



Semnan University

Journal of Applied Arts

Journal homepage: <http://aaj.semnan.ac.ir>
ISSN: 2821-0670



Analytical Approach to the Gilded Silver Door of Chahār-Bāgh school of Isfahan

Sepideh Goodarzian¹, Hamidreza Bakhshandehfard², Mohammad Mortazavi³ (Corresponding Author) 

¹ Master's Graduate, Department of Objects Conservation and Archaeometry, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran.

² Associate Professor, Department of Objects Conservation and Archaeometry, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran.

³ Assistant Professor, Department of Objects Conservation and Archaeometry, Faculty of Conservation and Restoration, Art University of Isfahan, Isfahan, Iran.

(Received: 18.05.2024, Revised: 21.12.2024, Accepted: 29.01.2025)

<https://doi.org/10.22075/aaj.2025.34169.1243>

Abstract:

Chahār-Bāgh school in Isfahan stands as one of the artistic masterpieces left from the Safavid period, employing a variety of arts in its construction. One of the important features of this historic building is its door of the portal, which adds to the beauty and grandeur of the school. Studies conducted on this artifact mostly include historical research, examination of patterns and epigraphy, and so far, the results of a technical and scientific study regarding it have not been published. The aim of this research is to identify the metal door facings of the portal of schools, its construction method, and also to study the gilding technique used in decorating parts of its surface. In this regard, the main question of this research is: what material was used to make the metal covering of the Chahār-Bāgh School door in Isfahan, by what method was it produced, and in what manner was the gilding of its decorative parts carried out?

For this purpose, a detailed examination of the surface of the door was carried out on-site with further magnifications. Laboratory studies were also conducted on selected samples using optical microscopy (OM), field emission scanning electron microscopy equipped with energy-dispersive X-ray spectroscopy (FESEM-EDS). The results showed that the door facings are made of almost pure silver metal. Very small amounts of copper and lead, around 1 wt%, were also identified in the composition of the silver sheet. This small amount facilitates hammering and sheet metal fabrication. Moreover, oxide inclusions in the silver sheet was identified in the EDS analysis. Such inclusions imply using heat treatment (annealing) during the production of metal sheet. In other word, silver sheets were manufacture by an alternative hammering and annealing process to achieve the desired thickness. In addition, the presence of mercury in the gold layer and also in the interface of gold layer and silver substrate indicated that the golden decorations on various parts of the silver facings were executed using amalgam gilding, similar to the technique used for gilding in the Masjid-i Shāh (Masjid-i Imām) of Isfahan, another example belonging to the Safavid period.

Keywords: Silver Door, Chahār-Bāgh school of Isfahan, Safavid Period, Amalgam Gilding, SEM-EDS.

1- Email: sepidehgoodarzian@gmail.com

2- Email: hr.bakhshan@aui.ac.ir

3- Email: m.mortazavy@aui.ac.ir

How to cite: Goodarzian, S, Bakhshandehfard, H and Mortazavi, M. (2024). Analytical Approach to the Gilded Silver Door of Madrasa-yi Chahār-Bāgh of Isfahan, Journal of Applied Arts, 4(2), 25-38.

Doi: 10.22075/aaj.2025.34169.1243

بررسی فنی روکش فلزی و شیوه طلاکاری در اصلی مدرسه چهارباغ اصفهان

سپیده گودرزیان^۱

حمیدرضا بخشنده فرد^۲

محمد مرتضوی (نویسنده مسئول)^۳

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه مرمت اشیاء تاریخی-فرهنگی و باستان‌سنجی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.

^۲ دانشیار، گروه مرمت اشیاء تاریخی-فرهنگی و باستان‌سنجی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.

^۳ استادیار، گروه مرمت اشیاء تاریخی-فرهنگی و باستان‌سنجی، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران.

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۲۹، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۳/۱۱/۱۰)

مقاله علمی-پژوهشی <https://doi.org/10.22075/aaj.2025.34169.1243>

چکیده

مدرسه مادرشاه یا چهارباغ اصفهان یکی از شاهکارهای هنری بر جای مانده از دوره صفوی است که مجموعه‌ای از هنرهای گوناگون در ساخت آن به کار رفته است. یکی از شاخصه‌های مهم این مدرسه تاریخی در ورودی اصلی آن است که بر زیبایی و عظمت مدرسه افزوده است. مطالعاتی که روی این اثر انجام گرفته بیشتر شامل مطالعات تاریخی، بررسی نقوش و کتیبه‌خوانی است و تاکنون نتایج یک بررسی فنی و علمی در خصوص آن منتشر نشده است. هدف از انجام این پژوهش شناسایی روکش فلزی در مدرسه و روش ساخت آن و همچنین مطالعه روش طلاکاری مورد استفاده در تزیین بخش‌هایی از سطح آن است. در همین راستا، پرسش‌های این پژوهش آن است که روکش فلزی در مدرسه چهارباغ اصفهان از چه جنسی ساخته شده، با چه روشی تولید گردیده و طلاکاری بخش‌های تزیینی آن به چه شیوه‌ای انجام گرفته است؟

برای این منظور ابتدا بررسی جزئیات سطح اثر در محل با بزرگ‌نمایی‌هایی بیشتر انجام گرفت. سپس مطالعات آزمایشگاهی با استفاده از میکروسکوپ نوری (OM)، میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی مجهز به طیف‌سنج تفکیک‌انرژی (FESEM-EDS) انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی‌ها نشان داد که بدنه اصلی در از فلز نقره تقریباً خالص ساخته شده است. مقادیر بسیار کم از عناصر مس و سرب، در حدود ۱ درصد، نیز در ترکیب روکش نقره‌ای در شناسایی شد. این مقدار کم امکان چکش‌کاری و ساخت ورق را فراهم کرده است. علاوه بر این وجود آخال‌های اکسیدی در ورق نقره، استفاده از عملیات حرارتی (تابکاری) در فرایند ساخت آن را نشان می‌دهد. وجود جیوه در لایه طلا و همچنین زیر لایه طلا (سطح مشترک نقره و طلا) نشان داد که تزیینات طلایی روی بخش‌های مختلف روکش نقره‌ای به روش ملغمه‌ای (جیوه‌ای) اجرا شده است که مشابه روش به کار رفته برای طلاکاری در مسجد جامع عباسی اصفهان، دیگر نمونه متعلق به دوره صفوی، است.

واژه‌های کلیدی: در نقره‌ای، مدرسه چهارباغ اصفهان، دوره صفویه، طلاکاری ملغمه‌ای، میکروسکوپ الکترونی روبشی.

* این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد نویسنده اول با عنوان «بررسی فنی و مطالعه آسیب‌شناسی در نقره‌ای مدرسه مادرشاه (چهارباغ)، اصفهان» در دانشگاه هنر اصفهان است که به راهنمایی نویسندگان دوم و سوم انجام شده است.

1- Email: sepidehgoodarzian@gmail.com

2- Email: hr.bakhshan@aui.ac.ir

3- Email: m.mortazavy@aui.ac.ir

شیوه ارجاع به این مقاله: گودرزیان، سپیده، بخشنده فرد، حمیدرضا و مرتضوی، محمد. (۱۴۰۳). بررسی فنی روکش فلزی و شیوه طلاکاری در اصلی مدرسه چهارباغ اصفهان، نشریه هنرهای کاربردی، ۴(۲)، ۲۵-۳۸.

