

بررسی فن ایجاد تزیینات زرین فام

عباس عابد اصفهانی، پرویز هلاکویی*⁺

اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوراسگان، گروه علوم تجربی

چکیده: این مقاله حاصل بررسی‌هایی می‌باشد که در رابطه با نحوه‌ی ایجاد تزیینات زرین فام بر روی لعاب‌ها و بسترهای شیشه‌ای صورت گرفته است. نتیجه‌های به دست آمده از این بررسی‌ها نشان داد که پخت رنگمایه‌های محلول با ترکیب درصد‌های متفاوتی از ترکیبات مس و نقره در اتمسفر احیاء شده‌ی کوره می‌تواند منجر به تشکیل لایه‌ی زرین فام فلزی با رنگ‌ها و جلاهای مختلف بر روی لعاب بستر شود. همچنین بررسی‌ها نشان داد که نسبت ۴ به ۱ اکسید مس به اکسید نقره با کنترل دقیق شرایط پخت، بهترین نتیجه‌ها را در تشکیل لایه‌ی فلزی زرین فام به همراه خواهد داشت. اگرچه نوع ترکیبات مورد استفاده در ایجاد لایه‌ی زرین فام مهم است، اما انتخاب لعاب بستر، دما و چگونگی شرایط پخت از فاکتورهای اساسی در تشکیل این لایه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: زرین فام، اتمسفر احیاء، رنگمایه، لعاب بستر.

KEY WORDS: Lustre, Reduction atmosphere, Lustre pigment, Ground glaze.

مقدمه

در اواخر قرن دوازدهم میلادی یکی از خلاق‌ترین دوره‌های شناخته‌شده در زمینه‌ی سفالگری ایران آغاز شد و دامنه‌ی شیوه‌های هنری این دوره به سرعت پیشرفت کرد. چشم‌گیرترین این شیوه‌ها در زمینه‌ی سفال زرین فام^(۱) بود که در پیش در مصر و بین‌النهرین رواج داشت، اما سفالگران ایرانی تغییرهایی در آن به وجود آوردند. نقاشی‌های روی این‌گونه سفال‌ها از لحاظ تنوع و رنگ‌آمیزی از جذاب‌ترین سبک‌های تزیینی به‌شمار می‌رود که با طرح‌های کلیشه‌ای آن دوران متفاوت است [۱]. سفال زرین فام به‌سبب تجملی بودن، نقوش پیشرفته‌ی آن و پیچیدگی و ابهامی که در روش ساخت آن وجود دارد مورد توجه پژوهشگران بوده است [۲]. تزیین زرین فام احیایی با به‌کار بردن مواد حاوی ترکیب‌های نقره و مس، مخلوط با خاک رس قرمز^(۲) روی یک لعاب از پیش پخته شده و قراردادن آن در کوره‌ای با اتمسفر احیاء^(۳) ایجاد می‌شود (با توجه به آنالیزهای انجام شده خاک رس قرمز در

ترکیب‌های زرین فام‌های ایران وجود نداشته است). سفالی که قرار است روی آن تزیین زرین فام ایجاد شود، در دمایی که لعاب بستر زرین فام شروع به نرم شدن کند، پخته می‌شود. با ایجاد اتمسفر کاهش یافته، مس و نقره موجود در ترکیب‌ها در سطح لعاب کاهش یافته و به‌صورت یک لایه‌ی نازک فلزی روی سطح لعاب تشکیل می‌شود [۳]. پس از سرد شدن شیء، سطح آن را از ترکیب‌های اضافه پاک کرده و درخشندگی فلزی زرین فام - که اغلب به رنگ قرمز، نارنجی، زرد، طلایی، قهوه‌ای و یا نقره‌ای بوده - ظاهر می‌شود. با توجه به ترکیب‌های مورد استفاده در مواد ایجادکننده‌ی لایه‌ی زرین فام، شدت و مدت زمان کاهش و طول مدت سرد شدن کوره، رنگ‌های متنوعی از زرین فام روی سطح لعاب بستر ایجاد می‌کند [۴].

