

Technology of Luster Glaze Enamel Production, Based on the Formula in the Book of “Jawāher-nāma-ye Nezāmi”

M. MIR-SHAFIEI^{a*}, and M. MOHAMMADZADEH^b

^a Instructor and faculty member of Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN

^b Assistant professor of Tabriz Islamic Art University, Tabriz, IRAN

Abstract

The enamel painting has a long history in Iran. However, this is a lost art and few glass artists are interested in enameling. The oldest traces of Zarrin Faam performed on glass containers were found in Egypt in the second century AH. Since then, this technique was used on glazed pottery at the Islamic era. Zarrin Faam, a thin layer of copper and silver nanoparticles, is an enamel in which luster glaze is used in painting and decorating on the glaze which is heated in reduced kiln as the third step. There are two historical literature about technology and composition of luster glazes: “*Arā’ es al-jawāber wa nafā’ es al-aṭā’ eb*” (by Abul Ghasem Kashani), and “*Jawāher-nāma-ye Nezāmi*”. But the only book that explains art of enameling on glass is the second one by “Mohammad Ibn al Barakat Neishabouri” written in 595 AH. The author has indicated the formulas for crystal enameling. In this research, two formulas of this book has been explained and, it was tried to adopt an experimental approach to introduce and recognize the art of lusterware enamel. Afterwards, technique of glass Meenakari or enameling was practiced. The chemical composition of this layer was investigated using scanning optical microscope, and the results suggested that vitreous Zarrin Faam enamel can be made in accordance with the formulas mentioned in the book, and under reduction conditions. It was found that type of glass, Mina compound or formula, and reduction condition are among the factors influencing the formation of lusterware layers. It is noteworthy that reduction firing includes several variables such as firing time, temperature, and fumigation intensity. It could be concluded that making lusterware at the proper way can be achieved by choosing the appropriate factors mentioned.

Keywords: Vitreous Zarrin Faam camel, Jawaher-name-ye Nizami, Luster glaze, Reduction firing.

* – Corresponding author: mohamadmirshafiei@tabriziau.ac.ir

فن‌شناسی و ساخت مینای زرین‌فام شیشه، بر اساس فرمول‌های کتاب «جواهرنامه نظامی»

سید محمد میرشفیعی^{۱*}، مهدی محمدزاده^۲

۱. مربی، عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

۲. استادیار، عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

چکیده

نخستین آثاری که از شیوه زرین‌فام به‌دست آمده متعلق به مصر و سده دوم ه.ق است که بر روی ظروف شیشه‌ای اجرا شده است. این تکنیک در ادامه بر روی سفالینه‌های لعاب‌دار دوران اسلامی به کار گرفته شد. زرین‌فام، تشکیل لایه بسیار نازکی از نانو ذرات مس و نقره با جلای فلزی در طیف‌های رنگی گوناگون است که بر روی شیشه یا لعاب در سومین مرحله پخت در شرایط احیاء کوره ایجاد می‌گردد. در رابطه با فن‌آوری و ترکیبات زرین‌فام دو منبع تاریخی در ایران وجود دارد از جمله کتاب *عرایس الجواهر و نقایس الاطائب* تألیف ابوالقاسم کاشانی و دیگری کتاب *جواهرنامه نظامی* است. در منابع تاریخی تنها کتابی که به میناهای زرین‌فام بر روی آبگینه پرداخته است کتاب *جواهرنامه نظامی* تألیف محمدبن ابی‌البرکات نیشابوری به سال ۵۹۵ ه.ق است. در کتاب فوق به تعدادی فرمول اشاره شده است که بر روی آبگینه نیز مورد استفاده قرار می‌گرفتند. در ایران استفاده از مینای نقاشی با تکنیک زرین‌فام قدمت طولانی دارد اما در حال حاضر فراموش شده و توسط هنرمندان شیشه انجام نمی‌گیرد. لذا در این پژوهش دو فرمول از کتاب فوق به‌عنوان نمونه انتخاب شد و با رویکردی تجربی به‌منظور معرفی و شناخت مینای زرین‌فام مورد آزمایش قرار گرفت. به‌طوری‌که مینای مذکور به‌صورت عملی بر روی شیشه ایجاد گشته و در ادامه ساختار شیمیایی این لایه‌ها توسط مطالعات میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج آزمایش‌ها حاکی از آن بود که فرمول ارائه شده می‌تواند ساخت مینای زرین‌فام روی شیشه را در شرایط مناسب احیاء، ایجاد کند. از عوامل تأثیرگذار در شکل‌گیری لایه‌ی زرین‌فام می‌توان به نوع شیشه، ترکیبات یا فرمول مینا و شرایط احیاء اشاره کرد. قابل ذکر است که پخت احیاء خود دارای متغیرهایی از جمله دمای پخت، مدت زمان و شدت دود دهی است. در نهایت زرین‌فام مناسب زمانی حاصل خواهد شد که عوامل فوق به درستی انتخاب و اجرا گردد.

واژگان کلیدی: مینای زرین‌فام شیشه، جواهرنامه نظامی، SEM-EDX، پخت احیاء.

* نویسنده مسئول: مکاتبات: تبریز، خیابان آزادی، میدان حکیم نظامی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، دانشکده هنرهای اسلامی، کد پستی:

۵۱۶۴۷۳۶۹۳

پست الکترونی: mohamadmirshafiei@tabriziau.ac.ir

حق نشر متعلق به نویسنده(گان) است و نویسنده تحت مجوز Creative Commons Attribution License به مجله اجازه می‌دهد مقاله چاپ شده را با دیگران به اشتراک بگذارد منوط بر اینکه حقوق مؤلف اثر حفظ و به انتشار اولیه مقاله در این مجله اشاره شود.

۱- مقدمه

مینای زرین‌فام از جمله موضوعاتی است که همواره به لحاظ تاریخی و تکنیکی، بسیار مورد توجه پژوهشگران و هنرمندان سفالگر قرار گرفته است. فنون و شیوه ساخت لعاب زرین‌فام در طول تاریخ اجرای آن در اختیار افراد معدودی بوده که معمولاً از نسلی به نسل دیگر نزد افراد خانواده انتقال می‌یافته است. هم‌چنین پیچیدگی‌های ساخت لعاب زرین‌فام موجب شده تا این تکنیک به امری دست‌نیافتنی تبدیل گردد. نظرات محققین و پژوهشگرانی که به تکنیک ساخت لعاب زرین‌فام پرداخته‌اند، تاکنون معطوف به دو کتاب تاریخی در این زمینه یعنی *عریس الجواهر و نفایس الاطایب* و *سه کتاب درباره هنر سفالگران* بوده و نکته قابل توجه اینکه قدیمی‌ترین و مفصل‌ترین منبع تاریخی در مورد میناهای زرین‌فام یعنی کتاب *جواهرنامه نظامی* مورد توجه آنان قرار نگرفته است. در کتاب *جواهرنامه نظامی* بیش از ۲۶ فرمول زرین‌فام ارائه شده که تاکنون مورد آزمایش‌های عملی واقع نشده است. در کتاب فوق تعدادی فرمول وجود دارد که اشاره شده است بر روی آبگینه نیز بکار می‌گرفتند. لذا در این پژوهش سعی شده است تا ضمن معرفی و شناخت مینای زرین‌فام، فرمول‌های کتاب *جواهرنامه نظامی* جهت انجام آزمایش‌ها نیز مد نظر قرار گیرد. مقاله شامل سه فصل است که فصل اول کلیات تحقیق و

بحث پیرامون شناخت مینای زرین‌فام و کتاب *جواهرنامه* است. فصل دوم به مواد و روش‌ها، از جمله آماده‌سازی ترکیبات و شرایط احیاء پرداخته است و در فصل سوم نتایج و بحث و انجام آزمایش‌های عملی ساخت زرین‌فام را در بر می‌گیرد. قابل ذکر است که در این پژوهش، عنوان کتاب *جواهرنامه نظامی* جهت اختصار با عنوان *جواهرنامه* آمده است.