Doi: 10.22075/aaj.2025.34169.1243

استفاده از طلا بر روی آثار مختلف و زمینه‌های گوناگون مواد در ایران و سراسر جهان رایج بوده‌است. از نظر تاریخی، طلا به عنوان یک فلز ارزشمند از دوران باستان مورد توجه جوامع بشری بوده‌است. ساخت آثار فلزی از جنس طلا و همچنین استفاده از روش‌های مختلف طلاکاری به منظور ساخت آثار مشابه طلایی نیز از جمله مواردی است که می‌توان به آن اشاره کرد (مرتضوی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۶۳؛ Giumlia-Mair, 2020: 4-8). علاوه بر این فلزگران از رنگ زرد فلز طلا برای ایجاد تضاد رنگی با زمینه‌های نقره‌ای و دیگر سطوح فلزی استفاده کرده که موجب زیبایی بیشتر آثار شده‌است. آثار مختلف فلزی متعلق به دوره‌های مختلف تاریخی و اسلامی ایران باقی مانده‌است که نشان‌دهنده استفاده از تکنیک‌های مختلف اجرای تزیینات طلایی بر روی آثار فلزی با اشکال مختلف است. نمونه‌هایی از این آثار را می‌توان در اشیای فلزی متعلق به دوره‌های هخامنشی، اشکانی و ساسانی مشاهده کرد. تداوم طلاکاری (زراندود کردن) آثار فلزی در دوره اسلامی نیز مشاهده می‌شود که نمونه‌های متاخرتر آن را در آثار دوره صفوی و قاجار می‌توان دید. متأسفانه علی‌رغم نزدیکی این دوره‌های به زمان معاصر، شواهد و آثار باقی‌مانده مورد مطالعه گسترده قرار نگرفته‌است. از جمله این آثار روش تزیین در نقره‌های مدرسه چهارباغ اصفهان و روش اجرای تزیینات طلایی سطح آن است که نمونه بسیار نفیسی از آثار دوره صفوی است. از این رو در این پژوهش مطالعه فنی این در مورد توجه قرار گرفته‌است.

پیشینه پژوهش

روش‌های مختلف طلاکاری آثار فلزی در سایر نقاط دنیا به صورت گسترده مورد مطالعه قرار گرفته‌است (Barrio et al., 2004; Selwyn, 2000; Oddy, 2000; Oddy, 1991; Figueiredo et al., 2010). پژوهشگران مختلفی به مطالعه آثار فلزی طلا پرداخته و روش‌های متفاوت طلاکاری مانند طلاکاری با ورق نسبتاً ضخیم^۱، طلاکاری با ورق نازک^۲، طلاکاری با جیوه به روش سرد^۳، طلاکاری آتشی^۴ و تهی‌سازی سطحی^۵ شناسایی شده‌است (Giumlia-Mair, 2020: 4-8; Oddy, 2000: 2-8). در این میان

شماری از آثار فلزی مطالای مربوط به ایران نیز مورد مطالعه قرار گرفته‌است. پژوهش‌های انجام گرفته بر روی آثار فلزی دوره‌های هخامنشی و اشکانی، نشان داده‌است که از ورق طلا برای تزیین سطح آثار فلزی در دوره‌های هخامنشی و اشکانی استفاده شده‌است (Gunter & Jett, 1992: 59-60; Oddy, 1991: 31). تداوم طلاکاری آثار فلزی در دوره ساسانی نیز به شکل بارزی دیده می‌شود. نمونه‌های متعددی از ظروف نقره ساسانی باقی مانده‌است که بخش‌هایی از سطح آن‌ها با طلا تزیین شده‌است (بخشنده‌فرد، ۱۳۸۹: ۶۴; Gunter & Jett, 1992: 60). آثار نقره‌ای به‌ویژه تعداد قابل توجهی از بشقاب‌های نقره‌ای ساسانی که بخش‌هایی از سطح آن‌ها طلاکاری شده‌است، در موزه‌ها و مجموعه‌های مختلف نگهداری می‌شود. شمار قابل توجه آثار فلزی مطالای باقی‌مانده از دوره ساسانی دلیلی بر رونق و شکوفایی این هنر در آن زمان است. مطالعات انجام گرفته بر روی این آثار استفاده از ملغمه جیوه و طلا (طلاکاری آتشی یا ملغمه‌ای) برای طلاکاری ظروف نقره‌ای در این دوره را نشان می‌دهد (Gunter & Jett, 1992: 55-59). هارپر و میبرز^۶ (1981)، در مطالعه گسترده‌ای که بر روی شمار متعددی از اشیای نقره‌ای ساسانی با اشکال مختلف انجام داده‌اند، روش طلاکاری این آثار را نیز مورد توجه قرار داده و بر استفاده از ملغمه طلا و جیوه در طلاکاری اشیای این دوره تأکید کرده‌اند. در روش طلاکاری آتشی، طلا با جیوه ترکیب می‌شود تا یک آلیاژ نیمه مایع به دست آید. سپس با استفاده از یک برس یا ابزار دیگری قسمت‌های مورد نظر از سطح شی را به آن آغشته کرده و سپس حرارت داده می‌شود تا جیوه تبخیر شده و محلول جامد طلا و جیوه باقی بماند که طلای آلفا^۷ نامیده می‌شود و میزان جیوه آن بین صفر تا ۲۱ درصد وزنی است (ynsa et al., 2008: 235).

بررسی منابع مرتبط با مطالعه فنی روش‌های طلاکاری اشیای فلزی در ایران که پیش از این ارائه شد، نشان می‌دهد شمار قابل توجهی از آثار دوره‌های پیش از اسلام مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته‌است و این در حالی است که آثار فلزی طلا (زراندود) دوره اسلامی کمتر مورد توجه بود و اطلاعات ما در خصوص شیوه اجرای تزیینات طلایی بر آثار فلزی این دوره بسیار کمتر است. در این میان می‌توان از آثار فلزی دوره اسلامی در

گالری هنر فری بر نام برد که توسط آتیل و همکارانش^۸ در کتاب «Islamic Metalwork in the Freer» (1985)، مورد بررسی قرار گرفته و مشخص شده است که سطح آثار با روش طلاکاری ملغمه ای تزئین شده است. اما همچنان آثار فلزی مطلا متعدد متعلق به قرون اولیه اسلامی تا دوره های صفوی و قاجار را می توان مشاهده کرد که تا کنون مورد مطالعه قرار نگرفته اند. از جمله این آثار می توان به اشیای فلزی مختلف باقی مانده از دوره صفوی اشاره کرد. استفاده از آثار طلایی و همچنین تزئین و پوشش بخشی از سطح آثار فلزی ساخته شده از فلزات کم بهتر با طلا در دوره های بعد از جمله دوره صفوی نیز ادامه می یابد (Allan, 2003: 203-231). در این خصوص می توان به در مسجد شاه (مسجد جامع عباسی) اصفهان اشاره کرده که نمونه بی نظیری از هنر فلزکاری دوره صفوی را به نمایش می گذارد (Allan, 1995: 130). این در شامل اشعاری است به خط نستعلیق که سال اتمام و نصب در را به زمان شاه صفی، جانشین شاه عباس اول که از ۱۰۳۸ هـ.ق تا ۱۰۵۲ هـ.ق سلطنت کرده می رساند (هنر فر، ۱۳۵۰: ۴۳۳). بر لنگه سمت چپ در، ماده تاریخ اتمام آن با مصرع «شد در کعبه در صفاهان باز» بیان شده است که به حساب حروف ابجد سال ۱۰۴۶ هـ.ق می شود. برخی از نقوش و کتیبه های اجرا شده بر روی روکش فلزی این در طلاکاری شده است. ایزدی و همکاران در مقاله ای با عنوان «بررسی روش ساخت و مطالعه تکنیک طلاکاری روکش فلزی درب مسجد امام اصفهان» (۱۳۹۷)، به مطالعه ترکیب آلیاژی و روش طلاکاری در مسجد جامع عباسی پرداختند و روکش فلزی روی در را از جنس نقره و روش طلاکاری آن را ملغمه ای (استفاده از ترکیب جیوه-طلا) شناسایی کرده اند.