از لحاظ نظری، تزیین زرین فام را می‌توان روی هر لعاب بستر ایجاد کرد. لعاب بستر باید تا دمایی نرم شدگی حرارت دیده و

+E-mail: parvizholakooei@gmail.com

*عهدہ دار مکاتبات

(۱) Lustre pottery

(۳) Reducing Atmosphere

(۲) Clay medium

فلزی و دیگری لایه‌ی حد واسط که بین لایه‌ی فلزی و لایه‌ی زیرین قرار می‌گیرد. ضخامت لایه‌ی فلزی در حدود ضخامت ۱۰ تا ۲۰ اتم است (طبق بررسی‌های میکروسکوپی و آنالیزهای انجام‌شده، این تزیین یک لایه‌ی فلزی است که ضخامت در حدود ۵۰۰ تا ۵۰۰۰۰ اتم را شامل می‌شود). اگر ضخامت لایه‌ی حد واسط کم‌تر از ۳۰۰۰ اتم بشود، باعث شفافیت بیشتر لایه و در نتیجه اثرهای رنگین‌مانی^(۱) در لایه‌ی زیرین فام می‌شود [۹]. در این مقاله روش ساخت تزیینات زیرین فام بیان شده است. با وجود آن‌که در متون متفاوت قدیمی و جدید به اجزای سازنده‌ی زیرین فام اشاره شده است، تعدادی از نمونه‌های تاریخی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه کوره‌ای سنتی مناسب با شرایط پخت زیرین فام طراحی و ساخته شد. رنگمایه‌های متفاوت با ترکیب‌درصدهای متفاوت بر روی چندین نوع بستر به‌کار گرفته شده و در کوره‌ی مورد نظر پخته شد. در پایان نتیجه‌های به‌دست‌آمده از جنبه‌های متفاوت مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

بخش تجربی

مواد

کلیدهای مواد مورد استفاده در این بررسی، ساخت کمپانی مرک با درجه‌ی خلوص AGR بوده است.

دستگاه‌ها

در پژوهش حاضر، میکروسکوپ الکترونی مورد استفاده مدل XL۳۰ ساخت شرکت فیلیپس کشور هلند بوده و دستگاه لایه‌نشانی طلایی مورد استفاده ساخت شرکت Bal-Tec کشور سوئیس است. همه‌ی بررسی‌های دستگاهی در دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت.

آنالیز نمونه‌های تاریخی

برای شناسایی ترکیب‌های سازنده‌ی تزیین زیرین فام، بر روی لعاب سفید بستر و تزیینات طلایی زیرین فام تعدادی از کاشی‌های زیرین فام متعلق به دوره‌ی ایلخانی محوطه‌ی تاریخی تخت سلیمان به‌روش SEM-EDAX آزمایش‌هایی انجام گرفت (شکل‌های ۱ و

سپس کاهش رنگمایه‌ی زیرین فام صورت گیرد. ولی در عمل ایجاد لایه‌ی زیرین فام روی هر نوع لعاب مشکل است. مشخص کردن دمای نرم شدگی یک لعاب بسیار دشوارتر از آن چیزی است که به نظر می‌رسد. با مشخص شدن این دما باید از افزایش آن ممانعت به‌عمل آورد. در گستره‌های ویژه‌ای از دما، شاید به‌مدت یک ساعت نباید دما کم یا زیاد شود و احیاء باید در دمای ثابت صورت گیرد [۵]. به‌طور کل می‌توان مکانیسم تشکیل لایه‌ی زیرین فام را به شرح زیر خلاصه کرد:

مخلوطی از نمک‌ها یا اکسیدهای مس و نقره همراه با مواد افزودنی دیگر روی سطح لعاب زده شده، نمونه‌ها در کوره قرار داده می‌شوند و دمای کوره به حدود دمای نرم‌شدگی لعاب رسانده می‌شود. سپس اتمسفر کوره را احیایی می‌کنند. تحت این شرایط لعاب نرم شده و ترکیب‌های نقره و مس به فلز کاهش یافته و نانو بلورهای فلزی مس و نقره به‌طور ناهمگن در بافت شیشه‌ای لعاب به‌دام می‌افتند [۶]. مهم‌ترین مرحله در مکانیسم تشکیل لایه‌ی زیرین فام، مرحله‌ی کاهش یون‌های فلزی به اتم‌های فلزی است. ابتدا یون‌های مس و نقره‌ی موجود در مخلوط ترکیب‌های اولیه‌ی زیرین فام از روش فرایند تبادل یونی با یون‌های قلیایی موجود در لعاب بستر تعویض می‌شوند. سپس در اتمسفر کاهنده، یون‌های Cu^{+2} و Ag^{+} به نانوکریستال‌های فلزی Cu و Ag تبدیل می‌شوند [۷].

