاب‌ها تأییدکننده شیوه‌ای است که هم‌اکنون کاشی‌سازان مشهد از آن استفاده می‌کنند اما در ترکیب مواد لعاب‌های امروزی با ترکیب لعاب‌های مدرسه خرگرد این هماهنگی وجود ندارد. اگر بپذیریم که لعاب سفید (جدول ۴) در گذشته همانند امروز لعاب پایه بوده است آنگاه باید گفته شود که برای ایجاد رنگ برخی لعاب‌ها از همین ترکیب پایه استفاده می‌شده و در برخی دیگر از ترکیبی که متعلق به گروه لعاب‌های قلیایی بود (نمودارهای ۲-۳). در بررسی جزئیات شاهد تغییرات دیگری نیز در ترکیب هستیم. به‌عنوان مثال مقدار  $K_2O$  در ترکیب بدنه و لعاب‌های خرگرد بسیار بیشتر از مقادیر این ماده کمک‌ذوب در ترکیب کاشی‌های امروزی است. در کاشی‌های امروزی این ماده جای خود را به

در مجموع مطالعات نشان می‌دهند که فنون گذشته با کمی تغییر در ترکیب مواد و روش‌ها، همچنان در کاشی‌کاری مشهد ادامه یافته است. در واقع این شیوه بدون تغییر فاحش در اصول تولید، سینه‌به‌سینه و پشت‌به‌پشت تا به امروز ادامه یافته و هم‌اکنون با وسواس فراوان جهت حفظ اصول سنتی به حیات خود ادامه می‌دهد. مهم‌ترین دلیل آن را می‌توان در زنده‌بودن مجموعه بناهای آستان مقدس رضوی، مرتبط دانست که با حمایت گوهرشاد همسر بافرهنگ و نیکوکار شاهرخ تیموری، بیش‌ازپیش توسعه یافت و در حال حاضر به‌عنوان یک موزه، آثار حدود ۹۰۰ سال از معماری ایران اسلامی را در خود محفوظ داشته است. تجدید و توسعه کاشی‌کاری در این مجموعه بلافاصل ادامه داشته و با توجه به تأکید حفظ سنت‌های فنی و اجرایی، شیوه گذشته جزء به جزء به ما رسیده است. قطعات تراشیده شده کاشی‌های تک‌رنگ برای ساخت معرق‌ها هم از حیث فرم و هم از حیث ضخامت دقیقاً همانی است که کاشی‌کاران مشهدی امروز استفاده می‌کنند.

## سپاسگزاری

در پایان بر خود لازم می‌دانم از مؤسسه تحقیقات پرتاووس مشهد که کارهای آزمایشگاهی بر روی کاشی‌ها در این مرکز تحقیقاتی به انجام رسید به‌خصوص از جناب آقای دکتر عباس یوسفی به خاطر راهنمایی‌های ارزنده ایشان تشکر و قدردانی نمایم.

## پی‌نوشت‌ها

باشند که به‌هر تقدیر ترکیب فعلی مواد لعاب نمی‌تواند دقیقاً بیان‌گر ترکیب اولیه لعاب باشد.

۱۱. این تنوع ترکیب در کارگاه‌های مختلف مورداستفاده قرار می‌گیرند علت آن هم منابع مختلف تهیه مواد اولیه است که استادکاران به تجربه آموخته‌اند.

۱۲. روش اکسید کردن سرب به شیوه سنتی به این طریق است که سرب را وزن کرده و آن را در ظرفی چدنی حرارت می‌دهند تا ذوب شود. آنگاه سرب مذاب را در حین حرارت دادن آن قدر هوا می‌دهند تا اصطلاحاً خاک شود. معمولاً در اکثر لعاب‌های سربی مقداری هم قلع مصرف می‌شود. چون اکسید کردن قلع به‌سادگی سرب نیست کاشی‌پزان مقدار قلع موردنیاز لعاب را نیز به سرب اضافه کرده و توأمان اکسید می‌کنند. اکسید سرب به‌صورت کاتالیزر برای ذوب قلع و اکسید شدن آن عمل می‌کند. این تقریباً همان روشی است که کاشی‌سازان کاشانی در قرن هفتم به‌کار می‌گرفتند. برای مطالعه بیشتر مراجعه شود به: *عرایس الجواهر و نفایس الاطایب*. عبدالله کاشانی.

## 13. Viscosity.

۱۴. اصولاً حباب لعاب‌ها بر اثر سوختن مواد آلی موجود در لعاب و بدنه (در دماهای پائین) و تغییر حالت‌هایی که برای کربنات‌ها، فسفات‌ها و سولفات‌ها در دماهای بالا رخ می‌دهد تشکیل می‌شوند.

