شناخت فنون ساخت و اجرای لایه‌ی زراندود در سفال مینایی، براساس مطالعات میکروسکوپی و منابع کهن

ملیکا یزدانی[۱*]، حسین احمدی[۲]، سید محمدامین امامی[۳]،
محمد لامعی‌رشتی[۴]، داود آقاعلی‌گل[۵]،
مهناز عبدالله‌خان گرجی[۶]، حمیده چوبک[۷]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۰۴، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۰۳
(از ص ۱۶۱ تا ۱۷۸)

چکیده

سفال مینایی به گروهی از سفال‌های لعاب‌دار دوره‌ی میانی اسلامی اطلاق می‌شود که دارای نقاشی رولعابی است. زراندود، جزو تزیینات نهایی این سفال به‌شمار می‌رود. پژوهشگران عقیده دارند سفال مینایی به‌دلیل کاربرد تزیینات زراندود روی آن، یکی از گونه‌های خاص و تجملی سفال بوده است. با توجه به اسناد مکتوب کهن، زراندود کردن آثار گوناگون به‌عنوان یک حرفه مطرح بوده است. شناخت این حرفه، سبب افزایش دانش امروزی نسبت به فنون کهن گشته و درنهایت تنوع اجرای زراندود را روی مواد گوناگون و دوران گوناگون قابل تحلیل می‌سازد. با توجه به این که شناخت بهتر فنون کهن، علاوه‌بر روش‌های دستگاهی نیاز به دستورالعمل‌های کهن نیز دارد، در این راستا بازخوانی رسالات مرتبط و مقایسه‌ی آن با نتایج روش‌های دستگاهی ضروری به‌نظر می‌رسد. احتمال می‌رود زراندود کردن روی سفال مینایی به شیوه‌ی ورق طلای خالص و به‌عنوان آخرین مرحله‌ی تزیین روی لعاب اجرا شده باشد. این مقاله در جهت پاسخ به پرسش‌هایی همچون: نوع لایه‌ی زراندود، شیوه‌ی آماده‌سازی، اجرا و تثبیت آن روی سطح لعاب دنبال می‌شود. در این پژوهش لایه‌ی زراندود در سفال‌های مینایی مکشوف از ری و الموت که جزو جدیدترین یافته‌های سفال مینایی هستند با هدف دستیابی به تکنولوژی‌های وابسته به صنعت سرامیک کهن، با استفاده از میکروسکوپ اپتیکال، میکروسکوپ الکترونی و میکروسکوپ روبشی پروتون مطالعه شد. دستاوردهای پژوهش در انتها با مکتوبات *عرایس‌الجواهر* و *جواهرنامه نظامی* مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهد روش زراندود کردن سفال مینایی با شیوه‌ی مکتوب در *عرایس‌الجواهر* مطابقت دارد. در شیوه‌ی زراندود از ورق نازک طلای خالص استفاده شده است. ورق طلا، گاه خارجی‌ترین لایه بوده و روی قلم‌گیری قرمز یا سیاه کار شده، اما در برخی نمونه‌ها طلا زیر لایه‌ی قلم‌گیری قرار داشته و آخرین مرحله‌ی تزیین به‌شمار نمی‌رود. قرارگیری طلا زیر بخش قلم‌گیری و نفوذ چند میکرونی طلا درون لعاب زیرین، نشان می‌دهد مکانیسم نشاندن ورق طلا روی سطح به شیوه‌ی مکانیکی و حرارتی بوده است.

کلیدواژگان: سفال مینایی، زراندود، عرایس‌الجواهر و نفایس‌الاطایب، جواهرنامه.

۱. دانشجوی دکترای مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان*
yazdani101@yahoo.com
۲. دانشیار دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان
۳. دانشیار، دانشکده حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر اصفهان
۴. استاد پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده فیزیک و شتابگرها
۵. پژوهشگر پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده فیزیک و شتابگرها
۶. استادیار موزه ملی ایران، مدرس دانشگاه آزاد اسلامی
۷. استادیار پژوهشکده باستان‌شناسی

* نویسنده مسئول

* مقاله‌ی حاضر مستخرج از رساله‌ی دکترای نویسنده‌ی مسئول و با عنوان: "شناخت فن‌آوری سفال مینایی براساس داده‌های تکنولوژیک و متون تاریخی" است که با همکاری مشترک دانشگاه هنر اصفهان و بخش واندوگراف، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای در حال انجام است.

مقدمه

در طول تاریخ در تمدنهای گوناگون جهان، روی آثار فلزی، شیشه‌ای، چوبی، کاغذی، گچی و سرامیکی، فن زراندود و نقره‌اندود کاربرد داشته‌است (Needham et. al., 2004: 698,703). زراندود، سابقه‌ای کهن در دنیا دارد و قدیمی‌ترین سفال‌های زراندود در مصر باستان یافت شده است (Darque-Ceretti & Aucouturier, 2011: 542).

در دوره‌ی اسلامی تزیین سفال با ورق طلا و همچنین تکامل این تکنیک در محدوده‌ی جغرافیایی زمانی و مکانی خاص، کاملاً شناخته شده است. به‌نظر می‌رسد کاربرد این نوع تزیین در نیمه‌ی قرن ۵ هـ.ق. به‌طور گسترده در سفال‌های مینایی ایران آغاز شده است و پس از آن، یکی از تزیینات کاشی‌کاری در بناهای ایران در دوره‌ی ایلخانی (تخت‌سلیمان)، تیموری (مدرسه‌ی خرگرد، درب امام)، صفوی (محراب هارون ولایت) و قاجار (امامزاده اسماعیل قزوین) بوده است.

با مطالعه‌ی منابع کهن مشخص می‌شود که به‌منظور زراندود روی سطوح، از طلا به‌صورت پودر (نیشابوری، ۱۳۸۳: ۳۰۳) یا طلا به‌صورت ورق استفاده می‌شده است (کاشانی، ۱۳۸۶: ۳۴۷). طلای مورد استفاده در مواردی خالص و گاهی آلیاژ طلا بوده‌است (Cretu, 1999: 115). نوع این آلیاژها به‌طور سنتی در ایران، ترکیب طلا با مس، طلا با نقره و یا ترکیب با هر دو را شامل می‌شده است (نیشابوری، ۱۳۸۳: ۳۰۴). تفاوت در نوع آلیاژ با توجه به رنگ مورد نیاز سطح تنظیم‌شده است. صنعتگران برای به‌دست آوردن رنگ طلایی از «طلای خالص»، برای رنگ متمایل به قرمز از ترکیب -طلا و بیش از ۲۵% مس-، برای رنگ متمایل به سبز از ترکیب -طلا با میزان کمی نقره (تقریباً ۲۰%) و مس (۵%)- و برای به‌دست آوردن رنگ متمایل به سفید از ترکیب -طلا با میزان بالای نقره (حدود ۵۰%)- استفاده می‌کردند (Cretu, 1999: 115).

با توجه به این‌که ورق طلا روی آثار تاریخی گوناگون با ضخامت‌های متنوعی به‌کار برده‌شده، پژوهشگران زیادی در آثارشان روی ضخامت ورق طلا در آثار باستانی تمرکز کرده‌اند و در مورد تمیز دادن انواع ورق‌های طلا براساس میزان ضخامت، به‌نتایج سودمندی دست‌یافته‌اند. به این صورت که برای هرکدام از ورق‌ها با توجه به ضخامت، نام و ویژگی خاصی درنظر گرفته‌شده است[1]. تعداد زیادی از پژوهشگران از نظر معیار تقسیم‌بندی انواع ورق طلابراساس ضخامت متفاوت با یکدیگر اتفاق‌نظر دارند (Oddy, 1993: 172; Craddock, 1977: 103- 104; Needham et. al., 2004: 693-94; Darque-Ceretti, 2011: 540-541; Aucouturier, 2013: 648; Mishmast, 2014: 1-4; Holakooei). گسترده بودن انواع ورق طلا و کاربرد آن به شیوه‌های متعدد روی آثار گوناگون، نشان می‌دهد که ساخت و استفاده از ورق طلا به‌عنوان یک فن خاص در طول تاریخ مطرح بوده و نیاز به مهارت بالایی داشته‌است.

معتبرترین شیوه برای دستیابی دانش امروزی به فنون کهن، مطالعه‌ی آثار مکشوف از کاوش‌های علمی است. با توجه به این‌که روند پژوهش به‌منظور شناخت یک فن، فرایندی زنجیره‌ای‌است، قابل استنادترین روش برای دستیابی به فنون کهن، آثار یافت شده از کاوش‌ها، به‌کارگیری علوم و فن‌آوری نوین و راستی‌آزمایی آن با مطالعه‌ی دستورالعمل‌های احتمالی ارایه شده در منابع نوشتاری کهن است. بر این اساس، پژوهش حاضر سعی دارد با مطالعه آثار مینایی یافت شده از حفاری‌های علمی در قلعه‌ی الموت و ری و استناد به منابع کهن در کنار نتایج حاصل از مطالعات

میکروسکوپی به‌شناخت بیشتر فن زراندود روی سفال مینایی در دوره‌ی میانی اسلامی در ایران دست‌یابد. هدف از بررسی و مطالعه این نمونه‌ها، شناخت ماهیت لایه‌ی زراندود، ضخامت لایه‌ها و میزان خلوص آن و همچنین روش‌های نشاندن لایه‌ی زراندود برروی سطوح این نمونه‌ها است.