از دیگر آثار بسیار شاخص فلزی مطلا می توان از در اصلی مدرسه چهارباغ (مدرسه مادر شاه) اصفهان متعلق به دوره صفوی نام برد. مطالعاتی که بر روی این در نفیس تاکنون انجام گرفته است متمرکز بر جزییات طرح ها و نقوش آن بوده است (محمدزاده و میرارکلایی، ۱۳۹۲؛ خانی و همکاران، ۱۳۹۱). محمدزاده و علیزاده میرارکلایی در مقاله ای با عنوان «تجزیه و تحلیل تزئینات فلزی درب وردی مدرسه چهارباغ اصفهان» (۱۳۹۲)، به بررسی و تجزیه و تحلیل نقوش به کاررفته

در تزئین روکش نقره ای در پرداخته اند. این پژوهشگران موقعیت بخش های مطلا (زرآراسته ای) روکش نقره ای را در یک ترسیم خطی (تصویر شماتیک) مشخص کرده و پراکندگی آن را نشان داده اند. همچنین گونه شناسی کتیبه در نقره پوش مدرسه چهارباغ در مطالعات پژوهشگرانی مانند آقاداتی و همکاران در مقاله ای با عنوان «گونه شناسی کتیبه های مسجد-مدرسه چهارباغ اصفهان با تاکید بر ویژگی های ساختاری» (۱۳۹۷)، مورد توجه قرار گرفته است. به عبارتی از جنبه های مختلف هنری و بصری به ویژگی های این در بی نظیر پرداخته شده است اما شیوه طلاکاری روکش نقره ای تاکنون به صورت فنی مورد بررسی قرار نگرفته است. علاوه بر این بر لوحه ای از نقره که بر روی دماغه لنگه چپ در قرار گرفته است کتیبه ای به صورت برجسته قلم زنی شده است که در آن از فنون به کاررفته در ساخت این در نفیس نام برده شده است. به اعتقاد آلن (1995: 134) این کتیبه جدید است و متن کتیبه که توسط هنر فر در کتاب «گنجینه آثار تاریخی اصفهان» (۱۳۵۰: ۶۹۲) بیان شده است مربوط به قبل از تعمیر در است. در متن کتیبه ای که هنر فر در کتابش ارائه کرده است، کلمه «مطلا» در کنار زرگری، نقاشی، منبت، منیله و قاب سازی به چشم می خورد که اطلاعاتی در مورد نحوه طلاکاری (شیوه اجرای لایه طلا) ارائه نمی دهد. بنابراین در غیاب مطالعات آزمایشگاهی و همچنین اطلاعات تاریخی، آگاهی ما درباره با ترکیب دقیق آلیاژی روکش نقره ای و روش طلاکاری آن ناقص است. این در حالی است که در کنار این پژوهش ها مرتبط با هنرهای تجسمی و تاریخ هنر، مطالعه آثار فلزی مطلا به لحاظ فنی می تواند به درک ما از فناوری مورد استفاده در هر دوره و سیر تحول آن کمک کند. از این رو در این پژوهش مطالعه فنی روکش فلزی و روش طلاکاری در مدرسه چهارباغ اصفهان مورد توجه قرار گرفته است تا از این طریق بتواند به درک بهتر ما از هنرهای صناعی و فناوری فلزگری آن دوره، به ویژه شیوه طلاکاری مورد استفاده، کمک کند.

معرفی در مدرسه چهارباغ اصفهان

اصفهان به عنوان پایتخت اصلی حکومت صفوی دارای اهمیت بسیار بوده است و آثار زیادی از آن دوره در این شهر به یادگار باقی مانده است. اگرچه اصفهان شهری است که ایجاد آن به دوره های قبل برمی گردد اما

در خصوص در اصلی مدرسه چهارباغ در کتاب وقایع السنین و/الاعوام ذیل وقایع سال ۱۱۲۶ هـ ق این چنین بیان شده است که «در اواخر شهر ربیع الاول نصب نمودند دری را که از نقره به جهت مدرسه مبارکه سلطان ساخته بودند که تقریباً بیست من شاهی نقره برده بود و تخمیناً قریب هشتصد تومان صرف آن در کرده بودند و چراغوانی کردند» (خاتون آبادی، ۱۳۵۲: ۵۶۷). از سویی بر دو لنگه‌ی این در نقره‌پوش اشعاری به خط نستعلیق و به صورت برجسته اجرا شده است. بیت آخر شعر منقور بر لنگه چپ در مدرسه به صورت زیر است:

نکاشت [نگاشت] کلک بدیع از برای تاریخش

کشود [گشود] حق بصفاهان در مدینه علم

از این رو ماده تاریخ این در نفیس در مصرع دوم، «کشود حق بصفاهان در مدینه علم» بیان شده است که به حساب حروف ابجد سال ۱۱۲۰ هـ ق می‌شود. کاتب این اشعار، محمد صالح اصفهانی است که نام او بین دو مصرع آخر شعر اجرا شده بر لنگه راست در به صورت «کاتب الحروف محمد صالح غفر ذنبه» اجرا شده است. محمد صالح اصفهانی خوش‌نویس برجسته خط نستعلیق است که شاهکارهای خط او در دیگر بخش‌های بنای مدرسه چهارباغ نیز دیده می‌شود (همائی شیرازی اصفهانی، ۱۳۷۵: ۱۲۹).

در اصلی مدرسه چهارباغ از چوب با روکش نقره ساخته شده است. نقوش و کتیبه‌ها با قلم‌زنی و برجسته‌کاری به صورت بسیار ماهرانه‌ای در روکش نقره‌ای اجرا شده است. بخشی از نقوش و همچنین کتیبه‌های قلم‌زنی و برجسته‌کاری شده‌ی روکش نقره‌ای، طلاکاری شده است تا در زمینه‌ای نقره‌ای جلوه بصری زیباتری ایجاد کند (تصویر ۲). باتوجه به قدمت و اهمیت تاریخی هنر دوره صفوی به عنوان هنری ملی، پویا و با ویژگی‌های منحصر به فرد و نظر به این‌که تکنیک طلاکاری در مدرسه تاکنون مورد مطالعه فنی و آزمایشگاهی قرار نگرفته است، در این پژوهش به این موضوع پرداخته شده است.

عظمت و شکوه آن در دوره صفوی، از سال ۱۰۰۶ هـ ق که شاه عباس پایتخت را از قزوین به اصفهان انتقال داد، آغاز می‌شود (کنبی، ۱۳۸۶: ۱۱۶-۹۲). اصفهان در دوره شاه عباس به شهری پررونق بدل می‌شود و بازرگانانی از کشورهای مختلف به آن روی می‌آورند (سیوری، ۱۳۶۳: ۹۵). اصفهان به عنوان پایتخت در این دوره شاهد ساخت و احداث بناهای بسیار باشکوه توسط مدرسه چهارباغ که با نام‌های مدرسه سلطانی و مدرسه مادر شاه نیز شهرت دارد و یکی از بزرگ‌ترین و زیباترین مدارس بنا شده در دوره صفویه است، از جمله این بناها است. مدرسه چهارباغ اصفهان در اواخر دوره صفوی (۱۱۲۶-۱۱۱۸ هـ ق)، در زمان شاه سلطان حسین صفوی (۱۱۳۵-۱۱۰۵ هـ ق) در ضلع شرقی خیابان چهارباغ اصفهان احداث شد (کیانمهر و تقوی-نژاد، ۱۳۹۰: ۳۳). این مدرسه عالی‌ترین بنای آموزشی ساخته شده در واپسین روزگار صفوی است و آخرین تغییرات هنر و صنعت کاشی‌کاری ایران را می‌توان در این بنای عظیم و زیبا مشاهده نمود (هنرفر، ۱۳۵۰: ۶۸۵؛ خانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۴). اما یکی از ویژگی‌های بارز و زیبای این مدرسه باشکوه، در اصلی آنست که از نفایس هنر دوره صفوی است (تصویر ۱).