۱۵. برای مطالعه بیشتر به کتاب *صنعت لعاب‌سازی و رنگ‌های آن* (۱۳۷۰) نوشته و ترجمه میر محمد عباسیان مراجعه شود.

۱۶. کاشی‌سازان مشاهد معتقد هستند که (CuO) موجود در بدنه با (CuO) موجود در لعاب باهم پیوند برقرار کرده و باعث محکم‌چسبیدن لعاب به بدنه می‌گردد.

۱۷. ترکیب‌های موجود در جدول حاصل ملاقات نگارنده با مرحوم رضا خرسند استاد برجسته کاشی‌سازی و کارمند بازنشسته آستان قدس است که عیناً منعکس می‌گردد.

۱۸. مقادیر و مواد براساس اصول و ادبیات سنتی رایج در نزد استادکاران کاشی سنتی مشاهد ارائه گردیده است.

۱۹. مقدار سرب آبدار و خشک قبل از خاک‌شدن محاسبه شده است که پس از خاک‌شدن و الک‌شدن اکسید نهایی بسیار کم‌تر از مواد اولیه است.

## فهرست منابع

باتر، مسعود؛ صابرنیا، ملیحه و احمدی، حسین (۱۳۹۶)، شناسایی مواد و رنگ‌های به‌کاررفته در تزیینات کاشی کاری معرق بنای تاریخی مصلای مشهد، *پژوهه باستان‌سنجی*، ۳ (۱) صص ۲۹ - ۴۶.

بصیری، رضا (۱۳۶۳)، *لعاب، کاشی، سفال، انتشارات*، تهران: میر (گوتنبرگ).  
رحیمی، افسون؛ متین، مهران (۱۳۶۸)، *تکنولوژی سرامیک‌های ظریف ۱*، چاپ اول، تهران: شرکت صنایع خاک چینی ایران.

رحیمی، وحیده (۱۴۰۰)، مطالعه فنی ترکیبات شیمیایی لعاب کاشی‌های معرق قبه سبز کرمان، *پژوهه باستان‌سنجی*، ۷ (۲) صص ۱۱۱ - ۱۳۶.

سیدی، سید علی‌اکبر (۱۳۷۲)، بررسی وضعیت کنونی کاشی کاری سنتی در مشهد مقدس، *پایان‌نامه دوره کارشناسی صنایع دستی*، تهران: مرکز اسناد و کتابخانه دانشگاه هنر.

سیدی، سید علی‌اکبر (۱۳۷۵)، بررسی آسیب‌های وارده بر کاشی‌های مدرسه‌ی غیاثیه خرگرد خاف، *پایان‌نامه‌ی دوره‌ی کارشناسی ارشد مرمت آثار هنری*، تهران: مرکز اسناد و کتابخانه دانشگاه هنر.

سیدی، سید علی‌اکبر (۱۳۸۸)، مروری بر کاشی جسمی مشهد، مجموعه مقالات نخستین گردهمایی گنجینه‌های یادرفته هنر ایران، فرهنگستان هنر، صص ۷۱-۹۸.

عباسیان، میر محمد (۱۳۷۰)، *تاریخ سفال و کاشی در ایران*، تهران: انتشارات گوتنبرگ.

عباسیان، میر محمد (۱۳۷۰)، *صنعت لعاب‌سازی و رنگ‌های آن*، تهران: انتشارات گوتنبرگ.

کاشانی، عبدالله (۷۰۰ هجری)، *عرایس الجواهر و نفایس الاطایب*، ترجمه و تنظیم: ایرج افشار، چاپ المعی.

۱. هردو بنا مربوط به خراسان عهد تیموری بوده و در قرن نهم هجری ساخته‌شده‌اند. معمار هردو بنا قوام دین شیرازی، معمار معروف دربار شاهرخی است.

2. ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry).

3. AAS (Atomic Absorption Spectroscopy).

۴. روش تهیه محلول به این شرح است. مقدار ۰/۲ گرم نمونه به‌خوبی با یک گرم فلاکس برات در بوته پلاتینی ۲۵ میلی‌لیتری وزن شده و برای مدت ۱ ساعت در کوره مافل با دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده می‌شود. بوته‌های پلاتینی از کوره بیرون آمده و داخل بطری‌های ۵٪ نیتریک اسید با حجم مشخص ۱۰۰ میلی‌لیتر انداخته و تا حل شدن کامل تکان داده می‌شود. بعد از انحلال، مذاب محلول به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسیده و توسط دستگاه خوانش می‌شود.