وجود قلع اکسید، که در لعاب‌های بستر تزیینات زیرین فام مورد استفاده داشته، نیز در ایجاد لایه‌ی زیرین فام بی‌تأثیر نیست. قلع دی اکسید (SnO_2) خود سفید رنگ است و شرایط کاهش می‌تواند باعث ایجاد قلع اکسید دو ظرفیتی (SnO)، که سیاه‌رنگ است، شود. این قلع اکسید دو ظرفیتی باعث تیرگی لعاب می‌شود. قلع اکسید (II) در دماهای بالای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌راحتی به قلع اکسید (IV) تبدیل شده و می‌تواند رنگ سفید لعاب را دوباره برگرداند. در دماهای زیر ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد قلع اکسید (II) به‌همان حالت باقی مانده و بایستی باعث تیره شدن سطح لعاب شود. در صورتی که در عمل چنین چیزی مشاهده نمی‌شود. علت آن است که قلع اکسید (II)، اکسیژن احتمالی موجود در کوره را جذب کرده و مانع از جذب اکسیژن به وسیله‌ی لایه‌ی زیرین فام می‌شود [۸].

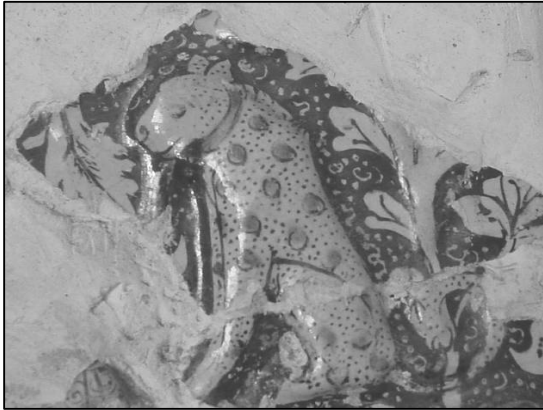
طبق مشاهدات و بررسی‌های انجام‌شده، تزیین زیرین فام بر روی سطح لعاب بستر دو لایه را تشکیل می‌دهد. یکی لایه‌ی

۲. شکل‌های ۳ تا ۶ و جدول‌های ۱ تا ۴ نتیجه‌های مربوط به آنالیز چند نمونه از این کاشی‌ها را نشان می‌دهد.

(۱) Iridescence

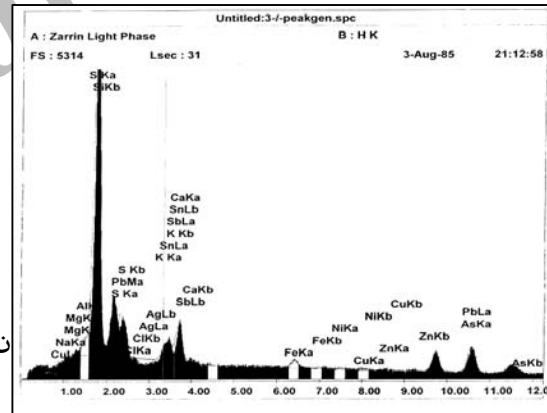
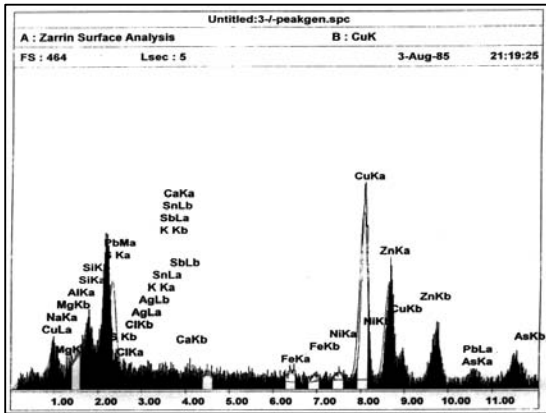


شکل ۵- تجزیه‌ی سطح طلایی‌رنگ زیرین فام تخت سلیمان به روش SEM-EDAX.