- روش تحقیق

این تحقیق از نوع تحقیقات کاربردی است. داده‌های اولیه آن به‌صورت کتابخانه‌ای و عمدتاً از کتاب «*جواهرنامه نظامی*» جمع‌آوری شد و سپس به‌صورت توصیفی بررسی شده و نهایتاً از طریق آزمایش مورد آزمون قرار گرفت.

- پیشینه تحقیق

در مطالعات معاصر در رابطه با لعاب زرین‌فام کتاب‌ها و مقالات متعددی وجود دارد. در اکثر این منابع، لعاب زرین‌فام، از جنبه‌های تاریخی و تکنیکی مورد بررسی قرار گرفته اما معدود پژوهشی به کتاب *جواهرنامه* و فرمول‌های آن اشاره دارد و حتی آزمایش، جهت ساخت عملی مینای زرین‌فام بر اساس این فرمول‌ها صورت نگرفته است. در جدول شماره ۱ برخی از مهم‌ترین این پژوهش‌ها آمده است.

جدول ۱: پیشینه تحقیق

نام محقق	نتیجه کلی
Allan James (1973)	ترجمه‌ی انگلیسی بخش غضاره کتاب <i>عریس الجواهر</i> ، ایشان در تشخیص و شناسایی شادنج آن را از منابع مس معرفی کرده است.
Oliver Watson (1985)	به بحث‌های تاریخی از جمله تاریخچه اولیه زرین‌فام، مناطق تولید، سبک‌های تزئین، ظروف، پیکرک‌ها و کاشی‌های دوره ایلخانی، آثار زرین‌فام صفوی و متأخر و مباحث مربوط به سفالگران زرین‌فام و آثار آن‌ها پرداخته شده است. در فصل سوم در حدود نه صفحه به شیوه کار نیز اشاره دارد. چنانکه واتسون آورده است توضیحات در این فصل بیش از همه، برگرفته از ترجمه انگلیسی و تفسیر جیمز آلن از کتاب <i>عریس الجواهر</i> است.
Caiger-Smith (1991)	بر اساس تجربیات خود چندین فرمول مینای زرین‌فام ارائه نموده‌اند. در این کتاب نیز به کتاب <i>جواهرنامه نظامی</i> و ترکیبات آن توجهی نشده است.
جواد نیستانی و زهره روح فر (۱۳۸۹)	مناطق معرفی شده به همراه نتایج آزمایشگاهی نمونه‌ها به شیوه PIXE ارائه شده است. کتاب فوق اگرچه در فصل سوم به معرفی عناصر و مواد ارائه شده توسط ابوالقاسم کاشانی می‌پردازد اما به ساخت فرمول‌های ارائه شده توسط ابوالقاسم عبدالله کاشانی در قالب آزمایش‌های عملی پرداخته نشده است.

مهران متین (۱۳۸۷)	در زمینه پیشینه فناوری نانو به بحث پرداخته و فناوری میناهای زرین‌فام را توضیح داده است. وی ضمن معرفی مختصر کتاب <i>عرایس الجواهر و نفایس الاطایب</i> و کتاب <i>Li Tre Libri dell'arte del Vasaio</i> تألیف پیکولپاسو (Piccolpasso)، کتاب <i>جواهرنامه نظامی</i> را به‌عنوان قدیمی‌ترین سند مکتوب در ارتباط با فناوری میناهای زرین‌فام معرفی می‌کند. همین‌طور به این مطلب می‌پردازد که کتاب <i>جواهرنامه</i> نه‌تنها قدیمی‌ترین بلکه مفصل‌ترین سند در این زمینه تا قبل از سده ۱۹ م است. این مقاله تنها مقاله‌ای است که به کتاب <i>جواهرنامه</i> نظامی توجه کرده است اما صرفاً معرفی است و به فرمول‌های کتاب <i>جواهرنامه</i> اشاره نشده و آزمایش‌های عملی جهت ساخت مجدد آن‌ها صورت نگرفته است.
عباس عابد اصفهانی و پرویز هلاکویی (۱۳۸۵)	صرف‌نظر از نتیجه سعی شده است با آزمایش عملی تنها بر اساس کتاب <i>عرایس الجواهر و نفایس الاطایب</i> تألیف ابوالقاسم کاشانی، لعاب زرین‌فام حاصل شود.
حسین قصایی، حمیدرضا رضایی و آزاده شمس (۱۳۸۶)	از جمله مقالاتی است که به بررسی ساخت لعاب زرین‌فام به‌صورت آزمایشگاهی پرداخته است. از جمله نتایج این آزمایش‌ها، بررسی اکسید قلع و سیلیکات زیرکونیوم به‌عنوان اپک‌کننده و تأثیر بهتر اکسید قلع در ایجاد لایه زرین‌فام است. در مقاله فوق اشاره‌ای به این مطلب نشده است که ترکیب دو مینای مورد آزمایش از چه منبعی است. در این مقاله نیز هیچ اشاره‌ای به کتاب <i>جواهرنامه</i> و فرمول‌های آن نشده است.
داود آقا علی گل و دیگران (۱۳۸۵)	در این مقاله صرفاً با آنالیز عنصری پیکسی و تحلیل آماری نتایج به روش آنالیز فاکتوری به بررسی منشأ سفال‌های زرین‌فام پرداخته شده است و در نهایت این نتیجه که با تلفیق آنالیز عنصری سفال‌های زرین‌فام و با تحلیل‌های آماری می‌توان منشأ این سفال‌ها را تعیین کرد.
Robert Mason (2004)	به بررسی لعاب زرین‌فام کشورهای مختلف از جمله عراق، مصر، سوریه و ایران و مناطق تولید و منشأ تولید آن‌ها، با روش آنالیزهای بدنه و لعاب پرداخته شده است.
سید محمد میرشفیعی (۱۳۹۴)	برخی از ترکیبات و فرمول‌های کتاب <i>جواهرنامه</i> را دستخوش مطالعه و آزمایش قرار داده است. نتایج فوق صرفاً بر روی سفال لعاب‌دار انجام گرفته است.
سید محمد میرشفیعی (۱۳۹۰)	در این رساله فرمول‌های کتاب <i>عرایس الجواهر</i> کاشانی مورد توجه و آزمایش بر روی سفال لعاب‌دار قرار گرفته است. همچنین ضمن معرفی کتاب <i>جواهرنامه</i> نظامی، برخی از فرمول‌های آن با کتاب <i>عرایس الجواهر</i> مقایسه تطبیقی شده است.