۵. برای آماده‌شدن نمونه‌ها جهت مطالعه میکروسکوپی، ابتدا مقطعی از لعاب و بدنه در اندازه تقریبی ۱۰ در ۵ میلی‌متر تهیه و سپس در رزینی مخصوص قرار داده و با پرس گرم در قالبی استوانه‌ای تثبیت گردید. آنگاه سطح نمونه ابتدا با سمباده‌های نرم و در نهایت با دستگاه پلیش برقی به‌خوبی پلیش گردید. سطح لعاب و بدنه کاملاً صیقلی شده، برای مطالعه با میکروسکوپ آماده شد.

۶. سنگی، سخت و بادوام.

۷. کاشی‌کاران معتقدند که اکسید مس علاوه بر اینکه رنگ بدنه را کمی تغییر داده و به فیروزه‌ای نزدیک می‌کند، به علت هماهنگ شدن مواد لعاب و بدنه، لعاب بهتر با بدنه عجین شده و یکدیگر را سخت‌تر می‌گیرند.

۸. نتایج منعکس شده در جدول نتیجه نهایی گزارش شده توسط مؤسسه تحقیقات پر طاووس مشهد است که به‌وسیله آزمون ذوب قلیایی و اندازه‌گیری و شناسایی مواد با دستگاه جذب اتمی حاصل شده است.

۹. در مورد ساخت خمیر شیشه مورداستفاده در لعاب «نخستین گام آماده‌کردن آبنگینه بود که یک نوع شیشه قلیایی است. مواد خام آن در کوهی و ریگ چخماق (سنگ آتزنه) و کربنات پتاسیم (قلیه- قلیا- قلیاب- کلیاب) بوده است. آماده‌کردن قلیا به‌وسیله قلیا سوز (قلاج) انجام می‌شد. بسیاری از

قلیاسازها در قم زندگی می‌کرده و در حاشیه شمالی کویر نمک کار می‌کردند. قلیاب کمی از لحاظ مرغوبیت معروف بود. قلیاسازها هفته‌ها در حاشیه کویر گشته و نباتات نمکی را که کاملاً خشک نشده باشند گردآوری می‌کردند.

بهترین این گیاهان گیاه معمولی سودا بنام اشنان یا اشنون بوده است. قلیا سوز همه این گیاهان را در چالی که قطر دهانه آن یک متر و گودی آن دو متر است ریخته و آن‌ها را از زیر آتش می‌زد و گیاه را روی آتش می‌ریخت تا

اینکه آهسته‌آهسته و با شعله کم و بی‌گرمازی زیادی بسوزد» (وولف، ۱۳۷۲، ۱۴۴). این خاکسترها را پس از خنک‌شدن جمع‌آوری کرده و آن‌ها را در کوره با حرارت بالا می‌پختند و به‌صورت چونه‌های ۵ کیلوگرمی انبار می‌کردند. در

کوهی (سنگ سیلیس) از کف رودخانه‌ها دست‌چین و سفیدترین آن‌ها جدا و کاملاً خورد می‌شد به حدی که بتوان آن را با پارچه صاف کرد. این ترکیب سپس در کوره قرار می‌گرفت و حدود هشت ساعت در ظرفی نسوز حرارت داده می‌شد تا کاملاً ذوب شده و به‌صورت شیشه‌ای بدون حباب درآید. آنگاه آن را

از کوره بیرون آورده درون ظرفی پر از آب می‌ریختند تا به دانه‌هایی ریز تبدیل گردد (در اثر شک حرارتی خمیر شیشه تولیدشده بسیار آسیب‌دیده و خورد می‌شد). این همان شیشه‌ای است که برای لعاب‌سازی از آن سود می‌بردند.

۱۰. قابل توجه است که برخی از مواد همانند سرب و قلیایی‌ها به مرور زمان و تحت شرایط محیطی و تأثیر مواد گوناگون از ترکیب لعاب خارج می‌شوند. تحقیقات آقای دکتر عباس یوسفی نشان داده است که خروج و فرار مواد به

عواملی از جمله «ترکیب مواد لعاب، نسبت ترکیب و چگونگی سرد کردن لعاب گذاخته» بستگی دارد (یوسفی، ۱۳۷۴). بنابراین بسیاری از این مواد ممکن

است با پدیده جان‌شینی جایگزین بخشی از مواد اولیه لعاب شده باشند و با اینکه برخی از آن‌ها تحت تأثیر مواد بیرونی از ترکیب لعاب بیرون کشیده شده

*ACTA Amazonica*, 43(3), pp. 323 – 330.