پیشینه‌ی پژوهش

سرامیک مینایی[۲] به گروهی از سرامیک‌های خاص و تجملی دوره‌ی اسلامی با نقاشی رولعابی[۳] (نقاشی روی‌لعاب سفید یا فیروزه‌ای) اطلاق می‌شود که در مدت کوتاهی در دوران میانی اسلام (قرن ششم و هفتم هجری) به‌طور گسترده در ایران و به‌ندرت در دیگر کشورها، من‌جمله سوریه و ترکیه رواج داشته‌است. این‌گونه سفال، در بسیاری موارد، شامل کتیبه‌هایی برروی سطوح داخلی و یا خارجی است (Oglu, 1946: 241; Smith, 2001: 9; Keblow Bernsted, 2003: 44). پژوهشگران استدلال می‌کنند که سبک و تصاویر، منعکس‌کننده‌ی هنر نگارگری، ادبیات و الهام گرفته از نسخ‌خطی اسلامی و حتی نقاشی‌دیواری آن دوره نیز هست که اینک شواهد زیادی از آن در اختیار نیست (Grube, 1976: 195؛ پاکباز، ۱۳۷۹: ۵۵).

به عقیده‌ی برن‌استد، این شیوه که دارای کیفیت بسیار مطلوب تزیینی است، به سرامیک جدار نازک و شکننده معروف بوده است. روی این‌گونه سرامیک با لعاب سرب و قلع پوشانده می‌شده که زمینه‌ی آن گاهی اوقات با نمک‌های مس به‌رنگ فیروزه‌ای درمی‌آمده است (Keblow Bernsted, 2003: 49). خطوط حاشیه نیز با رنگ سیاه و قرمز کار می‌شده که با دیگر رنگ‌های رولعابی ازجمله: فیروزه‌ای، آبی، لاجورد، زرد، قرمز، سرخابی، صورتی، قهوه‌ای، سبز و سیاه، در مرحله‌ی پخت دوم تکمیل می‌شده است. در برخی نمونه‌ها زراندود[۴] کار نهایی روی این مجموعه بوده است (Koss et. al., 2009: 39; Keblow Bernsted, 2003: 47).

مکان‌های پیشنهادی از طرف پژوهشگران برای تولید سفال مینایی، اغلب کاشان، ساوه، ری، نطنز، جرجان و تخت‌سلیمان است (پوپ، ۱۳۸۷، ۱۷۹۸؛ Hirx et al. 2002: 245; Masuya, 2002: 176). جدیدترین کاوش‌های سال‌های اخیر در دژالموت منجر به کشف تعداد زیادی قطعه سفال و سفال مینایی کامل شد (چوبک، ۱۳۹۲).

در طول تاریخ، زراندود به دو شیوه‌ی سرد[۵] و گرم[۶] روی سرامیک‌ها اجرا می‌شده‌است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد، زراندود گاه با استفاده از آلیاژ طلا و گاه با استفاده از طلای خالص روی مصنوعات کار می‌شده است. آماده‌سازی طلا نیز به‌صورت پودر یا ورق طلا بوده‌است. هاین باخ عقیده دارد، در صورتی‌که در فن زراندود، از آلیاژ طلا به‌صورت ورق استفاده‌شده باشد، به‌دلیل اکسید شدن فلز افزوده شده به طلا در اثر حرارت، تغییر رنگ نامطلوبی در جلای فلزی ایجاد شده و به‌همین دلیل آلیاژهای طلا به‌صورت سرد روی سطوح سرامیکی اجراشده‌اند (Hainbach, 1907: 703). در برخی از مواردی همچون سرامیک و شیشه، ثابت شدن ورق خالص طلا روی سطح، پس از چسباندن، همراه با یک عملیات حرارتی بوده است. این عملیات حرارتی می‌تواند نشانی از وجود طلای خالص بر روی سرامیک‌ها باشد.

بررسی دوره‌های مرمتی سفال مینایی در موزه‌ی متروپولیتن نشان می‌دهد، در

سفال‌های مینایی دوره‌ی اسلامی که دوره‌ی مرمت آن‌ها به اوایل قرن بیست میلادی برمی‌گردد نیز به‌جهت افزودن زیبایی و ارزش بیشتر به آثار مینایی، ورق طلا به‌صورت سرد روی بخش‌های مرمتی و یا اثر اصلی افزوده شده است؛ بنابراین در آثاری با زراندود سرد احتمال متأخر بودن و افزوده شدن ورق طلا در دوره‌ی معاصر نیز وجود دارد (De Lapérouse, 2007: 114-115).

پاچکو و همکارانش، به‌کارگیری عملیات حرارتی را برای تثبیت لایه‌ی طلا روی سفال‌های مینایی تأیید کردند. در نمونه‌های مذکور، یک ورق طلا با ضخامت کم ساخته شد و با روش XRD[۷] فازهای متوالی آن در حین حرارت ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰ و ۸۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد ثبت شد، سپس نمونه‌ی تاریخی در پخت متوالی قرار گرفت و فازهای شناسایی شده در نمونه‌ی تاریخی ثبت شد. نتایج، بیشترین میزان تغییر در نمونه‌ی تاریخی را در فاصله‌ی دمایی ۵۵۰-۷۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد نشان‌داد. درنهایت پاچکو و همکارانش به این نتیجه دست‌یافتند که اگر شیوه‌ی آماده‌سازی ورق طلا در نمونه‌ی تاریخی مشابه نمونه‌ی ساخته شده در آزمایشگاه (به شیوه‌ی سرد و چکش‌کاری) باشد، در این‌صورت چسباندن ورق طلا و تثبیت آن طی یک عملیات حرارتی دمای پایین (۵۰۰-۵۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد) انجام گرفته است (Pacheco et. al., 2007: 317-323).

اوزِته کورتینا و همکارانش، کاشی‌های زراندود دوره‌ی ایلخانی در تخت‌سلیمان را بررسی کرده و دریافتند؛ در این کاشی‌ها، زراندود به‌شیوه‌ی سرد انجام شده و ورق طلا با کمک چسبی آلی روی لایه‌ی میانی غنی از اکسید آهن چسبانده شده است (Os-ete-Cortina et. al., 2010: 321).

دومینیک-کاربو و همکارانش، لایه‌ی میانی چسباننده‌ی ورق طلا را روی کاشی‌های مسجدسلیمان با استفاده از روش دستگاهی طیف‌سنجی کروماتوگرافی جرمی[۸] بررسی کردند. این شیوه برای تعیین ترکیبات اُرگانیک در آثار تاریخی بسیار کاربرد دارد. آن‌ها نمونه‌های شاهدی از چسب‌های تخم‌مرغی، گیاهی (سریش، روغن بزرک، سَندروس)، سریشم و... ساختند و با پیرسازی آن‌ها نتایج را با چسب به‌کار رفته در زیر لایه‌ی طلا مقایسه کردند. ترکیبات چسب نمونه‌ی تاریخی، با روغن کمان شباهت زیادی داشت. نکته‌ی حائز اهمیت در این پژوهش این بود که در نمونه‌های تخت‌سلیمان از ورق طلای ضخیم[۹] استفاده شده بود و این لایه‌ی ضخیم طلا همچون لایه‌ای محافظ از اکسید شدن چسب پس از قرن‌ها جلوگیری کرده بود. حضور ترکیبات آلی، سبب شد که کاربو و همکارانش، استدلال کنند که در این نمونه‌ها، برای تثبیت ورق طلا روی سطح از شیوه‌ی سرد استفاده شده است (Domenech-Carbo at. al., 2010: 221)

افتخاری و میش‌مست، زراندود را روی کاشی‌های دوره‌ی تیموری در -مسجد فیروزشاهی مدرسه‌ی غیاثیه خرگرد- و -مقبره‌ی ابوبکر تایبادی- بررسی کردند. تصاویر SEM[۱۰] حرارت‌دیدن ورق طلا را روی سطح لعاب زمینه نشان‌داد. به‌منظور راستی‌آزمایی روش زراندود دوره‌ی تیموری، این پژوهشگران در صدد بازتولید نمونه‌ی زراندود در آزمایشگاه برآمدند. آن‌ها ورق نازک طلا را تهیه کرده و با استفاده از صمغ عربی روی سطح لعاب چسباندند، سپس در دماهای ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه حرارت دادند. نتایج به‌دست آمده در نمونه‌ای که در دمای ۵۰۰

درجه قرار گرفته بود از نظر ظاهری بسیار به زراندود نمونه‌های مطالعاتی نزدیک بود؛ بنابراین دمای تثبیت ورق طلا در نمونه‌ها حدود ۵۰۰ درجه تأیید شد (Eftekhari & Mishmast, 2014: 1-2).