- تکنیک زرین‌فام

به نظر می‌رسد تکنیک زرین‌فام که ترکیبات فلزی، مانند اکسیدهای نقره، مس یا طلا حل شده در اسید روی سطح سرد شیشه نقاشی شده‌اند و سپس در محیط احیاء کوره حرارت می‌بینند. آلیاژ نقره و گوگرد و گاهی ترکیب آن‌ها با مس ساده‌ترین نوع زرین‌فام است. طلا، رنگ متمایل به قرمز و نقره به‌تنهایی رنگ زرد ایجاد می‌کند. معمولاً تزئینات رنگارنگ مورد استفاده در بسیاری از قطعات یافت شده از فسطاط (پایتخت اسلامی مصر مابین ۶۴۲ و ۹۶۹ م.ق)، رنگ قرمز تا قهوه‌ای ملایم دارند که کاملاً مشهودند. تنوع رنگی گسترده‌ای از این آثار توسط این تکنیک قابل شناسایی‌اند (Klain, 1984, p. 56).

زرین‌فام شیوه لعاب روی نقش است که در آن رنگیزه در یک آتش‌گیری ثانویه، در دمایی کمتر از دمایی اولیه، روی سطح لعاب محکم و حرارت دیده‌ای به کار گرفته می‌شود. به‌هرحال لعاب زرین‌فام، برخلاف رنگیزه-

های مینایی، به علت ضخامت یک میکرونی نامحسوس است. توضیح مختصری از رنگیزه و آتش‌گیری به این قرار است: خود رنگیزه شامل مخلوطی از ترکیبات نقره و مس است که به نحوی مناسب خرد شده‌اند. به‌اضافه یک واسطه خاکی و نسوز و مقاوم در مقابل حرارت، که بر سطح لعاب حرارت دیده آماده‌ای کشیده می‌شود. این قطعه در دمایی حرارت می‌گیرد که لعاب تا حدودی نرم شود، و البته نه آن‌قدر که واسطه خاکی بچسبد. طی این آتش‌گیری، یا در مدت خاصی از آن، هوادهی به آتش، برای ایجاد یک اتمسفر کاهش‌یافته، به‌وسیله تولید گاز منوکسیدکربن محدود می‌شود. این گاز متغیر از هر منبع قابل دسترسی اکسیژن می‌گیرد و ترکیبات نقره و مس که در طی گرمایش به اکسید تبدیل شده‌اند، اکسیژن خود را از دست می‌دهند و به شکل لایه فلزی نازکی در لعاب رسوب می‌کنند. وقتی آتش‌گیری به پایان می‌رسد واسطه خاکی با صیقل دادن زدوده می‌شود و لایه زرین‌فام

جلوه‌گر می‌شود؛ نازکی لعاب زرین‌فام انعکاس رنگارنگ و صدف‌گونه ایجاد می‌کند که ارزش آن به همین دلیل است (واتسون، ۱۳۸۲، ص. ۲۷). میناهای زرین‌فام لایه‌های بسیار نازکی از نانو ذرات فلزات مس و نقره با جلا و درخشش فلزی در رنگ‌های مختلف هستند که در روی سطح لعاب سرامیک‌های سده‌های میانه و رنسانس، جهت تزئین آن‌ها اجرا شده‌اند. مواد اولیه اصلی میناهای زرین‌فام، انواع ترکیبات و نمک‌های مس و نقره بوده‌اند که معمولاً به همراه کانی‌های رسی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. تشکیل لایه فلزی نانو ذرات مس و نقره، در اثر احیای یون‌های نقره و مس است. لایه فلزی میناهای زرین‌فام از نانو ذرات مس و نقره با ابعادی در حدود ۵ تا ۱۰۰ نانومتر تشکیل یافته‌اند (متین، ۱۳۸۷، ص. ۳-۴).

- ترکیبات مینای زرین‌فام در کتاب جواهرنامه نظامی

یکی دیگر از بخش‌های مهم در ساخت آثار زرین‌فام، فرمول ساخت جوهر یا مینای زرین‌فام است که ابوالقاسم کاشانی در کتاب خود آن را لبقه‌ی دو آتشی می‌خواند. وی که از نوادگان محمدبن ابی‌طاهر است در کتاب خود *عرایس الجواهر و نفایس الاطایب*، دو فرمول جهت استفاده بر روی سفال ارائه داده است. یکی دیگر از منابع مهم و شاخص در رابطه با فرمول میناهای زرین‌فام کتاب *جواهرنامه نظامی* است. در کتاب فوق با وجود آنکه بیش از صد سال قبل‌تر از *عرایس الجواهر* نوشته شده اما ۲۶ فرمول ارائه شده است. که تعدادی از آن‌ها جهت سفال و برخی مختص استفاده بر روی شیشه عنوان شده است. در واقع کتاب *جواهرنامه نظامی* تنها منبع تاریخی است که به فرمول مینای شیشه اشاره کرده است. در ادامه فرمول‌های مربوط به زرین‌فام شیشه و ذکر شده در کتاب *جواهرنامه نظامی* آمده است: صفت تلاوچی که از او سه لوبه حاصل آید بر اقداح آبگینه شامی:

لون زرد و لون لاجورد و لون فضه

آبگینه ده مثقال، بوره یک مثقال، نوشادور یک مثقال، مردار سنگ یک مثقال، مغنیسیا یک مثقال. جمله را به سرکه موصول کنند و بر آنجا که خواهند نقش کنند و در

دوددان نهند چنان که یاد کرده شد آتش می‌کنند تا سرد شود. پس بیرون کند و بشویند. پس بگیرند سه مثقال اسفیداج قلعی و یک مثقال نحاس محرق و یک مثقال مردار سنگ، جمله را به سرکه بسایند و در خارج قدح نقش کنند. پس بگیرند نحاس محرق سه مثقال و یک مثقال مرقشیثا و یک مثقال شادنج و یک درم توبال برنج محرق به کبریت، جمله را بکوبند و پس موصول کنند و خارج قدح را بدان طلا کنند و اندرون آن را بیالایند و در دوددان نهند چنان که یاد کرده شد. لون به غایت خوب حاصل آید: لون زرد و لاجورد و نقره رنگ.

رنگ سرخ به غایت سرخ بگیرند مغنیسیا پنج درم، زاج [سبز] دو درم و نیم، گوگرد سفید دو درم و نیم، فضه محرق که آن را به گوگرد زرد سوخته باشند دو درم و نیم. این جمله را بکوبند و ببیزند و به سرکه کهن موصول کنند و به روی آبگینه و اوانی کاشی و غیر آن هر نقش که خواهند کنند و رها کنند تا خشک شود. پس آن را در دوددان نهند چنانکه پیش از این مذکور است و همان مقدار آتش که یاد کرده شدست بیش نکنند، و چون آتش تمام کرده شود رها کنند تا سرد شود. پس برون کنند و آن را پاکیزه بشویند. لونی به غایت سرخ پدیدار آمده بود.

نوع دیگر لون سرخ هم از این بگیرند مرقشیثای ذهبی و مغنیسیا، از هر یکی یک جزو و گوگرد سفید نیم جزو و زاج نیم جزو و زنجفر نیم جزو و فضه محرق نیم جزو و این جمله را بکوبد و بساید و به حریری ببیزد و موصول کرده به سرکه کهن و باقی اعمال چنانکه یاد کرده شده است، چون کرده شود لونی بود به غایت سرخ. **نوع دیگر سرخ هم از این جنس** فضه محرق یک درم نیم، زنجفر دو درم، زنجار شش درم، زرنیخ احمر شش درم. این جمله را به سرکه موصول کنند و باقی اعمال چنانکه یاد کرده شده است.