Matin, Moujan, Gholamnejad, Mohammad and Nemati Abkenar, Ali (2020) 'We must send you a sample'-a *Persian-European dialogue*: Insights into late nineteenth century Ceramic technology based on chemical analysis of tiles from the Ettehadieh house complex, Tehran, Iran. *Notes And Records*, 75, pp. 5–37. [in Persian]

Qurat ul Ain (2019). Comparison between Pakistani Kashi Tiles and Persian Kashan Tiles, *International Journal of Visual and Performing Arts*, Vol. 1, No.1, pp. 42-52.

Simsek, Gulsu. Arli, Belgin Demirsar. Kaya, Sennur and Colomban, Philippe (2019). On-site pXRF analysis of body, glaze and colouring agents of the tiles at the excavation site of Iznik kilns. *Journal of the European Ceramic Society* 39, pp 2199–2209.

وولف، هانس ای. (۱۳۷۲)، *صنایع دستی کهن ایران*، ترجمه دکتر سیروس ابراهیم‌زاده، تهران: انتشارات و آموزش انقلاب اسلامی.  
یوسفی، عباس و همکاران (۱۳۷۴)، *کاربرد سرب در لعاب‌های سنتی ایران*، مؤسسه تحقیقات پر طاووس خراسان وابسته به لعاب مشهد.

Fahim, J. Ghasemi, E. Hosseini-Zori M. (2022). *A study on the colored glazed tiles of Soltaniyeh Dome: an analytical approach*, PCCC, Progress in Color, Colorants and Coatings, (This is a Pdf file of the unedited manuscript that has been accepted for publication. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form).

Marcondes L. da Casta. Thais A.B.C. Sanjad. Rosildo S. Paiva (2013). The mineralogy and chemistry of the German and Portuguese tiles used to face a historic building in the Amazon region and their natural susceptibility to tropical weathering,

## A Comparative Study of the Technology of the Tiles of Ghiasieh Khargerd School with the Contemporary Traditional Tiles of Mashhad

*Seyyed Ali Akbar Seyyedi\**

Assistant Professor, Department of Art, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

(Received: 16 Jun 2021, Accepted: 7 Feb 2023)

Especially Goharshad Mosque and the holy shrine of the eighth Shiite Imam, which has a special decorative and religious status, are the manifestations of traditional tiling in this art-rich region. Tiling in Mashhad has its own style, both in terms of decoration and composition of materials and their construction method. Traditional tile makers in Mashhad use a type of tile that is known as stone tile today. The use of glass powder, silica powder and a type of bentonite instead of clay in the body of these tiles is the reason for this name. It seems that this method of production in Mashhad has a long history. A technical study of the remaining tiles in the buildings of this area (which belongs to the past) can help us prove the above hypothesis. Therefore, the tiles of Ghiasieh Khargerd School were studied, which is historically attributed to the architecture of Greater Khorasan and is a twin of Goharshad Mosque in Mashhad. Both are made by Qavam al-din Shirazi and are very similar in terms of decoration and craftsmanship. Unfortunately, Goharshad Mosque does not have tiles at the time of construction because this mosque has been restored many times. But Ghiasieh Khargerd School has tiles belonging to the time of its construction (ninth century AH) and can provide us with laboratory samples. The method of this research is laboratory based using technical study of works. In this research, samples are measured in terms of the type and composition of their constituents by laboratory techniques. First, the method of making contemporary tiles in Mashhad is described and their materials are introduced. Then, laboratory studies are performed on old samples taken from the Ghiasieh Khargerd School building. The identification of body tissue and glaze was conducted through the use of an Olympus PM G3 optical microscope, while the alkaline melting method and point analysis with the SEM-EDX device were employed for chemical analysis. The results show that the body of the mosaic tiles for Ghiasieh Khargerd School is similar to the contemporary stone tiles of Mashhad in terms of chemical composition and texture. In terms of glazing method and tile sintering method, according to histological studies by optical and electron microscopes, similarities are not fully confirmed. In this respect, Moaqqali tiles, Hamil tiles and

seven-color tiles are more similar to clay tiles that Mashhad tile makers are currently using to make seven-color tiles. The composition of glazes, the type of glaze colors and how they are used and produced do not fully confirm the methods currently used by Mashhad tile makers. In general, studies show that the methods and techniques of the past (with a slight changes in terms of the composition of materials and methods used in their construction) have been continued over the past years by contemporary tile makers in Mashhad.

### Keywords

Stone Tile, Clay Tile, Lead Glaze, Ghiasieh Khargerd School.

\* Corresponding Author: Tel: (+98-71) 36388764, Fax: (+98-71) 36242800, E-mail: [seyyedi@shirazu.ac.ir](mailto:seyyedi@shirazu.ac.ir)