اصلانی و میش‌مست، شیوه‌ی زراندود بقاع مذهبی ایران دوره‌ی صفوی را مورد پژوهش قرار دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌داد در کاشی‌های زراندود عموماً برای زراندود کردن لعاب‌های زمینه‌ی عسلی‌رنگ از شیوه‌ی لایه‌ی چینی با گِل سرخ در زراندود به شیوه‌ی سرد یا چسباندن لایه‌ی طلا روی سطح با استفاده از یک ماده‌ی آلی و تکنیك بازپخت استفاده می‌کردند (اصلانی و میش‌مست، ۱۳۸۹: ۱۲).

مشاهده می‌شود که پژوهشگران مذکور، با احتیاط در مورد تثبیت ورق طلا روی سطوح کاشی هفت‌رنگ و ظروف مینایی زراندود اظهار نظر کرده‌اند. آن‌چه مسلم است، این‌که هر دو روش سرد و گرم برای چسباندن ورق طلا استفاده شده و لایه‌ی چسباننده‌ی میانی براساس نتایج در تمام پژوهش‌ها، اُرگانیک بوده است.

روش تحقیق

روش تحقیق در این مقاله، تاریخی، توصیفی و تجربی است. مطالعات اولیه مبتنی‌بر پژوهش‌های انجام شده‌ی اخیر در دنیا برروی تکنیک زراندود خواهد بود و با مشاهدات دقیق سطح سفال‌های مینایی ادامه خواهد یافت. به‌منظور تکمیل نتایج مشاهدات، تصاویر میکروسکوپی و آنالیز عنصری لایه‌ی زراندود با استفاده از میکروسکوپ روبشی الکترون[۱۱] انجام خواهد شد. ضخامت ورق‌ها نیز با استفاده از Micro-RBS[۱۲] سنجیده خواهد شد. از میکروسکوپ روبشی پروتون[۱۳]، به‌عنوان روشی تکمیلی، برای دستیابی به توزیع عنصری در لعاب و بخش زراندود استفاده خواهد شد. درنهایت راستی‌آزمایی براساس منابع کهن مرتبط (*جواهرنامه* و *عرایس‌الجواهر*) صورت خواهد گرفت.

مطالعات انجام شده در این پژوهش برروی تعدادی سفال مینایی مکشوف از کاوش علمی از قلعه‌ی الموت و شهر ری که به‌لحاظ رنگ و تکنیک از تنوع قابل‌توجهی برخوردارند، با هدف شناخت تکنولوژی زراندود صورت‌گرفته است (جدول ۱).

این مطالعات با معاینه‌ی بصری و بررسی با لوپ دستی با بزرگ‌نمایی ۲۵۰X آغاز و با تجزیه‌وتحلیل ابزاری و دستگاهی ادامه یافت. بخشی از آنالیزهای عنصری کمّی و کیفی در بخش SEM مرکز پژوهش متالورژی رازی تهران و با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) به‌همراه دستگاه اسپکتروفوتومتر تفرق اشعه ایکس[۱۴] [۱۵](EDS)، انجام شده است. همچنین از باریکه‌ی پروتون با انرژی 2MeV و با شدتی در حدود PA 50 (پیکو آمپر) که توسط شتاب‌دهنده‌ی واندوگراف 3MV آزمایشگاه واندوگراف پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای تولید می‌شود، برای آنالیز Micro-RBS استفاده شده است. این روش آنالیز بر پایه‌ی آشکارسازی ذرات بارداری که به‌طور کشسان به‌وسیله‌ی هسته‌ی اتم‌های موجود در نمونه‌ی مورد آنالیز پراکنده می‌شوند، استوار است. در این روش باریکه‌ای از یون‌ها، با انرژی مشخص به نمونه‌ی مورد آنالیز برخورد کرده و در عمق نمونه حرکت می‌کنند؛ این یون‌های فرودی در اثر برخورد با اتم‌های نمونه‌ی هدف انرژی خود را در طول مسیر به‌تدریج از دست داده و پراکنده می‌شوند. یون‌های پراکنده شده در جهت عقب، توسط آشکارساز حساس به ذره که به آن «آشکارساز سد سطحی» گفته می‌شود، آشکار شده و از طیف به‌دست

آمده اطلاعات مفیدی در مورد ضخامت لایه‌ی زراندود و شناسایی ترکیبات آن به‌دست می‌آید.

برای شناخت پراکندگی عناصر لعاب و تزیینات زراندود، از باریکه‌ی[16] پروتون با انرژی MeV 2/2-2 و جریان باریکه‌ای در حدود PA 50-30 که توسط شتاب‌دهنده‌ی واندوگراف MeV 3 آزمایشگاه واندوگراف[17] سازمان انرژی اتمی ایران تولید می‌شود، استفاده شده است. قطر باریکه‌ی پروتون در این آزمایش در حدود ۱۰ میکرون است.

در این مقاله، سفال‌های مینایی از حوزه‌ی ری و الموت به‌گزینی شد. سفال‌های مینایی ری، در این پژوهش از موزه‌ی ملی ایران، بخش اسلامی تهیه شدند. مدیر پیشین پایگاه الموت، جدیدترین یافته‌ها در زمینه‌ی سرامیک مینایی را کاوش‌های اخیر قلعه‌ی الموت در قزوین می‌داند که هنوز مورد پژوهش و بررسی قرار نگرفته است (چوبک، ۱۳۹۲)، اما هنوز شواهدی ازجمله، کوره‌ی پخت سفال، ضایعات و مواد اولیه مبتنی‌بر تولید سفال مینایی در این دو حوزه به‌دست نیامده و عقیده بر این است که این سفال‌ها از مکانی دیگر به این مناطق صادر شده‌اند.

آن‌چه در این پژوهش به‌عنوان هدف مورد توجه قرار خواهد گرفت، شامل موارد ذیل است:

- شناخت نوع لایه‌ی زراندود از نظر میزان خلوص و عیار آن.
- شناخت لایه‌ی زراندود از منظر شیوه‌ی آماده‌سازی (پودر، ورق).
- ترتیب قرارگیری لایه‌ی زراندود روی سطح صاف و برجسته.

با توجه به موارد مطرح شده در اهداف پژوهش، مطالعات میکروسکوپی و تجزیه‌ی عنصری روی پنج نمونه‌ی سفال مینایی مکشوف از الموت، زیر نظر حمیده چوبک، با شناسه‌های (A2, A3, A5, A7, A8)، (جدول ۱) و سه نمونه‌ی یافت شده از ری، زیر نظر اشمیت[18]، با شناسه‌های (M11, M21, M111)، (جدول ۱) صورت‌گرفته است. مشخصات ظاهری نمونه‌های منتخب مینایی در جدول ۱ ارائه شده است.

نتایج و بحث

زراندود و زراندود کردن از دیدگاه متون تاریخی

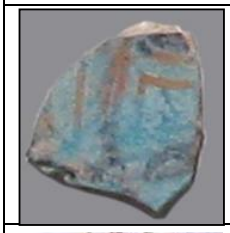
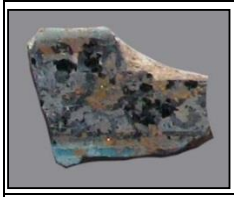
واژه‌ی «زراندود» در منابع کهن، «مطلا کردن» نام دارد. در بخش «کاشیگری» *رساله‌ی ابوالقاسم کاشانی*، راجع به مراحل زراندود کردن سفال چنین آمده است (۱۳۸۶: ۳۴۷):

الف: آماده‌سازی طلا: «... و اگر خواهند که آلات شفاف و مصمت[19] هر دو مطلا کنند، یک مثقال زر سرخ به بیست‌وچهار ورق بکوبند.»

ب. چسباندن ورق طلا روی سطح: «... و در میان کاغذی نهند به جص[20] مالیده و به مقراض[21] پاره‌پاره می‌برند و بوشق[22] محلول بر آلات به‌قلم می‌چفسانند و به پنبه‌ی هموار می‌کنند و سرخ قمصری با قدری آبگینه‌ی مسحوق[23] آمیخته تزویق[24] می‌کنند... .»

ج. تثبیت ورق طلا روی سطح: «و هر یک را در غلاف سفالین[25] در تنور طلی[26] نهند که برای این‌کار ساخته باشند و به آتشی نرم از بام تا زوال می‌پزند و دم‌به‌دم نمونه‌تجربه می‌کنند.»