صفت لونی که مانند زر باشد

بگیرند زنجفر سه درم و قلقطار یک درم و نیم و فضه محرق به شرط آن که آن را به کبریت زرد سوخته باشند. این جمله را به سرکه کهنه موصول کنند و بدان هر نقش که خواهند می‌کنند و چنانکه یاد کرده شد در دوددان نهند و می‌گذارند تا سرد شود. پس آن چیز را از دوددان بیرون

می‌گیرند و پاک می‌شویند لونی حادث می‌شود مثل لون زر. نوع دیگر فضّه محرق یک درم، مرقشینای ذهبی شانزده قیراط^۲، ... ریحانی^۳ سه قیراط، قلقد پنج قیراط، قلیمیای فضّه دو درم. جمله را چنانکه یاد کرده شد مصول کنند به سرکه و استعمال کنند بر آبگینه شامی و سفالینه‌های کاشی و غیر آن، مانند زر بیرون آید.

صفت تلاویح^۴ مثل جزع

بگیرند فضّه محرق به کبریت و مغنسیا از هر یک به مقدار یک درم و نیم، زنجار دانگی و نیم، قلقد نیم دانگ. جمله را به سرکه مصول کنند و ظاهر اقداح را بدان طلا کنند. پس بگیرند فضّه محرق دو جزو، مغنسیا دانگی، زنجفر دانگی، زنجار قیراط. جمله را به سرکه مصول کنند و اقداح را بدان چنان که خواهند طلا کنند و در دوددان نهند چنان که یاد کرده شده است آتش کنند. پس رها کنند تا سرد شود. پس از دوددان بیرون گیرند لون مانند جزع ملون حاصل شده باشد.

نوعی دیگر ماند جزع ملون

فضه محرق به گوگرد زرد و زرنیخ سرخ یک درم و مغنسیا یک درم و نیم، زنگار دانگی، زنجفر نیم دانگ، قلقد نیم درم. این جمله را بکوبند و به سرکه کهنه مصول کنند و اندرون اقداح آبگینه شامی را یا هر آبگینه سفید و شفاف که باشد بر آن طلا کنند، چنان که خواهند. پس بگیرند یک جزو فضّه محرق و دو جزو مغنسیا و دانگی قلقد و دانگی زنجفر و نیم دانگ زنجار این جمله را بکوبند و به سرکه مصول کنند و اندرون اقداح را چنان که خواهند نقش کنند و استعمال نمایند چنان که پیش از این یاد کرده شد و در دوددان نهند تلاویحی چون جزع به‌غایت خوب حاصل شود و بالله التوفیق (جوهری نیشابوری، ۱۳۸۳، ص. ۳۵۳-۳۵۵).

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد و دستگاه‌های مورد استفاده

در این پژوهش ابتدا تلاش شد تا معادل امروزی مواد مذکور در دو فرمول منتخب از کتاب شناسایی شوند. سپس برای ساخت مینای زرین‌فام از مواد شیمیایی

آزمایشگاهی و تجاری به قرار زیر استفاده شد. سولفید نقره و سولفید جیوه از نوع آزمایشگاهی (مرک آلمان) مورد استفاده قرار گرفته و سایر مواد از جمله اکسید منگنز، گوگرد و سولفات مس از منابع تجاری تهیه شدند. شیشه جهت اعمال مینای زرین‌فام از نوع جام و قلیایی است. برای مطالعه‌ی ساختار شیمیایی و فیزیکی شیشه و مینای زرین‌فام مورد استفاده در این پژوهش نیز از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM-EDX مدل TESCAN (جمهوری چک) استفاده شد. کوره مورد استفاده در این آزمایش‌ها، کوره تست الکتریکی با حجم مفید ۳۰ لیتر است.

۲-۲- آماده‌سازی مینای زرین‌فام

در این پژوهش از بین هشت فرمول معرفی شده از کتاب جوهرنامه که در بخش قبل آمد، دو فرمول انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفته است. اولین فرمول منتخب با عنوان «رنگ سرخ به‌غایت سرخ»، و فرمول بعدی با عنوان «صفت لونی که مانند زر باشد» توصیف شده است. اسامی مواد اولیه ذکر شده در فرمول‌های پیشنهادی نیشابوری نام‌هایی است که در گذشته کاربرد داشته و امروزه این اسامی ناآشنا هستند. لذا ضروری است تا جهت شناخت دقیق این مواد و ترکیبات ارائه شده، معادل امروزی اسامی مواد اولیه و ترکیبات شیمیایی آن‌ها در دسترس باشد. جدول شماره ۲ تمامی مواد اولیه و اصطلاحات به‌کار رفته با آوانویسی و مشخصات کانی و فرمول شیمیایی آن‌ها را نشان می‌دهد. مواد مذکور در ترکیب دو فرمول منتخب در کتاب جوهرنامه به‌صورت معادل امروزی که در جدول شماره ۲ آمده‌اند برای انجام آزمایش انتخاب شدند که مقدار آن‌ها در ساخت مخلوط مینای زرین‌فام در جدول ۳ و ۴ آمده است.

پس از وزن کردن ترکیب مواد فوق، تمامی آن‌ها با سرکه مخلوط گردید و در هاون آزمایشگاهی بیش از نیم ساعت سائیده شد. لازم به ذکر است که آسیاب مواد و پودر شدن بیشتر مواد نیز می‌تواند به تشکیل لایه زرین‌فام کمک کند. چنانکه ابوالقاسم کاشانی نیز به این مطلب اشاره دارد: «بر صلایه دو شبانه‌روز سحق کنند تا به‌غایت نرم شود» (کاشانی، ۱۳۸۶، ص. ۳۴۷). پس از

جدول ۲: مواد اولیه و ترکیب شیمیایی مینای زرین‌فام در کتاب جواهرنامه نظامی (متن، ۱۳۸۷، ص. ۵)

ردیف	نام ماده شیمیایی	آوانویسی	مشخصات کانی و فرمول شیمیایی
۱	زاج سبز یا قلقد	Qolqand-ZajSabz	زاج (کات) سبز - $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
۲	فضه محرق به گوگرد زرد سوخته باشند	Fezzezard	سولفید نقره - Ag_2S
۳	گوگرد سفید	Kohl sefid	گوگرد نهشته در کنار چشمه‌ها، گوگرد ناخالص S
۴	مغنیسیا	Maqnisiya	MnO^2
۵	زنجفر	Zenjafer	شنگرف - HgS
۶	قلقطار	Qolqatar	زاج زرد - $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
۷	فضه محرق به کبریت زرد	Fezze zard	سولفید نقره - Ag_2S

جدول ۳: اولین فرمول مینای منتخب از کتاب جواهرنامه نظامی جهت آزمایش

نام ماده	اکسید منگنز (مغنیسیا)	سولفات مس (زاج سبز)	گوگرد سفید (گوگرد)	سولفید نقره (فضه محرق که به گوگرد زرد سوخته باشند)
مقدار (g)	۱۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵

جدول ۴: دومین فرمول مینای منتخب از کتاب جواهرنامه نظامی جهت آزمایش

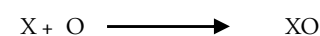
نام ماده	سولفید نقره (فضه محرق به کبریت)	سولفات آهن (قلقطار)	سولفید جیوه (زنجفر)
مقدار (g)	۱۵	۲۰	۴۵

آماده شدن مینای مذکور، توسط قلم‌مو بر روی قطعات شیشه‌ای جام یا همان شیشه‌ی پنجره اعمال گردید تا پس از پخت احیا و دود دهی مورد بررسی قرار گیرند.