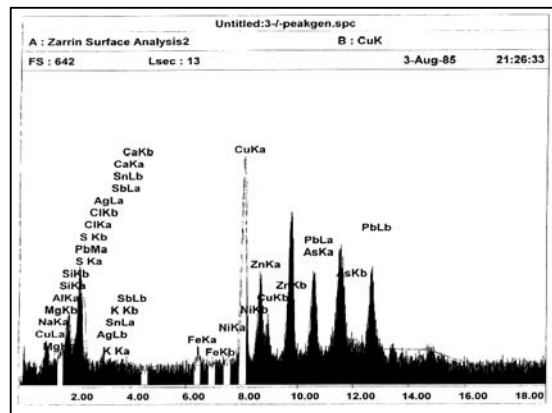
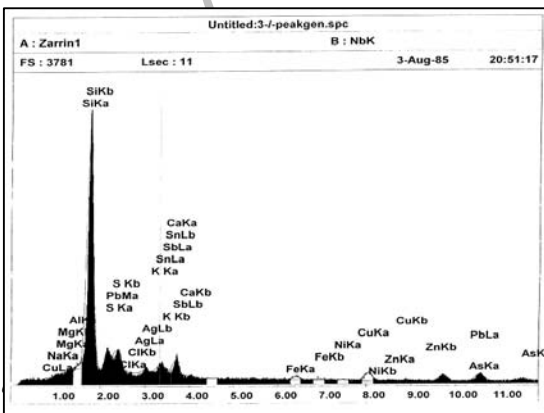


شکل ۱- نمونه‌ای از سطح زیرین فام فلزی روی بستر سفیدرنگ لعاب‌های تخت سلیمان.

شکل ۲- سطح فلزی زیرین فام در یکی از کاشی‌های محوطه‌ی تاریخی تخت سلیمان.



شکل ۴- تجزیه سطح طلایی‌رنگ زیرین فام تخت سلیمان به روش SEM-EDAX.



شکل ۶- تجزیه‌ی بستر سفیدرنگ زرین فام تخت سلیمان به روش SEM-EDAX.

جدول ۱- نتیجه‌های تجزیه SEM-EDAX لعاب سفید بستر زرین فام نمونه‌ی ارایه شده در شکل ۱.

عنصر	K	Ag	Cl	S	Si	Al	Mg	Na
درصد	۱/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۰	۴/۴۸	۳۶/۱۴	۲/۶۴	۱/۱۸	۰/۳۶
عنصر	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Ca	Sb	Sn
درصد	۴۰/۰۸	۰/۵۲	۰/۳۷	۰/۳۳	۱/۵۸	۳/۶۹	۰/۰۰	۷/۱۷

جدول ۲- نتیجه‌های تجزیه‌ی SEM-EDAX لایه‌ی طلائی زرین فام نمونه‌ی ارایه شده در شکل ۲.

عنصر	K	Ag	Cl	S	Si	Al	Mg	Na
درصد	۰/۰۰	۰/۹۱	۰/۳۶	۸/۱۵	۴/۱۱	۰/۸۰	۲/۶۵	۸/۸۶
عنصر	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Ca	Sb	Sn
درصد	۱۲/۵۴	۲۲/۹۱	۳۴/۰۶	۱/۱۵	۱/۴۳	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۸۳

جدول ۳- نتیجه‌های تجزیه‌ی SEM-EDAX سطح طلائی رنگ زرین فام ارایه شده در شکل ۳.

عنصر	K	Ag	Cl	S	Si	Al	Mg	Na
درصد	۰/۲۳	۱/۴۵	۰/۲۹	۳/۵۳	۲/۵۶	۰/۴۸	۰/۲۸	۴/۲۵
عنصر	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Ca	Sb	Sn
درصد	۵۴/۴۷	۹/۳۱	۲۱/۴۸	۰/۵۰	۰/۶۵	۰/۳۴	۰/۰۰	۰/۱۶

جدول ۴- نتیجه‌های تجزیه‌ی SEM-EDAX بستر سفیدرنگ زرین فام نمونه‌ی ارایه شده در شکل ۴.

عنصر	K	Ag	Cl	S	Si	Al	Mg	Na
درصد	۲/۳۵	۳/۶۴	۰/۰۰	۳/۰۳	۴۷/۷۰	۱/۰۲	۰/۰۰	۱/۳۸
عنصر	Pb	Zn	Cu	Ni	Fe	Ca	Sb	Sn
درصد	۲۵/۲۵	۰/۵۹	۵/۰۸	۰/۳۸	۱/۴۱	۳/۸۶	۰/۰۰	۴/۳۲

یکی از پارامترهای بسیار مهم در ایجاد لایه‌ی زرین فام، کوره و شرایط پخت است. به طور عمومی در روش سنتی سه نوع کوره برای ساخت زرین فام طراحی می‌شده است که سیستم همگی از نوع مکش فوقانی است.