تحلیل نگارندگان از *رساله کاشانی* این است که، طلا به‌صورت ورقه‌های نازک

شناسه	مکان کشف	مکان نگهداری	لعاب زمینه	رنگ لعاب نقاشی	نوع تزیینات	تصویر
A2	دژ الموت	سایت موزه الموت	فیروزه‌ای	سیاه	نقاشی، زراندود	
A3	دژ الموت	سایت موزه الموت	فیروزه‌ای	سفید، قرمز، سیاه، طلایی	قلم‌گیری، راندود	
A5	دژ الموت	سایت موزه دژ الموت	سفید	فیروزه‌ای، سیاه، طلایی	نقاشی، زراندود	
A7	دژ الموت	سایت موزه دژ الموت	سفید	آبی تیره، طلایی، قهوه‌ای	مینای زراندود	
A8	دژ الموت	سایت موزه دژ الموت	سفید	فیروزه‌ای، سیاه، طلایی	مینای زراندود	
M11	ری	موزه ملی ایران	شیری	لاجورد، فیروزه‌ای، قرمز، کرم، سیاه، طلایی	نقاشی، زراندود	
M21	ری	موزه ملی ایران	فیروزه‌ای	فیروزه‌ای، قرمز، طلایی	مینای زراندود	
M111	ری	موزه ملی ایران	آبی تیره	قرمز، طلایی	قلم‌گیری، راندود	

آماده‌شده و درمیان کاغذ آغشته به پودر گچ محافظت می‌شده است. در مرحله‌ی بعد با قیچی برش‌داده شده و با استفاده از سریشم، با کمک قلم روی لعاب چسبانیده می‌شده و با استفاده از سرخ قمصری (هماتیت) روی آن‌را قلم‌گیری می‌کردند. سپس اشیاء را درون ظروف سفالی دارای سرپوش قرار می‌دادند[۲۷]. پخت زراندود نیز به حرارت کم، اما مدت طولانی (نیمی از شبانه‌روز) نیاز داشته‌است (تصویر ۳۱).

جوهری نیشابوری، راجع به زراندود کردن چنین آورده‌است (۱۳۸۳: ۳۰۳): «زر را به‌غایت تنک[۲۸] کنند... و آن‌را بر صلایه[۲۹] مصول کنند[۳۰] و آب زیادتی را از آن باز استانند و خشک کنند، پس صمغ عربی صافی کرده به آن بیامیزند و با آن هرچه خواهند نویسند و چون خشک شود آن‌را به مهره‌ی جزع[۳۱]، مهره زنند براق و صافی شود.»

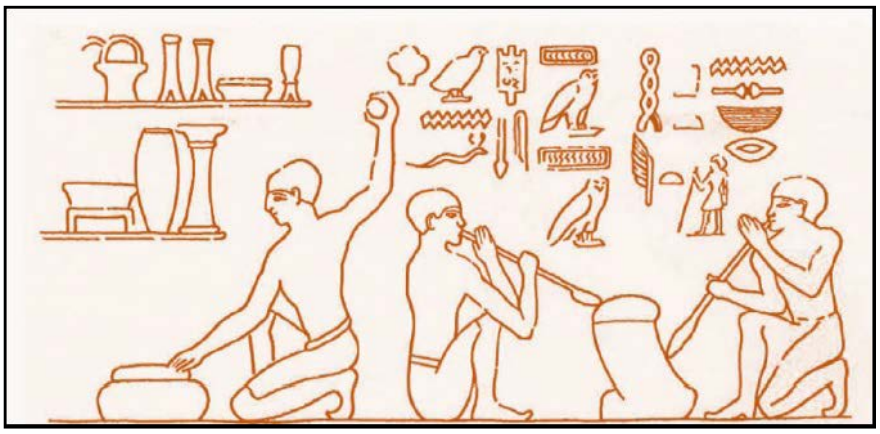
تحلیل نگارندگان از متن *جواهرنامه* چنین است که، طلا به‌صورت ورق آماده شده، سپس به‌صورت ساییده شده و پودر برای مصرف آماده‌سازی می‌شده است. نیشابوری توضیحی در مورد ماهیت سطحوی که با استفاده از پودر طلا روی آن نگارش یا نقاشی می‌شده، نداده است.

به‌منظور راستی‌آزمایی دو منبع کهن که هر دو در بازه‌ی زمانی رواج زراندود روی سفال مینایی نگاشته شده بودند، در ابتدا لازم بود که شیوه‌های متعدد آماده‌سازی طلا برای کاربرد روی سطح سرامیک تقسیم‌بندی شود که در ادامه به آن پرداخته می‌شود.

الف. ورق طلا با ضخامت زیاد[۳۲]: ورق طلا با ضخامت زیاد، به ورق ضخیم طلا که پس از عملیات چکش‌کاری، کوبیدن و نورد طلا یا آلیاژ طلا به‌دست می‌آید، گفته می‌شود. در تصویر۱ که در یکی از مقابر در «سقاره[۳۳]» مصر باستان به‌دست آمده مراحل ذوب و کوبیدن طلا[۳۴] مشاهده می‌شود (Darque-Cerett, Aucouturier, 2013: 542)

ب. ورق طلا با ضخامت متوسط[۳۵]: ورق طلا با ضخامت متوسط که به «فویل طلا» شهرت دارد، با تداوم کار چکش‌کاری یا نورد ورق ضخیم طلا به‌دست می‌آید. دوام آن به‌گونه‌ای است که زود از هم پاشیده نمی‌شود و به‌خوبی روی سطح متصل می‌شود. فویل طلا برای نخستین‌بار در آثار مصر باستان (۳۱۰۰-۲۴۰۰ ق.م.) یافت شد. ضخامت فویل طلا تقریباً بین ۱۰ تا ۲۰ میکرومتر[۳۶] است (Ibid: 542; Oddy, 1993: 172; Needham et. al., 2004: 693-94).

ج. ورق طلا با ضخامت کم[۳۷]: ورق نازک طلا که با کوبیدن بسیار زیاد فویل طلا به‌دست می‌آید، به‌دلیل کاهش ضخامت، برخلاف فویل طلا بسیار حساس بوده،



تصویر ۱. تصویری از مقبره‌ای در مصر باستان (۲۵۰۰ ق.م.) که ذوب و کوبیدن طلا را نشان می‌دهد (Darque-Cerett & Aucouturier, 2013: 542).

مقاومت زیادی بوده و زود متلاشی می‌شود. جاذبه‌ی الکترواستاتیک سبب می‌شود ورق‌های مجاور تمایل به چسبیدن به یکدیگر و حتی دیگر اجسام داشته باشند. ضخامت این ورق کمتر از ۱۰ میکرومتر داشته و ضخامت آن در برخی آثار تاریخی تا ۰/۱ میکرومتر هم مشاهده می‌شود (Darque-Cerett, Aucouturier, 2013: 542). ورق نازک طلا، معمولاً با کمک یک لایه‌ی میانی چسباننده برروی سطوح غیر فلزی (سرامیک، شیشه، گچ و...) تثبیت می‌شود. این لایه‌ی میانی می‌تواند شامل ماده‌ی معدنی یا ماده‌ی آلی باشد که به سه شیوه قابل اجرا است: در شیوه‌ی نخست، حضور یک گدازآور (فلاکس)، همچون اکسید سرب و یا قلیاها مشاهده می‌شود که دمای چسبیدن ورق روی سطح را تا ۷۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد کاهش می‌داده است. شیوه دوم، استفاده از یک ماده‌ی ارگانیک همچون: سریشم، صمغ، روغن کمان و یا روغن سیر، به‌عنوان ماده‌ی چسباننده‌است (Needham et. al., 2004: 693-94; Oddy, 1993: 172; Domenech-Carbo et. al., 2010: 221). روش سوم، استفاده از سطح میانی (احتمالاً گِل سرخ) روی زمینه‌ی لعاب است که پس از آن، ماده‌ای آلی برای چسبانیدن استفاده می‌شده‌است (Domenech-Carbo et. al., 2010: 221؛ اصلانی و میش‌مست، ۱۳۸۹: ۱۲).

پودر طلا[۳۸]

کاربرد پودر طلا به‌منظور بهبود کیفیت ظاهری سرامیک‌ها از دوران باستان رواج داشته است. از دیدگاه اُدی، این روش در برخی آثار سفالی هزاره‌ی پنجم دوره‌ی نوسنگی مکشوف از سایت «وارنا» در بلغارستان به‌دست آمده است. برای تزیین این سفال از پودر طلا استفاده شده و به‌نظر می‌رسد که پس از اجرا نیز صیقلی شده باشد. در یک روش مشابه در هزاره‌ی پنجم ق.م. در بین‌النهرین (در اور و تپه گوارا) نیز از طلا به‌صورت پودر در برخی سرامیک‌ها استفاده شده است (Oddy, 1993: 171).

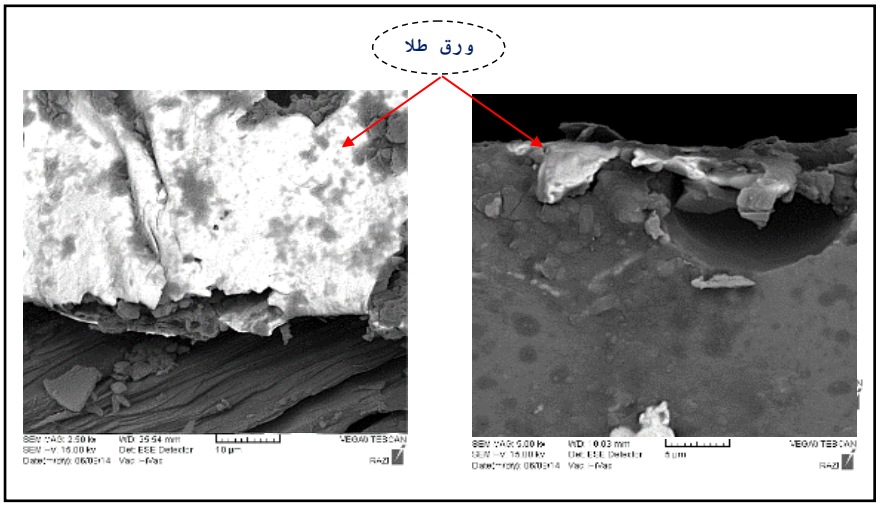
همان‌گونه که ذکر شد، در *جواهرنامه* نیز شیوه‌ی آماده‌سازی پودر طلا و مهره کردن آن روی سطح در ایران شرح داده شده است.