۲-۳- پخت احیاء و شرایط آن

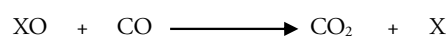
یکی دیگر از عواملی که در ایجاد لعاب زرین‌فام بسیار تأثیرگذار و حائز اهمیت است، عمل احیاء است. زمانی که عناصر با اکسیژن ترکیب شوند به آن‌ها اکسید گفته می‌شود. چنانچه بتوان اکسیژن را از ماده فوق مجدداً جدا کرد، عنصر اصلی بر جای می‌ماند. به این واکنش جداسازی اکسیژن از ترکیب اکسید عنصر، احیاء گفته می‌شود. این عمل به‌وسیله سوخت ناقصی مثل مونوکسید کربن صورت می‌گیرد و حاصل آن گاز CO_2 و عنصر خالص است که بر جای می‌ماند.

اکسیداسیون:



اکسید عنصر اکسیژن عنصر

احیاء:



عنصر دی اکسید کربن منواکسید کربن اکسید عنصر

در تکنیک زرین‌فام بر اثر احیاء، اکسید مس و نقره دوباره به فلز خالص (مس و نقره) تبدیل شده و بر روی لعاب می‌درخشد (اژدری، ۱۳۸۸، ص. ۳۰). در واقع پخت مینای زرین‌فام، در محیط احیاء بعد از پخت بدنه و لعاب، پخت سوم محسوب شده و خود شامل دمای پخت، مدت احیاء و دفعات دوددهی و شدت احیاء است.

دمای احیاء

دمای پخت میناهای زرین‌فام بستگی عمده‌ای به نوع شیشه بستر خود دارد. در واقع، دمای مناسب دمایی است که سطح شیشه تا آن حد نرم گردد که امکان تعویض کاتیونی و مهاجرت یون‌های مس و نقره ایجاد شود. ابوالقاسم کاشانی در مورد پخت نهایی، پس از اینکه آثار نقاشی شده‌اند چنین نوشته است: «بر آلات نقش کنند چنانکه خواهند، و باز در شاخوره ثانی نهند کی برای این کار ساخته باشند و سه شبانه‌روز دودی نرم می‌دهند تا رنگ دو آتشی بگیرد.» (کاشانی، ۱۳۸۶، ص. ۳۴۷) جمله تا رنگ دو آتشی بگیرد مؤید این مطلب است که دمای پخت سوم دمایی در حدود ۵۵۰ الی ۶۵۰ درجه

ساعت و نیم نتیجه بهتری را در بر خواهد داشت.

تعداد دفعات دوددهی و شدت احیاء

در ایام گذشته از کوره‌های سنتی چوب‌سوز جهت پخت سرامیک و همچنین پخت احیاء لعاب زرین‌فام استفاده می‌شده است. این مسئله نیز هم در کتاب *عرایس الجواهر* و هم در کتاب *سه کتاب درباره هنرمندان* اثر پیکولپاسو آمده است. حتی طرح‌هایی از کوره و شرایط احیاء، از پیکولپاسو موجود است (شکل ۱). در کوره‌های چوب‌سوز سنتی محیط کوره دائماً در حال تبدیل از احیاء به اکسیداسیون و بالعکس است که این مطلب خود به پخش و آرایش بهتر اتم‌های مس و نقره در سطح لعاب کمک کرده و موجب تشکیل لایه فلزی منظم‌تر و دقیق‌تر می‌شود. گذشته از طرز تهیه‌ی مینای زرین‌فام، طرح کوره هم اهمیت زیادی دارد. پیکولپاسو گزارش می‌کند که، بنا بر عقیده‌ی سفالگران ایتالیایی، همه هنر سفال زرین‌فام بر نحوه‌ی ساخت کوره متکی است، تا حدی که این کوره‌ها در اتاق‌های بسته نگهداری می‌شدند. کنترل درجه حرارت و اتمسفر کوره، که عامل اصلی موفقیت این فن‌آوری است به نوع کوره وابسته بوده است (واتسون، ۱۳۸۲، ص. ۳۲). با توجه به آثار مکتوب دوران سلجوقی، ایلخانی و

سانتی‌گراد است. این دما بستگی مستقیم به شیشه و نقطه نرم شوندگی آن دارد. رسیدن به دمای مناسب احیاء، مستلزم انجام آزمایش‌ها و تجربه لازم است. چراکه پخت در دمای بالاتر از حد نیاز موجب فرو رفتن بیش از حد ترکیبات مینا داخل شیشه شده و به سطح آن می‌چسبند و در نهایت کار تیره دیده می‌شود و اگر دما کمتر از حد لازم باشد مینای زرین‌فام بعد از پخت به‌راحتی از روی شیشه پاک شده و تأثیری روی آن نخواهد داشت. «در دمای کمتر از ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد (در کوره‌های غیر الکتریکی) اجسام نوری از خود منتشر نمی‌کنند و در نتیجه داخل کوره تاریک و غیرقابل رؤیت است، ولی در دمای حدود ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد اولین تابش‌ها با طول موجی که به نظر قرمز تیره می‌آید، منتشر می‌شوند. بنابراین در شرایط آن روز که وسایل و دستگاه‌های آذر سنجی موجود نبودند، تشخیص دماهای حدود ۶۰۰ درجه با چشم، و در نتیجه کنترل فرآیند در حدود بالاترین دمای پخت میناهای زرین‌فام، راحت‌تر صورت می‌پذیرفته است.» در واقع اتفاقی که در دمای حدود ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌افتد این است که «امکان تعویض بین یون‌های مس (Cu^{++}) و نقره (Ag^+) موجود در مخلوط مواد اولیه زرین‌فام و یون‌های سدیم (Na^+) و پتاسیم (K^+) موجود در لعاب یا شیشه به وجود می‌آید. بعد از این مرحله است که ابتدا این ذرات احیا می‌شوند و به‌طور مشخص ابتدا جوانه‌زنی ایجاد می‌شود و سپس رشد نانو ذرات صورت می‌پذیرد» (متین، ۱۳۸۷، ص. ۱۳-۱۴).