تصویر ۱- لنگه راست و چپ در اصلی مدرسه چهارباغ اصفهان که در آن جزییات نقوش و بخش‌های زرآراسته مشاهده می‌شود. منبع: (نگارندگان)



تصویر ۲- بخش‌هایی از نقوش قلمزنی و برجسته‌کاری شده زرآراسته‌ی (مطلای) در مدرسه چهارباغ در یک زمینه نقره‌ای که با توجه تضاد رنگی جلوه بصری متفاوتی پیدا کرده‌است. منبع: (نگارندگان)

روش پژوهش

معرفی نمونه‌ها و آماده‌سازی برای آنالیز

در این پژوهش از روش اسنادی، بررسی میدانی و مطالعات آزمایشگاهی استفاده شده‌است. مطالعات میدانی شامل بررسی و تصویربرداری اثر در محل با بزرگ‌نمایی مختلف به منظور مشاهده شواهد ساخت و جزئیات سطح است. این کار با بررسی نواحی مختلف سطح روکش فلزی انجام شد. علاوه بر این، به منظور بررسی و مطالعه ترکیب

آلیاژی، روش ساخت و تکنیک طلاکاری پوشش فلزی در مدرسه چهارباغ، از بخش‌های مختلف نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌ها در کمترین مقدار ممکن از بخش‌هایی انتخاب شد که کمترین آسیب به در وارد شود و به لحاظ بصری برای بیننده قابل مشاهده نباشد (جدول ۱). هر نمونه از یک لنگه در انتخاب شد تا در صورت وجود تفاوت در بخش‌های مختلف و یا مداخلات بعدی، قابل تشخیص باشد.

جدول ۱- محل نمونه‌برداری، مشخصات و کد نمونه‌های مورد بررسی. منبع: (نگارندگان)

ردیف	کد نمونه	محل نمونه برداری	مشخصات نمونه
۱	SG1	لنگه سمت چپ، محل آسیب‌دیده قسمت بالای دماغه در	نقره زراندود
۲	SG2	لنگه سمت راست، گل میخ بزرگ قسمت حاشیه پایین	نقره زراندود

نمونه‌ها با دو حرف «S» مخفف «Silver» و «G» مخفف «Gilded» و یک عدد که شماره نمونه‌ها را مشخص می‌سازد، نام‌گذاری شدند. برای آنالیز و بررسی میکروسکوپی مقطع روکش فلزی و لایه طلا، نمونه‌ها در اپوکسی دو جزئی (رزین و هاردنر)

«Arak SEK 20» مانت شد. سپس نمونه‌ها با کاغذ سنباده سیلیسیم کاربید شماره‌های ۱۸۰ تا ۵۰۰۰ پولیش و در نهایت با خمیر الماس ۰/۲۵ میکرون پرداخت شد.

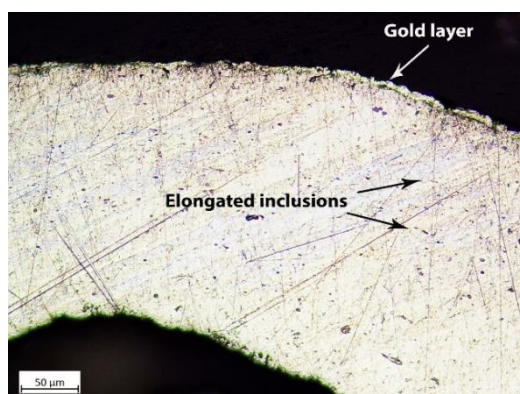
بررسی دقیق تر روش اجرای لایه طلایی، آنالیز و بررسی میکروسکوپی نمونه انجام شد.



تصویر ۳- بخش‌هایی از سطح که در آن لایه طلایی در زمینه طرح و خارج از نقش اصلی دیده می‌شود با فلش قرمز نشان داده شده‌است. منبع: (نگارندگان)

بررسی با استفاده از میکروسکوپ نوری (OM)

بر اساس بررسی مقطع نمونه‌ها با میکروسکوپ نوری مشخص شد که روکش فلزی در متشکل از ورقه‌ای نقره‌ای است که با عملیات چکش کاری و کار سرد به صورت ورقه درآمده‌اند. تایید این موضوع آخال‌های کشیده و هم‌جهت است که در مقطع نمونه‌ها مشاهده می‌شود. در تصاویر میکروسکوپی مقطع نمونه‌ها، لایه طلا قابل تشخیص است (تصویر ۴). ساختار اسفنجی و متخلخل لایه طلا روی سطح نمونه می‌تواند ناشی از روش طلاکاری اثر یعنی طلاکاری ملغمه‌ای باشد. اصولاً در این روش طلاکاری، جیوه بر اثر حرارت‌دهی تبخیر شده و ساختار متخلخل و اسفنجی طلا روی سطح باقی می‌ماند.



تصویر ۴- مقطع نمونه SG1 که در آن لایه متخلخل طلا روی بدنه اصلی (روکش نقره‌ای) و آخال‌های کشیده در ریزساختار که حاکی از چکش کاری روکش نقره‌ای است، دیده می‌شود. منبع: (نگارندگان)

روش بررسی و آنالیز نمونه‌ها

سطح مقطع نمونه‌های آماده شده متعلق به در مدرسه چهارباغ با میکروسکوپ نوری (OM) و میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنج تفکیک انرژی (SEM-EDS) مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ریزساختاری نمونه‌ها با میکروسکوپ نوری مدل «Primotech» ساخت شرکت «Zeiss» کشور آلمان در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه هنر اصفهان انجام شد. علاوه بر این آنالیز ریزساختاری و بررسی لایه‌های سطح روکش فلزی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی نشر میدانی (FE-SEM)، مدل MIRA III، شرکت «TESCAN»، ساخت کشور جمهوری چک، مجهز به دستگاه طیف‌سنج تفکیک انرژی (EDS) مدل «SAMx» در بنیادعلوم کاربردی رازی، تهران استفاده شد. با توجه به این که شناسایی طلا نیز در نمونه‌ها مد نظر بود، در آماده‌سازی نمونه‌های برای SEM از چسب آلومینیومی برای ایجاد ارتباط بین سطح نمونه و نگه‌دارنده استفاده شد.

نتایج و تحلیل داده‌ها

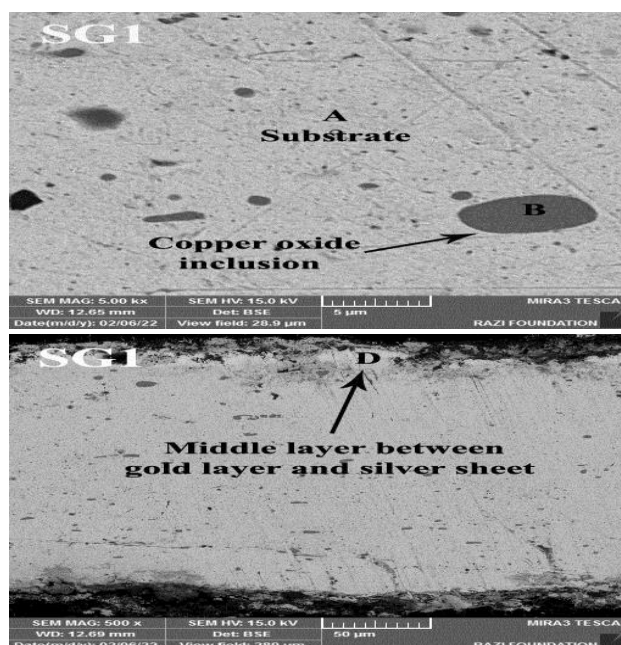
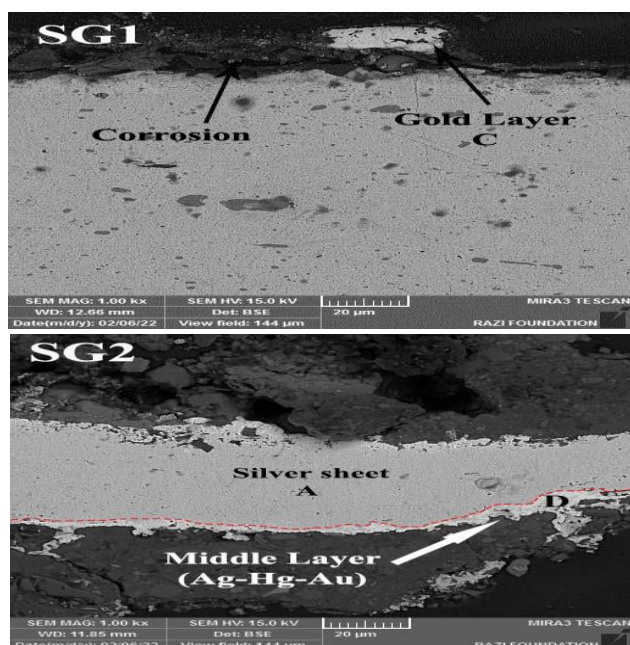
بررسی ماکروسکوپی