میش‌مست و هولاکویی، روی زراندود کاشی‌های دوره‌ی قاجار-امامزاده اسماعیل قزوین- مطالعاتی انجام داده و با روش‌های دستگاهی دریافتند که زراندود در این کاشی‌ها به‌روش پودر طلا روی لعاب زمینه، پیش از پخت اولیه انجام شده است (Mishmast & Holakooi, 2015: 2).

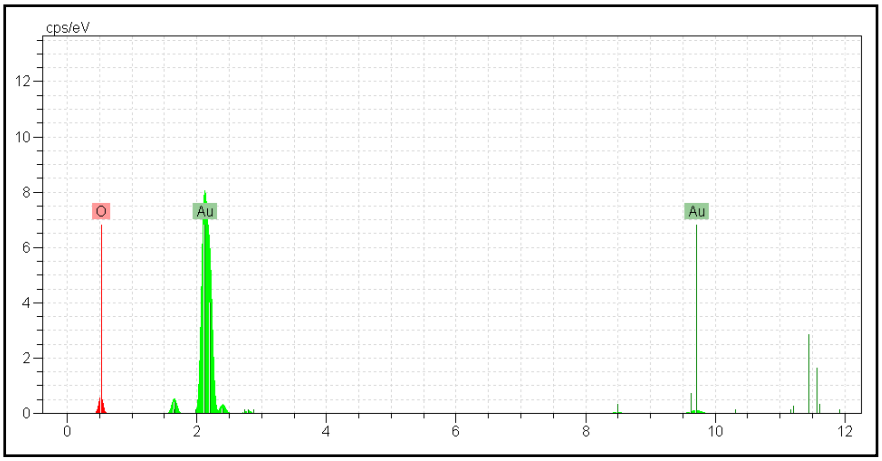
شناخت نوع لایه‌ی زراندود در سفال‌های مینایی مورد پژوهش

تصاویر SEM-EDX در قطعات مینایی ری و الموت که دارای سطحی زراندود شده هستند، حضور طلا را به‌صورت ورق نشان می‌دهد (تصویر ۲، نمودار ۱). در نمونه‌های فریر و متروپولیتن نیز نتایج مشابهی توسط پژوهشگران به‌دست آمده است و آن‌ها نیز کاربرد ورق طلا را تأیید می‌کنند (Koss et. al., 2009: 39; Keblow Bernsted, 2003: 4).

نتایج، همچنین کاربرد طلا را به‌شکل برش‌های مستطیل (الف)، (تصویر ۳)، مربع (تصویر سمت چپ)، (تصویر ۴) و سه‌گوش کوچکی از برگ طلا که گاهی براساس مکان قرارگیری، به‌صورت برش‌های متوالی کنار هم قرار گرفته‌اند، نشان می‌دهد



تصویر ۲. تصویر میکروسکوپی حضور ورق طلا در لایه‌ی زراندود لعاب مینایی؛ سمت راست: M21، سمت چپ: A5 (نگارندگان، ۱۳۹۵).◄



نمودار ۱. EDX لعاب مینایی M11 که حضور طلای خالص را در بخش زراندود نشان می‌دهد (نگارندگان، ۱۳۹۵).◄

(ب)، (تصویر ۳). در *عرایس الجواهر* نیز ذکر شده که ورق‌ها میان کاغذ قرار گرفته، با قیچی برش‌داده شده و روی سطح چسبانده می‌شده است (کاشانی، ۱۳۸۶: ۳۴۷).

قرارگیری لایه‌ی زراندود در سفال مینایی

همان‌گونه که در تصاویر ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، در سفال‌های مینایی مورد پژوهش، بخش زراندود در دو مکان متفاوت روی سطح اعمال شده است.

الف. در شیوه‌ی نخست، پس از چسبانیدن ورق طلا روی سطح لعاب، با رنگ قرمز یا سیاه روی آن قلم‌گیری شده است؛ بنابراین ورق طلای استفاده شده به‌عنوان آخرین لایه‌ی تزیین مینایی به‌شمار نمی‌رود. دو احتمال برای لایه‌ی زراندود وجود دارد. نخست این‌که لایه‌ی طلا هم‌زمان با مرحله‌ی نهایی و تکمیلی در کوره پخت شده است و دوم این‌که ابتدا ورق روی سطح چسبانده شده و در کوره حرارت دیده است، سپس روی آن قلم‌گیری شده و مرحله‌ی پایانی پخت انجام شده است (تصویر ۵).

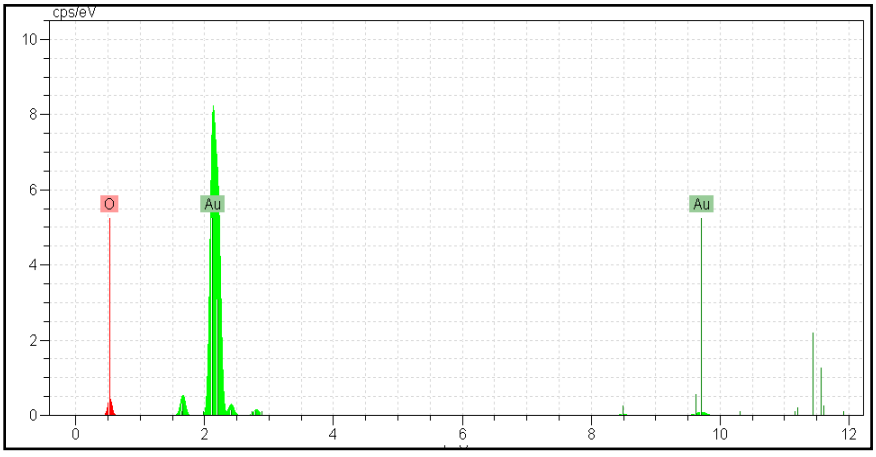
ب. در شیوه‌ی دوم، لایه‌ی طلا خارجی‌ترین لایه‌ی تزیین روی سطوح به‌شمار آمده و به‌صورت ورق طلا روی بخش لعاب نقاشی و قلم‌گیری چسبانده شده است (تصویر ۶).

تصاویر میکروسکوپی و نتایج آنالیز SEM به‌وضوح حضور طلا به‌صورت ورق را روی سطح لعاب‌ها نشان می‌دهد (تصویر ۷) که از ورق طلا استفاده شده است (نمودار ۲).

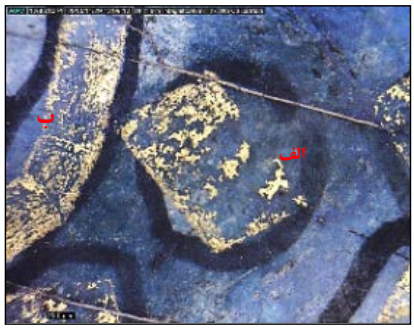
در نمودار ۳، طیف‌های Micro-RBS سه نمونه‌ی مختلف مینایی با یکدیگر مقایسه شده است. در این شکل مشخص است که پهنای قله مربوط به طلا که ضخامت را نشان می‌دهد، در هر سه نمونه متفاوت است. همچنین این شکل نشان می‌دهد، هرچه ضخامت لایه‌ی طلا بیشتر باشد ناخالصی ناشی از لایه‌ی سطحی تا عمق بیشتری در لعاب نفوذ می‌کند.

در این شکل لایه‌ی نازک طلا که برروی نمونه نشانده شده است، به‌شکل یک قله جدا دیده می‌شود. پهنای این قله همان‌طورکه در نمودار ۳ مشاهده می‌شود، متناسب با ضخامت لایه‌ی طلا است. با استفاده از برازش طیف تجربی و با استفاده از نرم‌افزار SIMNRA می‌توان ضخامت و ساختار لایه‌های مختلف در نمونه‌ها را مشخص کرد.