مدت احیاء

مورد بعدی در انجام یک احیاء موفق کنترل مدت زمان احیاء است. همان‌طور که در متن *عرایس الجواهر* آمده است سه شبانه‌روز دودی نرم می‌داده‌اند. به نظر می‌رسد که کوره‌ای بزرگ جهت کار داشته‌اند و این سه روز شامل چیدن آثار داخل کوره و دوره سرد شدن آن را نیز شامل می‌شود. به‌هرحال مدت زمان احیاء نیز بستگی به بزرگی و کوچکی کوره دارد. تجربه و نتیجه احیاء در کوره تست آزمایش‌های این پژوهش نشان‌دهنده این موضوع بود که احیاء در زمانه‌ای بیش از یک ساعت تا یک



شکل ۱: طراحی پیکولپاسو، کوره چوب‌سوز در حال احیاء (رادز، ۱۳۸۲، ص. ۶۰)

رنسانس ایتالیا، محیط کوره از ابتدای پخت، احیاکننده بوده است و ظروف در دودی نرم پخته می‌شده‌اند. در حدود بالاترین دما، شدت احیا افزایش داده می‌شده است. با این همه از حدود اواخر قرن نوزدهم، تجربیات عملی نشان دادند که وجود احیاء تا پیش از رسیدن به حدود دمای حداکثر، الزامی نیست. باید توجه داشت که در آن زمان کوره‌ها با چوب گرم می‌شده‌اند و بنابراین تأمین احیای یکنواخت و ثابت در هر صورت عملاً امکان نداشته و محیط مرتباً در حال تبدیل از احیاء به اکسیداسیون و بالعکس بوده است. این ضربان‌های اکسیداسیون و احیای کوره باعث تغییرات مکرر در وضعیت اتم‌ها و در نتیجه پخش بهتر آن‌ها و ایجاد سهولت در تشکیل لایه‌ی فلزی می‌گردد و در عمل یکی از ضرورت‌ها در پخت مینای زرین‌فام با کیفیت مناسب است (متین، ۱۳۸۷، ص. ۵).

عمل دوددهی معمولاً با وارد کردن چوب خشک داخل کوره صورت می‌گیرد. در کتاب *عرایس الجواهر* اشاره‌ای به نوع چوب، هنگام احیا نشده است. اما در مورد سوخت کوره در هنگام پخت لعاب و نوع چوب آن چنین آمده است: «و به کاشان هیزم نرم سوزانند و به دارالسلام و تبریز و دیگر بلاد چوب بید پوست باز کرده تا دود نکند.» (کاشانی، ۱۳۸۶، ص. ۳۴۱). نکته‌ی دیگر که در حین احیاء دارای اهمیت است شدت و میزان دوددهی است. همان‌طور که ابوالقاسم کاشانی نیز به آن به‌صورت «دودی نرم» اشاره می‌کند. تجربیات آزمایش در حین انجام دوددهی نیز نشان داد که اگر شدت دوددهی بالا باشد، آثار دودزده خواهند شد و سیاه می‌گردند. همچنین اگر احیاء و دوددهی به میزان کم باشد تأثیر چندانی در تشکیل و ظهور لایه فلزی نخواهد داشت. شدت احیاء و کنترل آن از جمله مواردی است که در تشکیل لایه زرین‌فام بسیار مؤثر است و با تکرار و آزمایش‌ها به‌دست خواهد آمد. اتمسفری که بیش از اندازه احیایی باشد به‌هیچ‌وجه خوب نیست و اصلاً لزومی ندارد که توده‌های

عظیمی از دود سیاه از روزنه‌های کوره خارج شود. موقع کار با یک کوره جدید، باید با آزمایش و تجربه، حد لازم و کافی برای احیایی نمودن اتمسفر کوره را تعیین نمود. و موقعی که پس از چند نوبت پخت، به پختی رضایت‌بخش رسیدیم، می‌توانیم کار را با توجه به آنچه تجربه کرده‌ایم با موفقیت تکرار کنیم (رادز، ۱۳۸۲، ص. ۲۶۰).

۳- نتایج و بحث

در بخش آزمایش‌ها هر دو مینای منتخب بر روی شیشه جام یا همان شیشه پنجره اعمال شده‌اند. با استفاده از روش SEM-EDX، ترکیب شیمیایی شیشه‌ی مورد استفاده نیز تعیین شد که نتایج به‌دست‌آمده بر اساس درصد وزنی عناصر در جدول ۵ آمده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند که عناصر سیلیس و اکسیژن به‌عنوان عناصر تشکیل‌دهنده‌ی ترکیب اصلی شبکه‌ساز، بیشترین مقدار را در بین عناصر تشکیل‌دهنده‌ی شیشه دارا هستند.

پس از اعمال هر دو مینای تهیه شده بر روی سطح شیشه، در شرایط پخت احیاء قرار گرفتند. کوره مورد استفاده در این آزمایش‌ها، کوره تست الکتریکی با حجم مفید ۳۰ لیتر بود. جدول ۶ شرایط عملیات پخت احیاء را نشان می‌دهد. دمای احیاء و زمان و دفعات احیاء در جدول ۷ بر اساس مطالب ارائه شده در مقاله‌ی پیش رو و همچنین بر اساس تجربه‌ی کار نگارنده در رابطه با ساخت مینای زرین‌فام بر روی سفال لعابدار، انتخاب شده است.

آزمایش اول:

در این آزمایش فرمول اول (جدول ۳) در شرایط احیاء آمده در جدول ۶ مورد آزمایش قرار گرفت. تأثیر مینا بر روی شیشه دیده می‌شود (شکل ۲). در این آزمایش طیف قرمز تا حدودی مشخص است اما آن‌گونه که در توصیف این ترکیب در کتاب جواهرنامه آمده به‌غایت سرخ نیست.

جدول ۵: میزان عناصر شیمیایی موجود در شیشه مورد آزمایش

عنصر	C	O	Fe	Si	Al	Mg	Ca	Na
مقدار (w%)	۸/۲	۵۸/۵	۱/۵	۱۸/۲	۰/۵	۲/۰۰	۱/۴	۸/۳

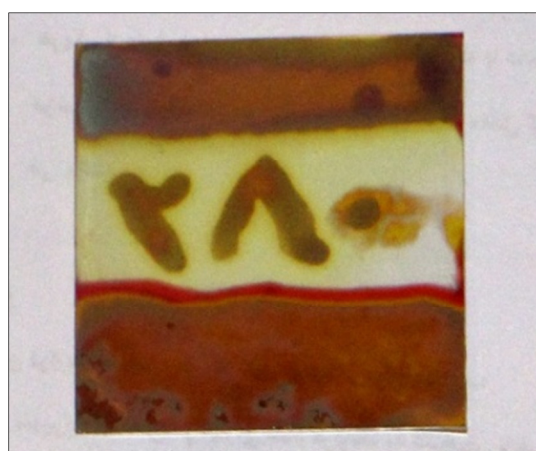
جدول ۶: شرایط عملیاتی پخت احیاء

کوره احیاء	دمای احیاء (°C)	زمان احیاء (min)	عامل احیاء	دفعات احیاء	شدت احیاء
الکتریکی	۵۸۰	۷۰	چوب نئوپان	۴ مرتبه	در هر بار دوددهی، ۲ قطعه نئوپان ۳×۵ سانتیمتر

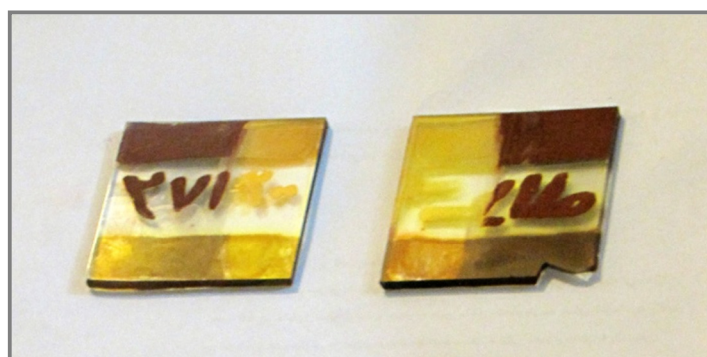
از دلایل این موضوع می‌توان به تأثیر نوع شیشه نیز اشاره کرد چراکه فرمولاسیون و دمای پخت هر شیشه متفاوت است که این موضوع در شکل‌گیری لایه زرین فام و طیف رنگی آن تأثیرگذار است.