برای بررسی عملی فن ساخت لایه‌ی زرین فام با توجه به امکانات موجود، کوره‌ای کوچک با حجم حدود $۱/۵ \text{ m}^3$ از نوع مکش فوقانی بنا شد. (شکل ۷) برای ساخت بدنه‌ی این کوره

نتیجه‌ها نشان می‌دهد که لعاب بستر از نوع سربی (سفید سرب و قلع) و عمده عنصرهای تشکیل‌دهنده‌ی لایه‌ی فلزی زرین فام، عنصرهای مس و نقره هستند. تحلیل نتیجه‌های حاصل از آنالیز SEM-EDAX و همچنین نتیجه‌های حاصل از بررسی‌های عملی این پژوهش در جای خود مورد بحث قرار خواهد گرفت.

انتخاب مواد لازم برای رنگمایه‌ی زرین فام

دارای چهار موری (هواکش کوره‌های سنتی پخت سفال) با مساحت دهانه‌ی حدود 50 cm^2 برای گردش حرارت در کوره بود. سپس برای انتخاب و آزمایش مواد لازم، بررسی‌ها ادامه یافت.

۸ و ۹ نمونه‌ای از تشکیل لایه‌ی زیرین فام را طی آزمایش‌های کاهش در جسم لعاب، روی سطح لعاب نشان می‌دهد. با استفاده از نتیجه‌های حاصل از مرحله‌ی قبل و در نظر گرفتن شرایط پخت، سعی شد تا نمونه‌ای رورنگی از تزئین زیرین فام، یعنی زیرین فام حقیقی، ساخته شود.

جدول ۵ - درصد مواد اضافه‌شونده به فریت برای آزمایش کاهش رنگمایه در جسم لعاب.

	CuO	K ₂ O	SnO ₂	Ag ₂ O	PbO	Na ₂ O
نمونه‌ی ۱	۲/۰۰	۰/۵۰	۲/۰۰	۰/۵۰	۵/۰۰	۰/۵۰
نمونه‌ی ۲	۲/۰۰	۰/۵۰	۰/۰۰	۰/۵۰	۶/۰۰	۰/۵۰
نمونه‌ی ۳	۹/۰۰	۰/۵۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۱۰/۰۰	۰/۵۰
نمونه‌ی ۴	۳/۰۰	۰/۵۰	۱/۰۰	۰/۵۰	۷/۰۰	۰/۵۰
نمونه‌ی ۵	۲/۰۰	۰/۵۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۸/۰۰	۰/۵۰



شکل ۷- شمای کلی کوره با پوشش بیرونی کاه‌گل.

در تجربیات مربوط به این مرحله از مس استات و نقره نیترات به ترتیب برای تأمین Cu و Ag استفاده شد. در مورد بنیان استات در مس استات می‌توان گفت خود آن باعث احیای موضعی رنگمایه‌ی زیرین فام خواهد شد.

از آجر و از گل به‌عنوان ملات و اندود داخلی و بیرونی کوره استفاده شد. در مراحل متفاوت بررسی‌ها، از نفت سفید به‌عنوان سوخت کوره استفاده شد.

با قرار دادن مخزن سوخت در ارتفاع ۱/۵ متری از سر کوره، فشار لازم برای جریان سوخت فراهم شد. کوره‌ی احداث شده همان‌طور که گفته شد، هر ترکیبی از مس و نقره یا مخلوطی از آن دو در شرایط مناسب کاهش می‌تواند زیرین فام خوبی ایجاد نماید. به‌طور کلی در این پژوهش برای تأمین Cu از مس اکسید دو ظرفیتی (CuO)، مس استات (Cu(CH₃COO)₂) و مس سولفات پنج‌آبه (CuSO₄·۵H₂O) و برای تأمین نقره از نقره اکسید (Ag₂O) و نقره نیترات (AgNO₃) استفاده شد.