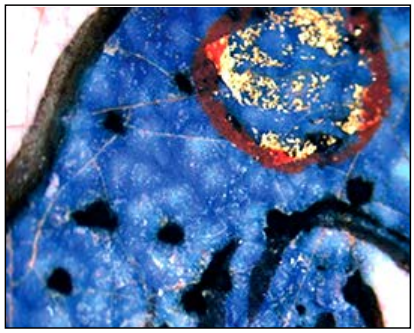
نتایج این محاسبات برای نمونه‌های A11, A8, A7 در نمودار ۳، ارائه شده است. ضخامت به‌دست آمده در نمودار ۳، بر حسب ضخامت لایه‌ی اتمی در واحد atom/cm2 1015 × ارایه شده است که با داشتن چگالی حجمی ترکیب لایه‌ها را می‌توان بر حسب نانومتر تبدیل کرد. نتایج این محاسبات برای نمونه‌ی A8 همان‌طورکه در نمودار ۳ ارائه شده است، نشان می‌دهد که لایه‌ی اول که مربوط به لایه‌ی طلا است، ضخامتی در حدود ۳۲۰ نانومتر (۰/۳۲ میکرومتر) دارد و طلا استفاده شده در این نمونه نیز خالص است. با توجه به ضخامت طلای به‌دست آمده و بررسی روش‌های مختلف ایجاد لایه‌ی طلا برروی اشیای باستانی، می‌توان به این نتیجه رسید که از روش مکانیکی طلاچسبان برای ایجاد لایه‌های طلا در این نمونه‌ها استفاده شده است. لایه‌ی دوم و سوم که مربوط به ناحیه‌ی مشترک لعاب و لایه‌ی طلاچسبان است، نشان می‌دهد که طلای استفاده شده حدود ۱/۵ میکرومتر در داخل لعاب نفوذ کرده است که علت این نفوذ را می‌توان به گرم کردن نمونه‌ها تا دمای نرم‌شدن لعاب زمینه برای چسبیدن طلا به لعاب، تشریح کرد. ناحیه‌ی مشترک لعاب و لایه‌ی طلاکاری شده نیز حدود ۰/۷ میکرومتر است. این نتایج، نشان می‌دهد که ضخامت طلا در نمونه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. براساس ضخامت‌های به‌دست آمده در تمام نمونه‌ها، ورق طلای مورد استفاده در نمونه‌های مورد پژوهش، در گروه ورق طلای نازک قرار می‌گیرند.



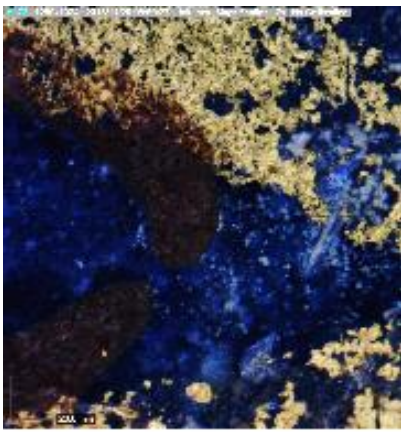
◄نمودار ۲. تجزیه عنصری طلا در نمونه‌ی M111 به‌روش EDX (نگارندگان، ۱۳۹۵).

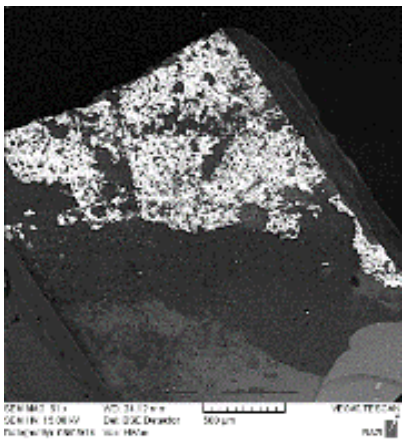


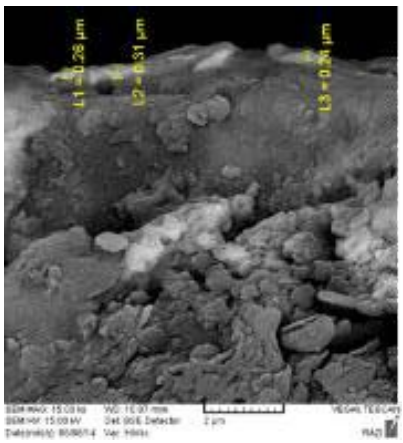
▲تصویر ۳. تصویر میکروسکوپ دیجیتال نمونه‌ی M11: (الف). برش مستطیل‌شکل ورق طلا روی قلم‌گیری سیاه. (ب): برش‌های متوالی ورق طلا برای قرارگیری روی سطح منحنی (نگارندگان، ۱۳۹۵).



▲تصویر ۴. تصویر میکروسکوپ دیجیتال نمونه‌ی M111: (الف): برش مربع‌شکل ورق طلا زیر قلم‌گیری قرمز (نگارندگان، ۱۳۹۵).

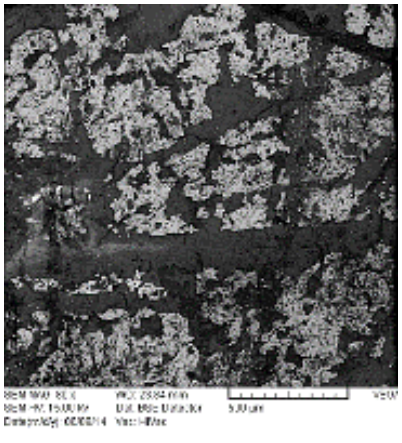


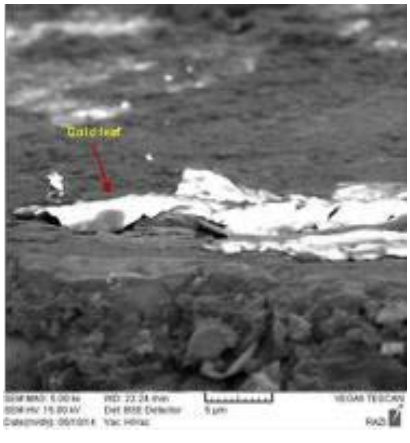




▲تصویر۵. سمت راست: سطح نمونه‌ی M21، ری، قرارگیری رنگ قرمز روی طلا مشاهده می‌شود. بخش میانی: تصویر اپتیکی میکروسکوپ الکترونی قرارگیری لایه‌ی طلا روی لعاب زمینه که ساییدگی و خراش سطحی را نشان می‌دهد. سمت چپ: تصویر EDX از سطح مقطع نمونه. در این تصویر بدنه، لعاب و طلا به‌صورت ورق روی سطح لعاب مشاهده می‌شود. ضخامت طلا به‌طور متوسط در این نمونه ۰/۲۷ میکرومتر مشخص شده است (نگارندگان، ۱۳۹۵).

در ادامه‌ی این پژوهش، برای بررسی لایه‌ی طلاچسبان و ناحیه‌ی فصل مشترک لعاب و لایه‌ی طلا از روش میکروپیکسی استفاده شده است. با استفاده از طیف میکروپیکسی و به‌دست آوردن توزیع عنصری، عناصر مختلف موجود در نمونه، منشاء گسیل هر یک از این عناصر کاملاً مشخص می‌شود. ابعاد ناحیه‌ی اسکن برای به‌دست آوردن توزیع عنصری در نمونه، در این آزمایشات ۲×۲ میلی‌متر است. در تصویر ۹، توزیع عنصری طلا و سیلیسیم موجود در نمونه‌ی A8 که با استفاده از این روش به‌دست آمده، نشان‌داده شده است. همان‌طورکه مشخص است، ناحیه‌ی طلا کاملاً در ناحیه‌ی مشخصی توزیع شده است و در جاهایی‌که وجود دارد، در آن نواحی میزان سیلیسیم آشکار شده از ترکیبات لعاب به‌شدت کاهش یافته است (جدول ۲). همان‌طورکه در این تصویر مشخص است، توزیع عنصری طلا با استفاده از دو روش، کاملاً مطابقت دارد. همچنین بررسی توزیع عنصری مربوط به ناحیه‌ی مشترک لعاب





▲تصویر۶. سمت راست: سطح نمونه‌ی M11، ری، قرارگیری طلا روی رنگ قرمز و سیاه مشاهده می‌شود. بخش میانی: تصویر اپتیکی میکروسکوپ الکترونی قرارگیری سطحی لایه‌ی طلا و ساییدگی و خراش سطحی را نشان می‌دهد. سمت چپ: کاربرد طلا به‌صورت ورق روی سطح لعاب مشاهده می‌شود (نگارندگان، ۱۳۹۵).

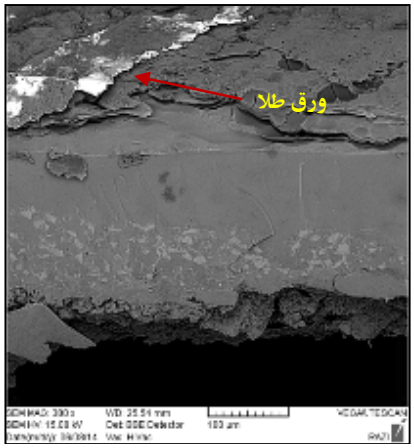
و لایه‌ی طلاکاری شده نشان می‌دهد، علاوه‌بر طلا، عناصر دیگری نیز در این ناحیه وجود دارند که منشاء این عناصر را می‌توان نفوذ چند میکرونی اشعه به لعاب زیر طلا دانست.