آزمایش دوم:

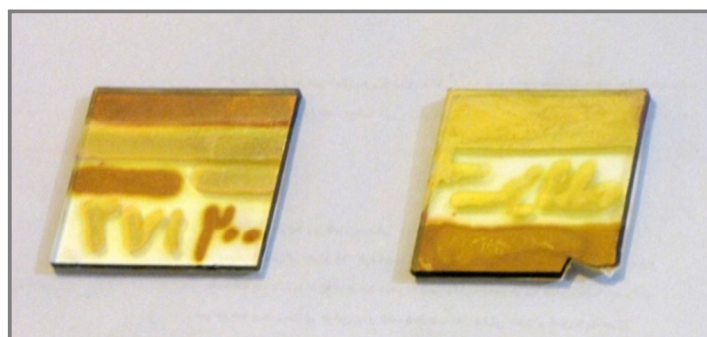
در این آزمایش فرمول دوم طبق جدول شماره ۴ ساخته و بر روی شیشه توسط قلم‌مو اعمال گردید و سپس با شرایط احیای ذکر شده در جدول ۶ مورد آزمایش قرار گرفت. نتیجه تشکیل لایه‌ی زرین فام همان گونه که در کتاب توصیف شده است با تالوئی طلایی بود. نتایج در تصاویر شماره ۳ و ۴ در زیر ارائه شده است.



شکل ۲: نمونه تست مینای اول، پس از اتمام پخت احیاء، اضافات مینا پاک شده که تأثیر آن بر روی شیشه دیده می‌شود.



شکل ۳: نمونه آزمون مینای دوم، پس از اتمام پخت احیاء، بخشی از مینا پاک شده است که تأثیر آن بر روی شیشه با تالوئی طلایی دیده می‌شود.



شکل ۴: مینا و اضافه‌های ترکیبات (خمیر گلی) به‌طور کامل از سطح شیشه پاک شده است.

جدول ۷: میزان عناصر شیمیایی موجود در لایه‌ی مینای زرین‌فام (دومین فرمول)

عنصر	C	O	Na	Fe	Hg	Ag	Si
مقدار (w%)	۲۷/۵	۵۶/۲	۲/۴	۱/۰	۰/۵	۲/۲	۲/۰

در ادامه ساختار شیمیایی مینای دوم مورد مطالعه قرار گرفت که جدول ۷ ترکیب درصد وزنی عناصر عمده‌ی موجود در مینای تشکیل یافته را نشان می‌دهد. نتایج حاصل حضور نقره را در ساختار شیمیایی مینا نشان می‌دهد که حضور آن به همراه جیوه و آهن، باعث تالاول و طلایی جلوه نمودن مینای زرین‌فام می‌شود. این عناصر ترکیباتی هستند که در مخلوط اولیه‌ی مورد استفاده برای تهیه‌ی مینای زرین‌فام (جدول ۴) نیز مورد استفاده قرار گرفتند.

۴- نتیجه‌گیری

در رابطه با نحوه‌ی ساخت میناهای زرین‌فام سه کتب تاریخی جواهرنامه نظامی تألیف محمدبن ابی‌البرکات نیشابوری (قرن ۶ ه.ق) و کتاب عرایس الجواهر و نفایس الاطایب تألیف ابوالقاسم کاشانی (قرن ۷ ه.ق) و کتاب سه کتاب درباره هنر سفالگران تألیف پیکولپاسو (قرن ۱۰ ه.ق) وجود دارد. از بین این سه کتاب تنها در جواهرنامه نظامی به فرمول‌های مینای شیشه به‌طور مستقیم اشاره و تعدادی فرمول ارائه شده است. در این پژوهش از کتاب فوق یک فرمول که با رنگ سرخ و یک فرمول که با رنگ طلایی توصیف شده‌اند، انتخاب و مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج آزمایش اولین فرمول در احیاء دمای ۵۸۰ درجه تأثیر مینا بر روی شیشه دیده می‌شود. در این آزمایش طیف قرمز تا حدودی مشخص است اما آن‌گونه که در توصیف این ترکیب در کتاب جواهرنامه آمده به‌غایت سرخ نیست. دومین فرمول نیز در دمای ۵۸۰ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش قرار گرفت. نتیجه تشکیل لایه‌ی زرین‌فام با تالاولی طلایی بود همان‌طور که در کتاب جواهر نامه توصیف شده است. پخت احیاء در روند شکل‌گیری لایه‌ی زرین‌فام از اهمیت بالایی برخوردار است. کتاب جواهر نامه دارای فرمول‌های متعدد است لذا پیشنهاد می‌شود در آینده این فرمول‌ها بر روی انواع

شیشه مورد آزمایش قرار گیرد. از آنجایی که در برخی از دانشگاه‌های هنری کشور رشته‌ی شیشه و نیز واحد کارگاهی تحت عنوان نقاشی بر روی شیشه ارائه می‌شود، لذا با توجه به پیشینه‌ی طولانی زرین‌فام شیشه در ایران، ضروری است تا این تکنیک فراموش شده آموزش داده شود تا ضمن هر چه کامل‌تر شدن مباحث فنی و تئوری این هنر فاخر دوران اسلامی، شاهد خلق آثار فاخر در آینده توسط هنرآموزان این رشته نیز باشیم. مورد دیگر اینکه در این تحقیق از اصطلاح مینا برای زرین‌فام استفاده شده است درحالی که در رابطه با اصطلاح زرین‌فام موارد گوناگونی ذکر شده است از جمله لعاب، مینا، جوهر و یا اصطلاح لیکه‌ی دو آتش که ابوالقاسم کاشانی برای زرین‌فام بکار برده است. لذا پیشنهاد می‌شود تا مطالعه دقیق‌تری در این حوزه صورت گیرد تا زرین‌فام با یک اصطلاح واحد و کاملاً علمی نامیده شود.

تشکر و قدردانی

قابل ذکر است که مقاله فوق، مستخرج از طرح پژوهشی با شماره ۱۸۸۶۵ تحت عنوان: ساخت و احیاء نقاشی مینای زرین‌فام، روی شیشه است که در تاریخ ۱۳۹۴/۴/۲۵ به اتمام رسیده است. لذا بدین‌وسیله از دانشگاه هنر اسلامی تبریز که تأمین‌کننده مالی طرح بوده است قدردانی می‌گردد.

پی‌نوشت‌ها

۱. درم: واحد اندازه‌گیری که برابر یک دهم وزن سکه‌ی درهم است.
۲. قیراط: واحدی برای سنجش الماس در عصر حاضر و آن معادل است با تقریباً ۰/۲ گرم (فرهنگ فارسی معین).
۳. در متن اصلی جواهر نامه، اسم ماده پاک شده است.
۴. در کتاب جواهر نامه نظامی واژه‌های «مینا و

تلاویحات» بر سه نوع از ترکیبات و محصولات مختلف دلالت دارد؛ در مفهوم اول، منظور از مینا انواع جواهرات و سنگ‌های مصنوعی است. در مفهوم دوم، مؤلف به «تلاویحی» اشاره می‌کند که جهت نوشتن و ترسیم نقوش روی فلزات بکار می‌رود که در صفحات ۳۵۹ و ۳۶۰ آمده است. در مفهوم سوم، از «تلاویحات»، به‌منظور اشاره به میناهای زرین‌فام استفاده شده است که شامل ترکیباتی می‌شود که در این مقاله نیز آمده است (متین، ۱۳۸۷).