بررسی سطح در به منظور به دست آوردن شواهد مربوط به روش ساخت و تکنیک اجرای تزیینات طلایی در نواحی مختلف سطح هر دو لنگه به صورت گسترده انجام شد که نتایج بسیار جالب توجهی را به دنبال داشت. در نقوش قلم‌زنی مطلا (زراندود)، خروج پوشش طلایی به بیرون نقش در نواحی متعدد مشاهده شد (تصویر ۳). این امر مشخصاً می‌تواند به استفاده از یک ترکیب مایع با نیمه‌مایع در فرایند طلاکاری نقوش دلالت داشته‌باشد که به سمت لبه نقوش جریان یافته و قسمت‌های خارجی طرح را نیز آغشته کرده‌است. مشابه این موضوع را می‌تواند در بخش‌های زرارآسته (مطلا) در مسجدجامع عباسی نیز مشاهده کرد. به طور مشابه در بشقاب‌های نقره ساسانی به ویژه نمونه‌ای که نقش شاپور در آن به تصویر کشیده شده‌است نیز می‌توان پخش‌شدگی تزیینات طلایی و خروج آن به خارج از محدوده نقش را مشاهده کرد (Gunter & Jett, 1992: 36). در این خصوص با توجه به استفاده از ترکیب طلا و جیوه که یک ترکیب نیمه‌مایع است، امکان پخش‌شدگی آن و در نتیجه آغشته‌شدن بخش‌هایی خارج از بخش مورد نظر وجود دارد. به‌منظور

میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

مقاطع مانت شده نمونه‌ها برای مطالعه ریزساختار و ترکیب شیمیایی آن‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به طیف‌سنجی تفکیک انرژی مورد آنالیز قرار گرفت. بررسی تصاویر SEM-BSE زمینه خاکستری دارای آخال‌های پراکنده با رنگ تیره

را نشان داد. روی سطح بیرونی ورق فلزی نیز لایه‌ای با رنگ خاکستری روشن مشاهده شد (تصویر ۵). رنگ روشن‌تر لایه روی ورق فلزی در تصاویر BSE نشان‌دهنده وجود عناصر سنگین‌تر در ترکیب این قسمت است.



تصویر ۵- تصاویر SEM-BSE مقطع روکش فلزی در مدرسه چهارباغ اصفهان. منبع: (نگارندگان)

علاوه بر این آنالیز ورق نقره، آخال‌های موجود و نیز لایه طلایی تزئینی روی آن با EDS انجام شد که در جدول (۲) ارائه شده‌است. با توجه به نتایج آنالیز EDS اطلاعاتی در مورد ترکیب آلیاژی روکش فلزی، لایه طلای روی سطح آن و روش ایجاد آن به دست آمد. آنالیز نقطه «A» که فاز زمینه و اصلی فلز را در دو نمونه «SG1» و «SG2» شامل می‌شود، میزان زیاد نقره به ترتیب $98/36 \text{ wt\%}$ و $96/30 \text{ wt\%}$ ، به‌علاوه مقادیر بسیار کم سرب ($0/79 \text{ wt\%}$ و $0/40 \text{ wt\%}$) و مس (حدود $0/43 \text{ wt\%}$) را نشان داد. با توجه به نتیجه آنالیز و مقدار عناصر شناسایی شده، روکش فلزی در مدرسه چهارباغ متشکل از نقره با خلوص بالا ساخته شده‌است. مس یکی از آلیاژهای نقره تاریخی شناسایی می‌شود (Costa, 2001: 18). نقره خالص زمانی که تابکاری شده باشد بسیار نرم و انعطاف‌پذیر است و برای بسیاری از کاربردها مناسب نیست (Scott & Schwab, 2019: 162).

تصویر ۵ بالا سمت راست: زمینه خاکستری «A» قسمت فلزی روکش نقره‌ای را نشان می‌دهد. بخش تیره «B» اکسید مس شکل‌گرفته در فرایند ساخت ورقه نقره‌ای است. تصویر ۵ بالا سمت چپ: لایه طلا با رنگ خاکستری روشن «C» در قسمت بالای تصویر دیده می‌شود که روی زمینه نقره‌ای با رنگ خاکستری تیره قرار گرفته‌است. تخلخل با رنگ تیره در لایه طلا دیده می‌شود. در فاصله بین لایه طلا و زمینه نقره‌ای، محصولات خوردگی نقره شکل گرفته‌است. تصویر ۵ پایین سمت راست: ناحیه «D» لایه واسطه بین لایه طلای رویی و ورق نقره زیر را نشان می‌دهد. تصویر ۵ پایین سمت چپ: ناحیه واسطه بین لایه طلا رویی و روکش نقره‌ای با رنگ خاکستری روشن‌تر نسبت به زمینه در تصویر BSE دیده می‌شود (سطح زیر قسمت خط‌چین قرمز رنگ که با حرف «D» مشخص شده‌است). تنالیت‌ه خاکستری روشن‌تر ناحیه «D» در تصاویر BSE نمونه‌های «SG1» و «SG2» به دلیل وجود جیوه (Hg) و طلا (Au) با جرم اتمی بیشتر نسبت به نقره (Ag) در این ناحیه است.

جدول ۲- نتایج آنالیز EDS (wt%) روکش فلزی (زمینه) در مدرسه چهارباغ و نواحی مختلف مشخص شده در تصاویر SEM مقطع نمونه‌های مورد بررسی (تصویر ۵) شامل آخال، لایه میانی و لایه روی ورق نقره. منبع: (نگارندگان)

Sample No.	Zone	O	S	Cl	Cu	Ag	Au	Hg	Pb
SG1	A (Substrate)	۰/۴۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۴۳	۹۸/۳۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۷۹
	B (Inclusion)	۲۶/۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۶۴/۵۳	۹/۱۷	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
	C (Gold layer)	۵/۵۹	۰/۴۹	۰/۰۰	۰/۶۲	۵۶/۹۲	۱۱/۵۵	۲۴/۸۳	۰/۰۰
	D (Middle layer)	۱/۸۴	۰/۴۷	۰/۰۰	۰/۵۳	۸۲/۲۰	۰/۰۰	۱۴/۹۶	۰/۰۰
SG2	A (Substrate)	۲/۹۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۳۹	۹۶/۳۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۴۰
	D (Middle layer)	۰/۰۰	۰/۶۴	۰/۰۰	۰/۴۲	۶۱/۰۳	۰/۸۳	۳۷/۰۸	۰/۰۰

آلیاژهای نقره-مس انجام دادند نشان داده‌اند که مس موجود در محلول جامد «Ag-Cu» در نتیجه عملیات حرارتی به صورت اکسید ($Ag_xCu_yO_z$) رسوب می‌کند. بر این اساس وجود این آخال‌ها در روکش نقره‌ای در که از آلیاژی از نقره و مس ساخته شده‌است، می‌تواند نتیجه عملیات حرارتی متعددی باشد که در فرایند شکل‌دهی و چکش‌کاری متوالی قطعه اولیه برای تبدیل آن به ورق نازک به کار رفته-است.