نتایج نشان می‌دهد که، در تمام نمونه‌های مورد پژوهش، ورق طلا بر رو یا زیر بخش قلم‌گیری قرمز یا سیاه وجود داشت. این بخش با روش میکروسکوپ روبشی

پروتون آنالیز شد. نتایج حضور اکسید آهن را به‌عنوان کانی اصلی رنگ‌زا در این قسمت نشان می‌دهد (تصویر ۱۰). کاشانی از این رنگ با نام «سرخ قمصری» یاد می‌کند که برای تزیین زراندود استفاده می‌شده است (۱۳۸۶: ۳۴۷). منشأ سرخ قمصری که کانی مخصوص تولید رنگ قرمز است، سنگ آهنی است که «هماتیت» نام دارد و معدن آن در روستای «قمصر» بوده است. این کانی امروزه نیز توسط سفالگران در سراسر دنیا برای تولید رنگ قرمز و قرمز-قهوه‌ای در لعاب استفاده می‌شود (Allan, 1973: 115).

همان‌گونه که در تصاویر ۵ و ۶ مشاهده می‌شود، ورق طلا، گاه در زیر بخش قلم‌گیری و گاهی در روی بخش قلم‌گیری اجرا شده است. قرارگیری طلا زیر بخش قلم‌گیری، می‌تواند نشانه‌ای از عملیات حرارتی تکمیلی روی طلا باشد؛ چراکه بخش قلم‌گیری برای تثبیت نیاز به پخت داشته است. این موضوع مطابق با *رساله‌ی کاشانی* است که اظهار می‌کند؛ پس از زراندود کردن با ورق طلا روی آن با سرخ قمصری تزیین شده و سپس در کوره پخت می‌شود (۱۳۸۶: ۳۴۷). اما این نکته دلیل منطقی برای ورقه‌ای طلا که سطحی‌ترین لایه را تشکیل می‌دهند و روی قلم‌گیری چسبانده شدند، نیست. در برخی نمونه‌هایی که ورق طلا سطحی‌ترین لایه است، وجود حباب‌های سوزنی و فرورفتگی‌های سطح طلا می‌تواند نشانی از یک عملیات حرارتی باشد که سبب شده طلا از نظر بصری جلوه‌ی ظاهری و یک‌دست خود را نداشته باشد (تصویر ۱۱). در این نمونه‌ها، طیف‌های بازسازی شده با روش RBS نیز نفوذ چند میکرونی ورق طلا را نشان داده و عملیات حرارتی بر این اساس نیز تأیید می‌شود.

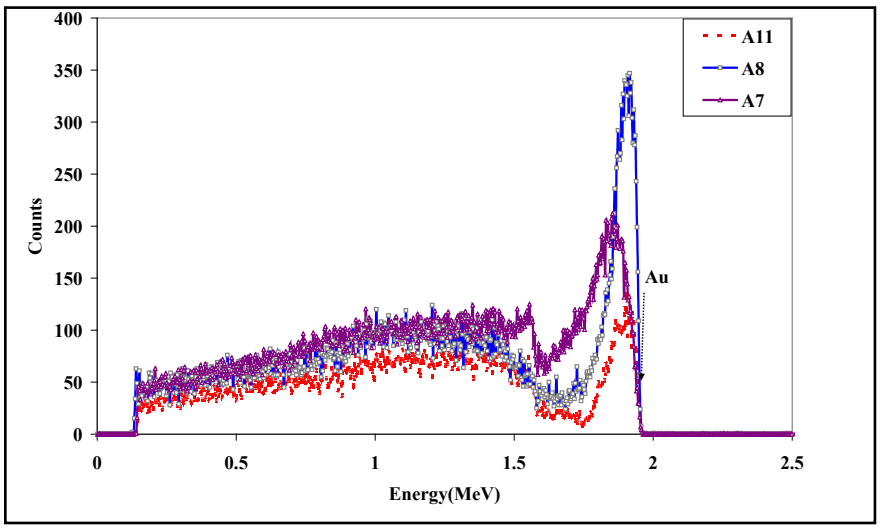
با استناد به پژوهش‌های پیشین محدوده‌ی حرارتی برای تثبیت ورق طلا در محدوده‌ی ۵۵۰-۷۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد گزارش شده است (Pacheco et. al., 2007: 317-323; Eftekhari & Mishmast, 2014: 1-2).



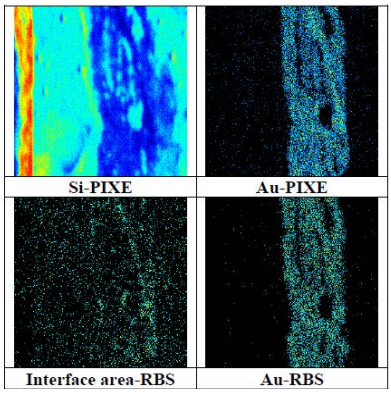
▲ تصویر ۷. سمت چپ: عکس میکروسکوپ الکترونی با بزرگ‌نمایی 500X از شیوه‌ی قرارگیری ورق طلا روی سطح لعاب (نگارندگان، ۱۳۹۵).

نتیجه‌گیری

از دستاوردهای مهم پژوهش حاضر، کاربرد شیوه‌ی یکسان زراندود در سفال مینایی الموت و ری است. لایه‌ی زراندود در دو حوزه‌ی مزبور به‌صورت ورق نازک و خالص طلا اجرا شده است. تقریباً در همه‌ی نمونه‌ها، دورگیری با رنگ قرمز-نارنجی و سیاه



▶ نمودار ۳. مقایسه‌ی طیف Micro-RBS به‌دست آمده از لایه‌ی طلاکاری سه نمونه سفال مینایی زراندود یافت‌شده از قلعه‌ی الموت (نگارندگان، ۱۳۹۵).



▲ تصویر ۹. توزیع عنصری طلا و سیلیسیم موجود در نمونه‌ی A8 با استفاده از روش Micro-PIXE و مقایسه‌ی آن با توزیع عنصری با روش Micro-RBS از لایه‌ی طلا و ناحیه‌ی مشترک لعاب و لایه‌ی طلا (نگارندگان، ۱۳۹۵).

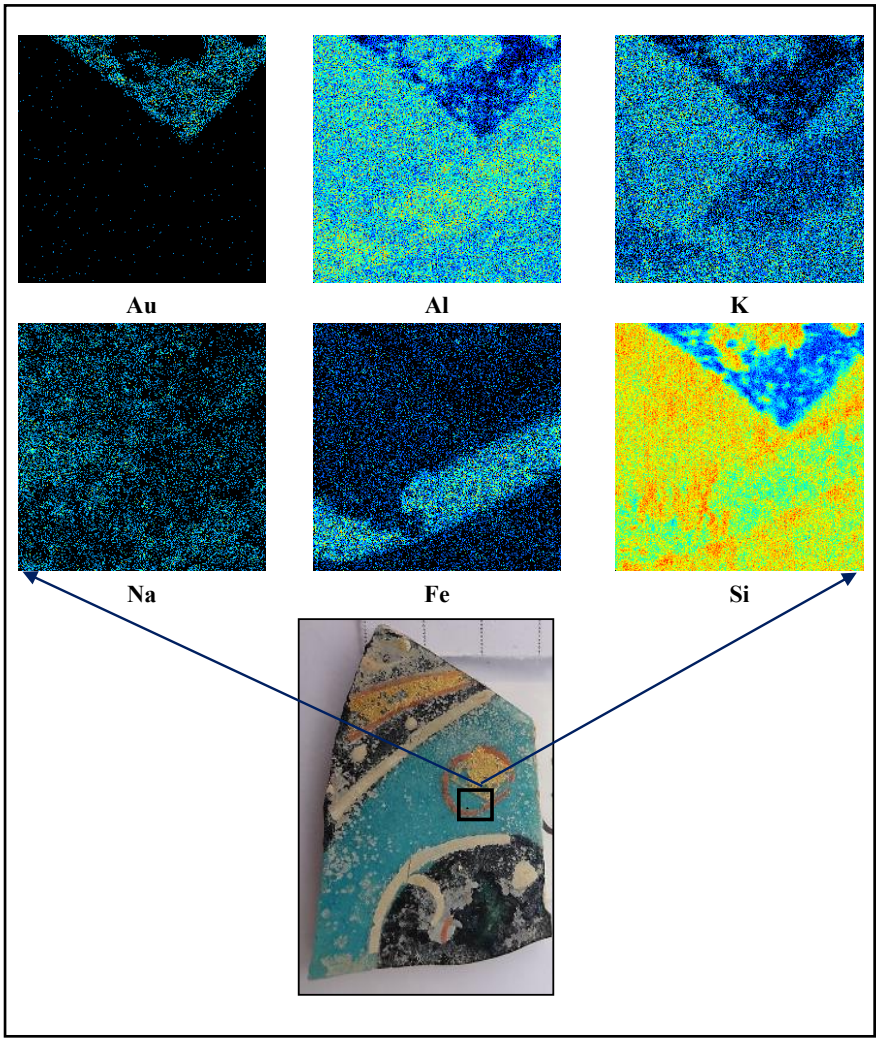
برروی ورق طلا و گاه زیر آن به‌کار رفته است.