قبل از به‌دست آوردن فرمول‌بندی رنگمایه‌ی رورنگی زیرین فام، سعی شد که فرمول‌بندی چنین ترکیبی در جسم (۱) یک لعاب مورد آزمایش قرار گیرد. بدین منظور فریتی با ترکیب شیمیایی ۳۰ درصد سیلیس، ۶۲ درصد سرب دی اکسید، ۱ درصد آلومینیم اکسید، ۵ درصد سدیم اکسید و ۲ درصد پتاسیم اکسید تهیه و مواد لازم برای رنگمایه‌ی زیرین فام، در این فریت مورد آزمایش قرار گرفت. طی این بررسی‌ها نمونه‌هایی با ترکیب درصدهای متفاوت به این فریت اضافه شد. پس از پخت فرمول‌بندی متفاوتی از مواد تشکیل‌دهنده‌ی زیرین فام، حاصل بررسی‌ها با یک پخت نهایی درون جسم این فریت مورد بررسی قرار گرفت. در طی این آزمایش‌ها از CuSO₄·۵H₂O برای تأمین Cu؛ Ag₂O و AgNO₃ برای تأمین Ag؛ از K₂CO₃ برای تأمین K₂O و از Na₂CO₃ برای تأمین Na₂O استفاده شد. به‌هرحال از پنج لعاب فرموله‌شده، چندین نمونه تهیه و این نمونه‌ها در قسمت‌های بالایی و پایینی کوره قرار داده شد. پس از سرخ شدن بدنه کوره، منافذ کوره را بسته، مشعل را خاموش کرده و به‌مدت یک ساعت با وارد کردن روغن موتور ماشین و نفت، اتمسفر کوره به اتمسفر کاهنده تبدیل شد. جدول ۵ اطلاعات تجربی مربوط به یک سری از این آزمایش‌ها را نشان می‌دهد (مقدارهای ارایه شده در جدول بیان‌گر نسبت وزنی ماده‌ی مورد نظر به مقدار فریت آماده شده است).

در ادامه، آزمایش‌های متعددی با تغییر درصد مواد، تغییر مدت زمان کاهش و انتخاب مواد دیگر برای ایجاد شرایط کاهش در کوره (به‌عنوان مثال مواد سلولزی به‌جای نفت) انجام گرفت. در تعدادی از این آزمایش‌ها روش ایجاد شرایط اکسایش - کاهش با دوره‌های متناوب ۱۵ دقیقه‌ای به نمونه‌ها اعمال شد. شکل‌های

شد. (عددهای آرایه شده در جدول‌های ۶ و ۷ نسبت مواد مورد استفاده را در ارتباط با یکدیگر نشان می‌دهد).

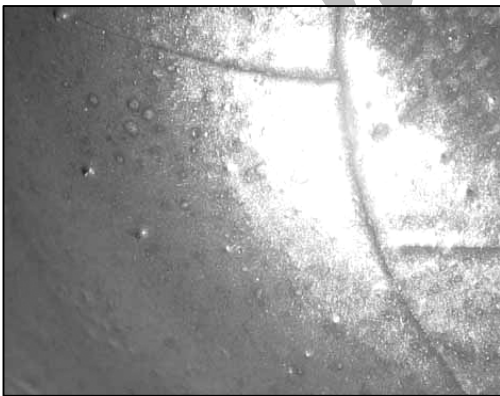
پس از پخت لعاب و نرم شدن لعاب بستر و اعمال شرایط کاهش در کوره، با سوزاندن مواد سلولزی، تأثیر کاهش در نمونه‌ها

(۱) Bulk

برای اطمینان از این که رنگ‌های طلایی به دست آمده اتفاقی نبوده‌اند، در پخت‌هایی جداگانه فرمول‌بندی‌های پخت قبلی دوباره مورد آزمایش قرار گرفتند. در آخرین مرحله، روی اکسید از فرمول‌بندی رنگمایه‌ی زرین فام حذف و آزمایش‌ها تکرار شد. بهترین فرمول‌بندی پیشنهادی حاصل از این بررسی‌ها، ترکیبی مخلوط از ۸۰ درصد مس اکسید و ۲۰ درصد نقره اکسید با استفاده از مس استات و نقره نیترات است (شکل ۱۰).



شکل ۸ - سطح زرین فام فلزی در کاهش جسم لعاب.



شکل ۹ - جزئیات شکل ۸ با بزرگ‌نمایی حدود ۲۰ برابر.

نتیجه‌ها و بحث

برای نخستین پخت از رنگمایه‌های جدید، چهار رنگمایه برای پخت کاهش انتخاب شد. در این نمونه‌ها مقادیرهای روی نیترات برای تأمین روی اکسید نیز اضافه شد (جدول ۶). محلول هر کدام از رنگمایه‌های مورد نظر با یکدیگر مخلوط شده و روی کاشی سفید از پیش پخته شده نقاشی شدند. شرایط کاهش در این پخت همانند شرایط پخت و کاهش نمونه‌های مرحله‌ی قبل انتخاب جدول ۶- ترکیب درصد مواد برای آزمایش رنگمایه‌ی رورنگی زرین فام.