در آنالیز نقطه «C» که در بخش بیرونی مقطع نمونه قرار دارد. مقادیر قابل توجه نقره با ۵۶/۹۲ wt%، جیوه ۲۴/۸۳ wt% و طلا ۱/۵۵ wt%، و همچنین مقدار کم اکسیژن (۵/۵۹ wt%)، میزان بسیار کم مس (۰/۶۲ wt%) و گوگرد (۰/۴۹ wt%) شناسایی شد. باتوجه به میزان نقره و جیوه و همچنین میزان نسبتا بالای طلا می‌توان این ناحیه را بخشی از لایه تزئینی طلای اجرا شده روی روکش نقره‌ای در دانست. علاوه بر این وجود میزان قابل توجه جیوه در این ناحیه ناشی از روش اجرای لایه طلا به روش جیوه‌ای (ملغمه‌ای) است. در روش طلاکاری ملغمه‌ای جیوه در لایه طلا و همچنین لایه واسطه (میانی) بین لایه طلا و زمینه نقره‌ای باقی می‌ماند که در آنالیز قابل شناسایی است و برای تشخیص روش طلاکاری به کار می‌رود (Shao et al., 2023: 3). وجود جیوه در کنار طلا با درصدهای قابل توجه هر دو در لایه بیرونی نمونه نشانه‌ای از روش طلاکاری روکش

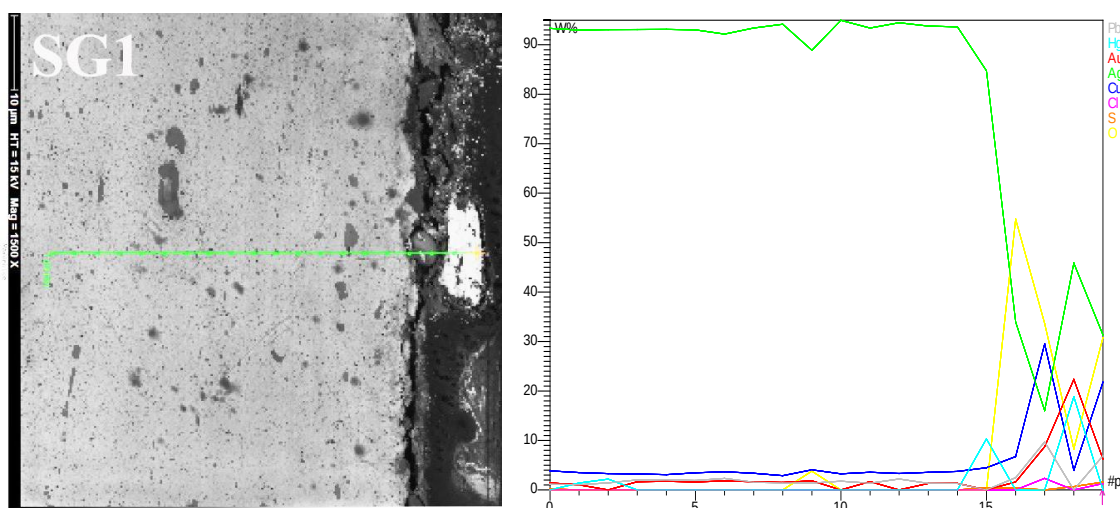
وجود مس در ترکیب نقره سبب افزایش استحکام و تولید آلیاژی سخت‌تر از نقره خالص می‌شود (Scott & Schwab, 2019: 164; Mortazavi et al., 2018: 4). با این وجود میزان مس در ترکیب روکش نقره‌ای آن‌چنان زیاد نیست که به‌طور مشخص بتوان در مورد اضافه کردن آگاهانه آن به ترکیب روکش نقره‌ای نظر مشخصی ارائه کرد. از طرفی آلیاژهای نقره تاریخی دارای مقادیر اندک سرب به عنوان ناخالصی هستند (Costa, 2001: 18). این میزان کم سرب می‌تواند از فرایندهای استحصال و یا سنگ معدن ناشی شده باشد (Scott & Schwab, 2019: 162; Giovannelli et al., 2005: 819). شناسایی مقادیر بسیار کم اکسیژن در این قسمت می‌تواند مربوط به نفوذ اکسیژن طی عملیات حرارتی به کار رفته در فرایند ساخت ورقه نقره باشد (Liu et al., 2022: 7). اکسیژن در فرایند تولید فلز و تشکیل اثر وارد ساختار فلزی شده‌است که میزان اندک این عنصر در فلز زمینه قابل توجه نیست.

در آنالیز نقطه B که به صورت آخال، نواحی با رنگ تیره، در تصاویر SEM-BSE مقطع روکش فلزی دیده می‌شود، مقادیر قابل توجهی از مس (۶۴/۵۳ wt%) و اکسیژن (۲۶/۳۰ wt%) و مقدار کمتر نقره (۹/۱۷ wt%) شناسایی شد. وجود اکسیژن در کنار عناصر مس و نقره نشان‌دهنده تشکیل اکسیدهای این فلزات در این بخش‌ها است. به عبارتی با توجه به نتیجه آنالیز می‌توان ترکیب آخال‌ها را اکسید مس و نقره بیان نمود.

نقره‌ای را ارائه می‌دهد و این امر می‌تواند موید کاربرد روش طلاکاری جیوه‌ای (ملغمه‌ای) بر روکش نقره‌ای در مدرسه چهارباغ باشد. همچنین وجود اکسیژن، مس و گوگرد در این ناحیه مربوط به خوردگی سطح نقره زیر لایه طلا است.

آنالیز ناحیه «D» در دو نمونه انتخاب شده از روکش فلزی در مدرسه چهارباغ (SG1 و SG2) که در زیر لایه‌های سطحی قرار گرفته میزان بالای نقره wt% ۸۲/۲۰ و میزان قابل توجه جیوه wt% ۱۴/۹۶ درصد را نشان داد. وجود جیوه در این قسمت که سطح رویی روکش نقره‌ای را تشکیل می‌دهد مربوط به نفوذ جیوه و تشکیل ملغمه نقره-جیوه در فرایند طلاکاری ملغمه‌ای است (Shao et al., 2023: 13).

علاوه‌براین، آنالیز به صورت اسکن خطی (line scan) از قسمت میانی مقطع به سمت بیرون نیز انجام شد

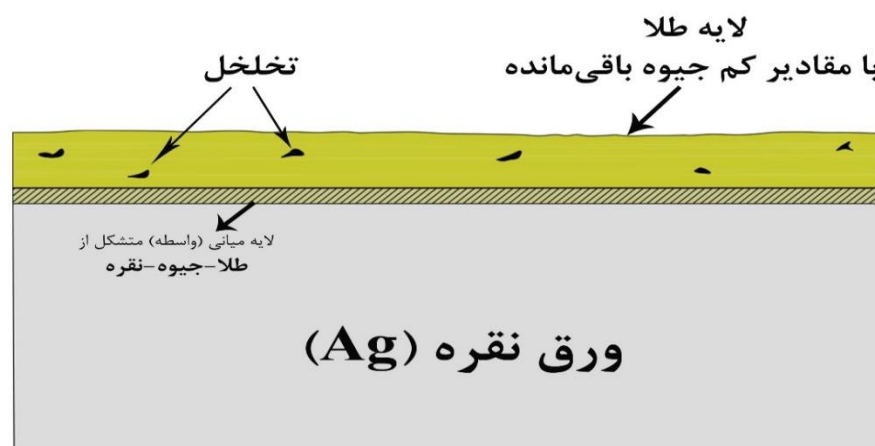


تصویر ۶- تصویر میکروسکوپی (SEM) و نمودار Line Scan نمونه SG4 نشان دهنده تغییر در میزان عناصر از داخل به سمت بیرون که در آن افزایش میزان جیوه و طلا در قسمت بیرونی مشاهده می‌شود. منبع: (نگارندگان)

(تصویر ۶). تغییرات میزان عناصر نقره، طلا، جیوه، مس، سرب، اکسیژن، کربن و گوگرد مشاهده می‌شود. در نتایج آنالیز افزایش قابل توجه جیوه و طلا در قسمت‌های بیرونی و در مقابل کاهش میزان نقره دیده می‌شود. این داده‌ها با نتایج به‌دست‌آمده از آنالیز نواحی مختلف مطابقت داشته و دلالت بر استفاده از روش طلاکاری ملغمه‌ای دارد. مس در این بخش افزایش قابل ملاحظه‌ای نسبت به قسمت‌های داخلی نشان می‌دهد که می‌تواند مربوط به خروج مس و خوردگی این فلز باشد. علاوه بر این افزایش قابل توجه اکسیژن و همچنین وجود عناصر کربن و گوگرد در این ناحیه، نشان‌دهنده نفوذ این عناصر از لایه متخلخل طلا به قسمت‌های زیری و تشکیل محصولات خوردگی در سطح مشترک لایه زمینه و لایه تزئینی طلایی است (Masi et al., 2016: 323; Chiavari et al., 2015: 12).