فهرست منابع

آقاعلی گل، داود، محسنیان، محمد، اولیائی، پروین و باقی‌زاده، علی. (۱۳۸۵). مطالعه منشاء تولید سفالینه های زرین فام ایرانی با استفاده از روش آنالیز پیکسی، کنفرانس فیزیک ایران ۱۳۸۵، شاهرود، دانشگاه صنعتی شاهرود در دسترس به آدرس: http://www.civilica.com/Paper-IPC85-IPC85_194.html

اتینگهاوزن، ریچارد، و یارشاطر، احسان. (۱۳۷۹). *اوج‌های درخشان هنر ایران*. ترجمه هرمز عبداللهمی و روین پاکباز. تهران: آگاه.

پوپ، آرتور، و اکرم، فیلیس. (۱۳۸۷). *سیری در هنر ایران*. ترجمه سیروس پرهام. تهران: انتشارات علمی و فرهنگی.

پورتر، ونیتیا. (۱۳۸۱). *کاشی‌های اسلامی*. ترجمه مهناز شایسته فر. تهران: مطالعات هنر اسلامی.

توچیدی، فائق. (۱۳۷۹). *فن و هنر سفالگری*. تهران: سمت.

جوهری نیشابوری، محمد بن ابی البرکات. (۱۳۸۳). *جوهر نامه نظامی*. به کوشش ایرج افشار. تهران: میراث مکتوب.

جیمز ویلسن، آلن. (۱۳۸۳). *سفالگری اسلامی*. ترجمه مهناز شایسته فر. تهران: مطالعات هنر اسلامی.

دهخدا، علی‌اکبر. (۱۳۸۹). *فرهنگ دهخدا*. تهران: دانشگاه تهران.

رادز، دانیل. (۱۳۸۲). *کوره‌های پخت سرامیک*. ترجمه شعبانعلی تشکری. چاپ دوم. تهران: فنی‌حسینیان.

رازی، محمد زکریا. (۱۳۴۹). *الاسرار*. به کوشش حسنعلی شیبانی. تهران: دانشگاه تهران.

رفیعی، لیلا. (۱۳۷۷). *سفال ایران از دوران پیش از تاریخ تا عصر حاضر*. تهران: یساولی.

قبادیانی، ناصر خسرو. (۱۳۵۶). *سفرنامه*. به کوشش محمد دبیر سیاقی. چاپ دوم، تهران: زواره.

قصایی، حسین، رضایی، حمیدرضا، و شمس، آزاده. (۱۳۸۶). ساخت و بررسی تأثیر دما و اتمسفر بر لعاب زرین‌فام با هدف یافتن دمای بهینه و شرایط احیای مناسب. ششمین کنگره سرامیک ایران، تهران: پژوهشگاه مواد و انرژی، انجمن سرامیک ایران.

عباس عابد اصفهانی و پرویز هلاکویی (۱۳۸۵) بررسی عملی تکنیک ایجاد تزئینات زرین‌فام بر روی لعاب‌های دوران اسلامی، *مطالعات هنر اسلامی*: پاییز - زمستان ۱۳۸۵، دوره ۳، شماره ۵ صص ۱۵۵-۱۶۹.

کاشانی، ابوالقاسم عبدالله. (۱۳۸۶). *عرایس الجواهر و نفایس الاطایب*. به کوشش ایرج افشار. تهران: انتشارات المعی.

کامبخش فرد، سیف‌الله. (۱۳۸۳). *سفال و سفالگری در ایران*. چاپ دوم. تهران: ققنوس.

کریمی، فاطمه، و کیانی، محمد یوسف. (۱۳۶۴). *هنر سفالگری دوره اسلامی ایران*. تهران: گروبه، ارنست ج. (۱۳۸۴). *سفال اسلامی (جلد ۷)*. ناصر خلیلی. تهران: کارنگ.

متین، مهران. (۱۳۸۷). *قدیمی‌ترین سند مکتوب فناوری نانو، کتاب «عرایس الجواهر و نفایس الاطایب» نیست*. نخستین همایش فناوری‌های بومی ایران. تهران: انجمن فناوری‌های بومی ایران، دانشگاه صنعتی شریف.

محمدزاده میانجی، مهناز. (۱۳۹۲). *بررسی سیر تاریخی سفال زرین‌فام در جهان*. تهران: سروش.

محمدزاده میانجی، مهناز، و قصایی، حسین. (۱۳۹۰). بررسی عوامل مؤثر بر ساخت لعاب زرین‌فام با تکیه بر دما و ضخامت لایه مینایی. *علوم و فناوری رنگ*. ش. ۵: ۳۵-۴۲.

میرشفیعی، سید محمد. (۱۳۹۰). *بررسی و احیاء لعاب*

ایرانی بر اساس کتاب جواهر نامه نظامی. هنرهای
زیبا، ش. ۲۰، د. ۱: ۵۹-۶۶.
نیستانی، جواد، و روح فر، زهره. (۱۳۸۹). *ساخت لعاب
زرین‌فام در ایران*. تهران: آرمانشهر.

زرین‌فام خاندان ابو طاهر کاشانی. پایان‌نامه
کارشناسی ارشد. دانشگاه هنر اسلامی تبریز. منتشر
نشده.
میرشفیعی، سید محمد. (۱۳۹۴). *ساخت لعاب زرین‌فام*

منابع لاتین

Caiger-Smith, A. (1991). *Lustre Ware Technique*. London: Herbert Press.
Carboni, S. (2001). *Glass of the Sultans [Book]*. New York: Metropolitan Museum of Art.
Carboni, S. (2001). *Glass from Islamic Lands*. London: The Al-Sabah Collection.
James, A. (1973). *Abul-Qasims Treatise on Ceramics Iran*. London: The British Institute of Persian Studies.
Klain. D. (1984). *The History of Glass [Book]*. London: Little Brownand Company.
Kroger, J. (1995). *Nishapur glass of the early islamic period [Book]*. New York: Metropolitan Museum of Art.
Lamm, C. J., & Hannibal, A. (1935). *Glass from Iran in the National Museum*. CE Fritze.

Mason, R. B. (2004). *Shine like the sun: Lustre-Painted and Associated Pottery from the Medieval Middle east* (Vol. 12). Mazda Pub.
Mirshafiei, M., & Bagherzadeh Kasiri, M. (2015). The Study of Luster Glaze Synthesis on the Basis of the First Formula in Book "Javaher Name-ye-Nezami". *J. Color. Sci. Tech. JCST-21-07-2015-1597*.
Newby, M. (2000). *Glass of four millennia*. Ashmolean Museum.
Piccolpasso, C., Lightbown, R. W., & Caiger-Smith, A. (1980). *The three books of the potter's art (I tre libri dell'arte del vasaio): a facsimile of the manuscript in the Victoria and Albert Museum*.
Tait, H. (2012). *5000 Years of Glass [Book]*. London: British Museum.
Watson, O. (1985). *Persian Lustre ware*. London: Boston.