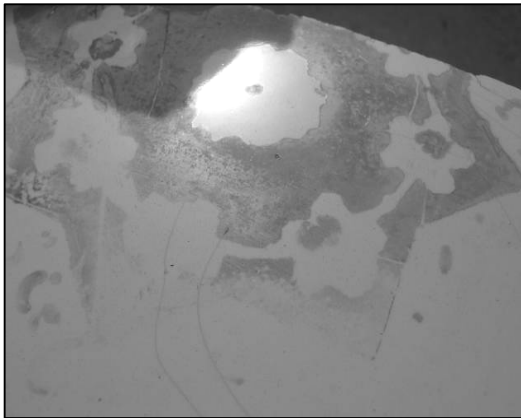
	Ag ₂ O	CuO	ZnO
نمونه‌ی ۱	-	۱۰۰	-
نمونه‌ی ۲	۵۰	۵۰	-
نمونه‌ی ۳	۲۵	۵۰	۲۵
نمونه‌ی ۴	-	۵۰	۵۰

جدول ۷- ترکیب درصد اجزای برای رنگمایه‌ی رورنگی زرین فام پس از اصلاح شرایط کاهش.

	CuO	ZnO	Ag ₂ O
نمونه‌ی ۱	۷۰	۱۵	۱۵
نمونه‌ی ۲	۸۰	۱۰	۱۰
نمونه‌ی ۳	۸۰	-	۲۰
نمونه‌ی ۴	۶۰	۴۰	-
نمونه‌ی ۵	۶۰	۲۰	۲۰
نمونه‌ی ۶	۱۰۰	-	-
نمونه‌ی ۷	۹۰	-	۱۰
نمونه‌ی ۸	۹۰	۱۰	-
نمونه‌ی ۹	۷۵	۱۰	۱۵

بررسی شد که با توجه به نتیجه‌های به دست آمده، آزمایش‌ها با ترکیب‌درصد‌های دیگر ادامه یافت (جدول‌های ۶ و ۷). نزدیک‌ترین رنگ لایه‌ی فلزی به طلایی زرین فام، دارای ترکیب‌درصدی نزدیک به ترکیب‌درصد رنگ طلایی زرین فام در آزمایش‌های کاهش جسم لعاب بود. این ترکیب شامل حدود ۷۰ درصد مس اکسید ۱۵ درصد نقره اکسید و ۱۵ درصد روی اکسید بود.

و باز شدن شبکه را از خود نشان دهند. وجود گدازآوره‌های قلیایی مثل سدیم اکسید، پتاسیم اکسید، لیتیم اکسید، استرانسیم اکسید و سرب اکسید باعث نوسان و کشش پیوندهای اکسیژن در سطح لعاب بستر شده و موجب به وجود آمدن پیوند بین اتم‌های فلزی با اتم‌های اکسیژن سطح لعاب و نفوذ اتم‌های فلزی به شبکه‌ی لعاب می‌شوند.



شکل ۱۰- زرین فام رورنگی حقیقی.

بنابراین برای ایجاد اثر رنگین کمائی ضخامت این لایه بسیار مهم می‌شود. برای ایجاد حالت رنگین کمائی، لایه‌ی نازک دو ویژگی انعکاس و شفافیت را باید با هم داشته باشد. لایه‌های نازک نقره و مس (در مورد مس کم‌تر) هر دو این ویژگی را از خود بروز می‌دهند، اما تمام فلزهایی که قابلیت تشکیل زرین فام را دارند این‌گونه رفتار نمی‌کنند.

در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت که ایجاد لایه‌ی زرین فام منوط به موفقیت در تشکیل لایه‌ی از فلز کاهش یافته با ضخامت مناسب می‌باشد و عامل اساسی در این میان ایجاد شرایط کاهش از یک طرف و مدت زمان احیاء از طرف دیگر است.

تاریخ دریافت: ۱۶/۱۱/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۷/۵/۲۱

با توجه به نتیجه‌های حاصل از تجزیه‌ی SEM-EDAX و نتیجه‌های بررسی‌های این پژوهش، تزئینات زرین فام بر روی لعاب‌های قلیایی بهتر ایجاد می‌شوند. ساختار لعاب‌های قلیایی به اتم‌های فلزی کاهش یافته این اجازه را می‌دهد که به راحتی وارد شبکه لعاب شوند.