بخش‌های مورد نظر با این ترکیب پوشیده شده‌است. سپس اقدام به حرارت‌دهی این نواحی شده‌است که منجر به تبخیر جیوه و باقی‌مانده طلا به صورت یک لایه متخلخل شده‌است. در این فرایند همه جیوه تبخیر نمی‌شود و بخشی از جیوه در لایه طلا و همچنین در زیر آن، در سطح مشترک لایه طلا و ورق نقره، باقی می‌ماند (Shao et al., 2023: 13) که در هر دو مورد شناسایی جیوه می‌تواند به شناخت روش طلاکاری کمک کند. پس از حرارت‌دهی و تبخیر جیوه، هنرمند اقدام به پرداخت سطح طلایی به منظور کاهش تخلخل و نیز افزایش تالو فلزی می‌نماید. طرح شماتیک ترتیب

بر اساس مطالعه انجام شده می‌توان روش ساخت روکش فلزی در مدرسه چهارباغ را با استفاده از ورق نقره تقریباً خالص بیان کرد. در ادامه با روش‌های مختلف از جمله قلم‌زنی و برجسته‌کاری نقوش بر سطح نقره اجرا شده‌است. پس از آن هنرمند برای ایجاد تضاد در ظاهر نقوش و همچنین جلوه بصری بهتر، اقدام به طلاکاری بخش‌هایی از طرح و کتیبه‌ها کرده‌است. برای این کار از روش طلاکاری جیوه‌ای مشابه دیگر نمونه مربوط به دوره صفوی یعنی در مسجد جامع عباسی استفاده شده‌است. ملغمه‌ای از جیوه و طلا تهیه شده‌است و سطح



تصویر ۷- طرح شماتیک لایه‌های مختلف در ورق نقره طلاکاری شده با استفاده از ملغمه جیوه-طلا. منبع: (نگارندگان)

نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های انجام شده در خصوص ترکیب آلیاژی ورقه‌های فلزی به کار رفته روی در مدرسه چهارباغ، روش ساخت و شیوه اجرای تزئینات طلاکاری، نتایج زیر حاصل شد:

- روکش در مدرسه مادرشاه (چهارباغ) اصفهان، از نقره با خلوص بسیار بالا ساخته شده‌است. مقادیر بسیار کم سرب و مس (کمتر از ۱ درصد) نیز در ترکیب با نقره شناسایی شد. وجود سرب می‌تواند در ارتباط با سنگ معدن اولیه و همچنین فرایند استحصال نقره از کانی اولیه باشد. اگرچه مقدار مس در ترکیب آلیاژی کمتر از حداکثر حلالیت مس در نقره است اما همین مقدار مس می‌تواند سبب افزایش استحکام نقره شود. در واقع در این مورد افزودن مقدار اندک مس می‌تواند به جهت افزایش استحکام نقره و تولید آلیاژی سخت‌تر از نقره خالص در زمان تولید ورق نقره‌ای باشد.
- باتوجه به نتایج به دست آمده از بررسی میکروسکوپی مقطع عرضی نمونه‌ها، مشخص شد که برای ساخت روکش نقره‌ای در از چکش‌کاری و تابکاری متوالی تا رسیدن به ضخامت مورد نظر استفاده شده‌است.
- در تصاویر میکروسکوپی لایه طلا ساختار اسفنجی به صورت متخلخل روی زمینه

نقره‌ای دیده شد که ناشی از روش طلاکاری اثر یعنی طلاکاری ملغمه‌ای است.

- نتایج آنالیز مقطع روکش فلزی، نیز وجود جیوه و طلا روی سطح ورق نقره را نشان داد. بر این اساس مشخص شد که در دوره صفوی از روش طلاکاری جیوه‌ای (ملغمه‌ای) برای زRANDOD کردن سطح در استفاده شده‌است. در این روش طلاکاری علی‌رغم این که سطح کار حرارت داده می‌شود تا جیوه تبخیر شود و طلا برجا بماند اما همچنان بخشی از جیوه در لایه طلا و نیز در سطح مشترک لایه طلا و نقره زمینه باقی می‌ماند که به ردیابی تکنیک طلاکاری کمک می‌کند. با توجه به نتایج این پژوهش مشخص شد که روش طلاکاری مورد استفاده برای تزئین در مدرسه چهارباغ (۱۱۲۰ هـ.ق) همانند در مسجد جامع عباسی (۱۰۴۶ هـ.ق) است که ۷۴ سال پیش از آن اجرا شده‌است. از این رو استفاده از طلاکاری ملغمه‌ای در دوره صفویه اگر چه بدیع به نظر نمی‌رسد اما تداوم استفاده از این روش طلاکاری در ایران از دوران تاریخی تا زمان صفویه مشخص می‌شود. همچنین با توجه به زمان ساخت در مدرسه چهارباغ که مقارن با

سال‌های پایانی دوره صفویه است، استفاده از این سنت طلاکاری تا پایان دوره صفوی نیز مشخص شد.

سپاس‌گزاری

نویسندگان بر خود واجب می‌دانند از همکاری مسئولان محترم مدرسه چهارباغ اصفهان که در مطالعه و بررسی این اثر ارزشمند تاریخی همکاری‌های لازم را مبذول داشتند، صمیمانه تشکر نمایند. انجام این پژوهش بدون مساعدت‌های استاد فقیذ جناب آقای دکتر الله‌یاری

مدیرکل محترم وقت اداره کل میراث‌فرهنگی، صنایع-دستی و گردشگری استان اصفهان میسر نمی‌شد. از این‌رو مراتب احترام و قدردانی خود را خدمت آن استاد بزرگوار تقدیم می‌داریم. همچنین لازم است از سرکار خانم مهندس ساغر حمیدی، مدیر محترم امور موزه‌های اداره کل میراث‌فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری استان اصفهان که همواره که از هیچ مساعدتی در این راه دریغ نداشتند، صمیمانه سپاس‌گزاری شود.

پی‌نوشت

1. Foil gilding
2. Leaf gilding
3. Cold mercury-gilding
4. Fire gilding
5. Depletion gilding
6. Harper & Meyers
7. α -gold
8. Atil et al.

منابع

- ایزدی، مهتاب؛ مرتضوی، محمد؛ عودباشی، امید (۱۳۹۷)، بررسی روش ساخت و مطالعه تکنیک طلاکاری روکش فلزی درب مسجد امام اصفهان، *مجله علوم و مهندسی سطح*، ۱۴ (۳۸)، ۱۰۷-۱۲۰.
- آقاداتی، محی‌الدین؛ زکریایی کرمانی، ایمان؛ خواجه‌احمد عطاری، علی‌رضا (۱۳۹۷)، گونه‌شناسی کتیبه‌های مسجد-مدرسه چهارباغ اصفهان با تأکید بر ویژگی‌های ساختاری، *دوفصلنامه پژوهش هنر*، ۸ (۱۵)، ۷۱-۸۵.
- بخشنده‌فرد، حمیدرضا (۱۳۸۹)، *بررسی آثار تاریخی فلزی در مرمت*، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.
- خاتون‌آبادی، عبدالحسین (۱۳۵۲)، *وقایع السنین و الاعوام*، به کوشش محمدباقر بهبودی، تهران: کتابفروشی اسلامی.
- خانی، سمیه؛ صالحی‌کاخکی، احمد؛ تقوی‌نژاد، بهاره (۱۳۹۱)، بررسی تطبیقی معماری و تزیینات مدرسه غیاثیه خرگرد و مدرسه چهارباغ اصفهان، *مطالعات تطبیقی هنر*، ۲ (۴)، ۳۷-۵۱.
- سیوری، راجر (۱۳۶۳)، *ایران عصر صفوی*، ترجمه کامبیز عزیزی، تهران: نشر مرکز.
- کنبی، شیلا (۱۳۸۶)، *عصر طلایی هنر ایران (۱۷۲۲-۱۵۰۱)*، ترجمه حسن افشار، تهران: نشر مرکز.
- کیانمهر، قباد؛ تقوی‌نژاد، بهاره (۱۳۹۰)، مطالعه تطبیقی مضامین کتیبه‌های کاشی‌کاری مدرسه چهارباغ اصفهان و باورهای عصر صفویه، *پژوهش‌های تاریخی*، دوره جدید، سال سوم، شماره دوم (پیاپی ۱۰)، ۱۵۴-۱۳۳.
- محمدزاده، مهدی؛ عزیزاده‌میراکلاسی، سمیه (۱۳۹۲)، تجزیه و تحلیل تزیینات فلزی درب وردی مدرسه چهارباغ اصفهان، *دوفصلنامه پژوهش هنر*، ۳ (۵)، ۳۹-۴۹.
- مرتضوی، محمد؛ گل‌عذار، محمدعلی؛ صالحی‌کاخکی، احمد (۱۳۹۳)، مروری بر فنون و روش‌های طلاکاری آثار فلزی تاریخی، *برگزیده مقالات اولین و دومین همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی* ۱۳۹۲-۱۳۹۱، به کوشش مهدی رازانی و بهرام آجرلو، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، نشر الکترونیک، چاپ اول ۱۳۹۳، ۳۷۶-۳۶۱.
- همایی‌شیرازی‌اصفهانی، جلال‌الدین (۱۳۷۵)، *تاریخ اصفهان (مجلد هنر و هنرمندان)*، به کوشش ماهدخت‌بانو همایی، تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.
- هنرفر، لطف‌الله (۱۳۵۰)، *گنجینه آثار تاریخی اصفهان*، اصفهان: کتابفروشی ثقفی.

References

- Allan, James W (2003), Early Safavid Metalwork, In: *Hunt for Paradise: Court Arts of Safavid Iran 1501-1576*, Jon Thompson and Sheila R. Canby (eds.), Skira, New York, 203-239.
- Allan, James W (1995), Silver Door Facings of the Safavid Period, *Iran*, 33(1), 123-137.
- Atil, Esin, Chase, William Thomas, Jett, Paul (1985), *Islamic Metalwork in the Freer Gallery of Art*, Freer Gallery of Art, Smithsonian Institution, Washington D.C.
- Barrio, J. Campanella, L. Ferretti, M. Pardo, A.I. Retuerce, M. (2004), Objects from the ancient site of Qalat Rabah (Calatrava la Vieja): a case study on the characterization and conservation of Islamic gilded bronzes from Spain in *METAL 2004*, Camberra, 173-184.
- Chiavari, Cristina, Bernardi, Elena, Balbo, A., Monticelli, C., Raffo, Simona, Bignozzi, M.C., Martini, Clara (2015), Atmospheric Corrosion of Fire-gilded Bronze: Corrosion and Corrosion Protection During Accelerated Ageing Tests, *Corrosion Science*, 100, 435-447.
- Costa, Virginia (2001), The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation. *Studies in Conservation*, 46 (Supplement-1), 18-34.
- Figueiredo, Elin, Silva, Rui J C, Araújo, M Fátima. & Senna-Martinez, João C (2010), Identification of Ancient Gilding Technology and Late Bronze Age Metallurgy by EDXRF, Micro-EDXRF, SEM-EDS and Metallographic Techniques, *Microchim Acta*, 168, 283-291.
- Giovannelli, Giuseppe, Natali, Stefano, Bozzini, Benedetto, Siciliano, Aldo, Sarcinelli, Giuseppe, Vitale, Rosa (2015), Microstructural characterization of early western Greek incuse coins, *Archaeometry*, 47(4), 817-833.
- Giumlia-Mair, Alessandra (2020), Plating and Surface Treatments on Ancient Metalwork, *Advances in Archaeomaterials*, 1(1), 1-26.
- Gunter, Ann Clyburn, Jett, Paul (1992), *Ancient Iranian Metalwork in the Arthur M. Sackler Gallery and the Freer Gallery of Art*. Arthur M. Sackler Gallery (Smithsonian Institution): Freer Gallery of Art. Washington, D.C.

- Harper, Prudence Oliver, & Meyers, Pieter (1981), *Silver Vessels of the Sasanian Period, Volume One: Royal Imagery*, The Metropolitan Museum of Art, New York.
- Liu, Shengyu, Li, Zhuopeng, Zhou, Yihang, Li, Ruixuan, Xie, Zhenda, Liu, Chudong, Hu, Gang & Hu, Dongbo (2022), Optimizing the thermal treatment for restoration of brittle archaeological silver artifacts. *Heritage Science*, 10(1), 1-11.
- Masi, Giulia, Chiavari, Cristina, Avila, José, Esvan, Jérôme, Raffo, Simona, Bignozzi, Maria Chiara, Asensio, Maria C, Robbiola, Luc, Martini, Clara (2016), Corrosion investigation of fire-gilded bronze involving high surface resolution spectroscopic imaging, *Applied Surface Science*, 366, 317-327.
- Mortazavi, Mohammad, Naghavi, Sogand, Khanjari, Reza, Agha-Aligol, Davoud (2018), Metallurgical study on some Sasanian silver coins in Sistan Museum. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 10, 1831-1840.
- Oddy, William Andrew (1991), Gilding: an outline of the technological history of the plating of gold on to silver or copper in the Old World, *Endeavour*, New Series, 15(1), Pergamon Press plc, Great Britain.
- Oddy, William Andrew (2000), A History of Gilding with Particular References to Statuary, In: *Gilded Metals; History, Technology and Conservation*, Terry Drayman-Weisser (ed.), Archetype publication Ltd, London, 1-20.
- Scott, David, Schwab, Roland (2019), *Metallography in Archaeology and Art*. Springer Nature.
- Selwyn, Lyndsie (2000), Corrosion Chemistry of Gilded Silver and Copper, In: *Gilded Metals; History, Technology and Conservation*, Terry Drayman-Weisser (ed.), Archetype publication Ltd, London, 21-47.
- Shao, Yanbing, Lu, Xuan, Fu, Wenbin, Jiang, Fengrui, Yang, Junchang, Gai, Zhiyong, Dong, Limin (2023), Technical characteristics and coating formation mechanism of gilded silver products unearthed from the Consort Tomb of Emperor Shengzong of the Liao dynasty, *Archaeological and Anthropological Sciences*, 15, 1-16.
- Ynsa, Maria Dolores, Chamón, J. Gutiérrez, P Carolina, Gomez-Morilla, I. Enguita, O. Pardo, A.I. Arroyo, Margarita, Barrio, J. Ferretti, Marco & Climent-Font, Aurelio (2008), Study of Ancient Islamic Gilded Pieces Combining PIXE-RBS on External Microprobe with SEM Images, *Applied Physics A*, 92, 235-241.