به طور کلی لعاب‌هایی برای ایجاد لایه‌ی زرین فام مناسب هستند که در دمای ایجاد لایه‌ی فلزی زرین فام قابلیت نرم شدن در عمل لایه‌ی فلزی زرین فام به طور کامل خالص نبوده و عنصرهای غیرفلزی نیز در آن وجود دارند، چرا که رنگمایه‌ی اولیه‌ی زرین فام، که باعث ایجاد این لایه شده است، حاوی ناخالصی‌ها و عنصرهای نافلزی بوده که در طول عملیات کاهش رنگمایه، این ناخالصی‌ها به طور کامل از رنگمایه جدا نشده‌اند. در عمل غیرممکن است که بتوان طی احیاء، عنصرهای مثل اکسیژن، نیتروژن، کربن و گوگرد را به طور کامل از رنگمایه زدود تا لایه‌ی به طور کامل فلزی ایجاد شود.

همان طور که در بخش مقدمه ذکر شد، ضخامت کم لایه‌های تزئینات زرین فام باعث ایجاد تأثیرهای رنگین کمائی در آن‌ها می‌شود (شکل ۱۰). اثر رنگین کمائی یکی از ویژگی‌های لایه‌های بسیار نازک و شفاف است. در ایجاد رنگ، حتی اگر آن لایه‌ی نازک خود حاوی ماده‌ی رنگی نباشد، در برخی از زاویه‌های دید رنگ‌های رنگین کمائی ایجاد می‌شود. در سطوح با ضخامت ۰/۱ میکرون، طول موج‌های هم‌فاز آبی منعکس شده از سطح بالایی و زیرین با یکدیگر تداخل سازنده داشته و در نتیجه رنگ آبی به صورت خیلی قوی دیده می‌شود. به تدریج با ضخیم‌تر شدن لایه، طول موج‌های سبز و قرمز وضوح بیشتری پیدا کرده و از شدت طول موج آبی کاسته می‌شود. در ضخامت حدود ۰/۲ میکرون طول موج آبی از دامنه‌ی نور مرئی حذف شده و نورهای قرمز و سبز به چشم می‌رسد.

در لایه‌های بسیار نازک نقره، که در تزئین زرین فام هم ایجاد می‌شود، لایه به قدر کافی شفاف هست که نور از این لایه عبور کند و یا از روی آن انعکاس پیدا کند، که این می‌تواند باعث ایجاد پدیده‌ی رنگین کمائی شود. در لایه‌های زرین فام مسی، قسمتی از انرژی نورانی به طور انتخابی به وسیله‌ی فلز مس جذب می‌شود.

مراجع

[۱] آلن، جیمز ویلسن؛ "سفالگری اسلامی"؛ ترجمه‌ی دکتر مهناز شایسته‌فر؛ انتشارات موسسه‌ی مطالعات هنر

اسلامی، تهران، چاپ اول، ص ۷ (۱۳۸۱).

[۲] واتسون، آلیور؛ "سفال زرین فام ایرانی"؛ ترجمه‌ی شکوه ذاکری؛ انتشارات سروش، تهران، چاپ اول، ص ۹ (۱۳۸۲).

- [3] Caiger-Smith, Alan, "Lustre Pottery", The Herbert Press, pp. 210- 220 (1985).
- [4] Romani, A., Surface Morphology and Composition of Some Lustro Decorated Fragments of Ancient Ceramics from Deruta, *Journal of Applied Surface Science*, **157**, p.112 (2000).
- [5] Roque, J. et al., Evidence of Nucleation and Growth of Metal Cu and Ag Nano-Particles in Lustre: AFM Surface Characterization, *Journal of Non-Crystalline Solids*, **351**, p. 569 (2005).
- [6] Borgia, I. et al., Hetrogeneous Distribution of Nanocrystals in Glazes of Historical Pottery, *Journal of Applied Surface Science*, **185**, p. 206 (2002).
- [7] Hamer, F., "The Potter's Dictionary of Materials and Techniques", University of Pennsylvania Press, p. 143 (1979).
- [8] Roque, J. et al., "Evidence of Nucleation and Growth of Metal Cu and Ag Nano-particles in Lustre: AFM Surface Characterization, *Journal of Non-Crystalline Solids*, **351**, p. 568 (2005).
- [9] Caiger-Smith, Alan, "Lustre Pottery", The Herbert Press, p. 223 (1985).