کاشانی نیز از کاربرد ورق طلا برای زراندود نام‌برده است. وی، همچنین به‌کاربرد سریشم به‌عنوان لایه‌ی میانی چسباننده بین ورق طلا و لعاب اشاره کرده است. تثبیت نهایی زراندود نیز با حرارت‌کم، اما مدت طولانی در کوره و درون ظروف سفالین در بسته انجام می‌شده است. در این پژوهش، به‌دلیل نفوذ چند میکرونی لایه‌ی طلا درون لعاب، سوزنی شدن سطح طلا بر اثر حرارت و قرارگیری بخش قلم‌گیری روی لایه‌ی زراندود، تثبیت لایه‌ی طلا روی سطح، طی یک عملیات حرارتی برای پخت لایه‌ی زراندود تأیید شد.

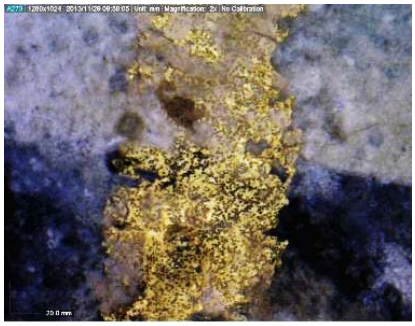
گرچه نتایج این پژوهش در زمینه‌ی سفال‌های مینایی مورد مطالعه، با مکتوبات جوهری نیشابوری (از نظر پودری بودن طلا) مطابق نبود، ولی در پیشینه‌ی پژوهش مشاهده شد که در کاشی‌های دوره‌ی قاجار در-امامزاده اسماعیل قزوین- از پودر طلا برای زراندود استفاده شده، همچنین در برخی منابع کهن نیز به‌کاربرد پودر طلا روی سفال اشاره شده است؛ بنابراین می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که صنعتگران دوره‌ی اسلامی از شیوه‌های متعددی برای زراندود کردن سفال و کاشی استفاده می‌کرده‌اند.

نمونه	ترتیب لایه	ضخامت لایه ($\times 10^{15}$ atom/cm^2)	Au
A8	لایه اول	۱۹۰۰	۱۰۰
	لایه دوم	۳۲۰۰	۱۶
	لایه سوم	۲۵۰۰	۱۰
	لایه چهارم	۱۳۰۰۰۰	۰

▲ جدول ۲. نتایج مربوط به ضخامت و ساختار لایه‌های مختلف نمونه‌ی A8 و A2 با استفاده از برازش طیف تجربی با استفاده از نرم‌افزار SIMNRA (نگارندگان، ۱۳۹۵).



تصویر ۱۰. نتایج توزیع عنصری عنصر طلا و اکسید آهن در نمونه‌ی A3 با استفاده از میکروسکوپ روبش پروتون (نگارندگان، ۱۳۹۵). ◄



▲ تصویر ۱۱. سوزنی شدن و ایجاد حفره‌های ریز در سطح لایه‌ی زراندود براثر حرارت ورق طلا (نگارندگان، ۱۳۹۵).

با توجه به تأیید عملیات حرارتی که سبب از بین رفتن بخش زیادی از لایه‌ی چسباننده‌ی آلی می‌شود و نبود برخی امکانات دستگاهی موجود در ایران، نوع ماده‌ی آلی در نمونه‌های مورد پژوهش قابل‌تشخیص نبود. پیشنهاد می‌شود، به‌عنوان مطالعات تکمیلی در پژوهش‌های آینده با نمونه‌سازی در آزمایشگاه، فرایند زراندود با ورق طلا همراه با چسب‌های متنوع اجرا شده و با منابع کهن قیاس شود تا بتوان به فرایند عملی و علمی فنون کهن دست‌یافت.

مطابق بودن نتایج حاصل از روش‌های نوین در این پژوهش با نوشته‌های کاشانی، حاکی از آن است که، رساله‌ی ارزشمند *عرایس‌الجواهر* و *نفایس‌الاطایب* در گسترش دانش امروزی از شناخت فنون کهن، سند معتبر و قابل استنادی به‌شمار می‌آید.

سپاسگزاری

- سپاس فراوان از پژوهشگران و باستان‌شناسان در پایگاه کاوش دژالموت، به‌ویژه خانم دکتر چوبک به‌خاطر در اختیار قراردادن سفال‌های مینایی مکشوف از دژالموت و اطلاعات مورد نیاز در این زمینه.

- سپاس فراوان از بخش اسلامی موزه‌ی ملی ایران، آقای ثانی، آقای شهیری و خانم خاموشی، به‌دلیل همکاری در تحویل سفال‌های مینایی ریِ موجود در مخزن موزه‌ی ملی ایران و اطلاعات مربوطه.

- سپاس فراوان از بخش حفاظت و مرمت موزه‌ی ملی ایران، خانم مهناز عبدالله‌خان گرجی و خانم مارال داداشی‌زاده، به‌دلیل همکاری صمیمانه در فراهم کردن فضای پژوهش در بخش حفاظت موزه‌ی ملی ایران.

- سپاس فراوان از همکاری صمیمانه و فراوان آزمایشگاه واندوگراف سازمان انرژی هسته‌ای ایران، آقای دکتر محمد لامعی‌رشتی، مهندس داوود آقاعلی‌گل، خانم مهندس پروین اولیایی و مهندس محمود مرادی.

پی‌نوشت

۱. در زبان فارسی، به انواع ورق طلا با ضخامت‌های گوناگون، ورق طلا گفته می‌شود (نگارنده).

2. Mina'i ware

۳. پاکباز، از نقاشان روی سفال مینایی با عنوان «سفالینه‌نگار» نام می‌برد (پاکباز، ۱۳۷۹: ۵۵). در این پژوهش نیز واژه‌ی «سفالینه‌نگار» جایگزین «نقاشان روی سفال مینایی» شده است (نگارنده).

4. Gilding
5. Cold gilding, Unfired gilding
6. Heated gilding, Fired gilding
7. X-Ray Diffraction
8. Pyrolysis–Gas Chromatography–Mass Spectrometry:

دستگاه GC-MS از دو قسمت GC (گاز کروماتوگرافی) و MS (طیف سنجی جرمی) تشکیل شده است. در این دستگاه GC و Mass از هم جدا نیستند و وارد کردن نمونه به دستگاه Mass از طریق GC است؛ بنابراین در این دستگاه، فقط از نمونه‌هایی می‌توان طیف جرمی تهیه کرد که بتوان به آن‌ها GC تزریق نمود. بنابراین، به‌طور عمده این دستگاه برای شناسایی و تعیین مقدار موادی است که حالت قرار دارند (مانند اسانس‌های گیاهی که نقطه‌ی جوش پایینی دارند) و یا به‌واسطه‌ی ترکیب با برخی واکنش‌گرها و یا حلال‌های خاص، امکان فرار بودن را می‌یابند.

9. Gold Sheet

۱۰. مدل VEGA II، ساخت شرکت TESCAN.

11. SEM: Scanning Electron Microscopy
12. Rutherford Backscattering Spectrometry combined with He+ Microbeam
13. Micro-PIXE : Micron-Proton Induced X-ray Emission

14. Energy-dispersive X-ray spectroscopy

۱۵. مدل RONTEC ساخت آلمان.

16. Beam

17. Van de Graff

۱۸. Erich Schmidth: باستان‌شناس، نخستین کاوش‌های علمی در ری توسط اشمیت در بین سال‌های ۳۶-۱۹۳۴ انجام شد.

۱۹. دارای لعاب اپک (Opac)

۲۰. گچ

۲۱. قیچی

۲۲. سریشم

۲۳. ساییده شده

۲۴. آراستن

۲۵. جهت طلاکاری (زراندود، زرنشان)، ظروف سفالی را در جعبه‌های گِلی قرار می‌دادند تا از حرارت مستقیم کوره محفوظ باشد، امروزه این جعبه‌های گِلی به «کاست» (Caset) معروفند (کامبخش‌فرد، ۱۳۸۹: ۴۶۶). نیشابوری، این جعبه‌ها با کاربری مشابه را «غلاف سفالین» می‌نامد که دارای سرپوشی سفالی بوده و به‌منظور قراردادن در کوره با آتش نرم، سرپوش‌ها را با گِل محکم می‌کرده‌اند (جوهری‌نیشابوری، ۱۳۸۳: ۳۶۲).

۲۶. زر، طلا.

۲۷. این‌کار احتمالاً به‌دلایل زیر انجام شده است؛ الف. از رسیدن حرارت مستقیم به سطح ورق طلا جلوگیری شود و تمام سطوح در معرض حرارت‌دهی یکسان قرار گیرد. ب. سطح شئ دودزده نشود. ج. حرارت مستقیم سبب جداشدن ناگهانی ورق طلا از سطح نشود.

۲۸. نازک.

۲۹. از طریق صلایه‌ی کردن اندازه‌ی ذره‌ای مواد کاهش یافته و مواد با هم مخلوط می‌شوند. برروی سنگ یا هاون کوبیدن.

۳۰. با افزودن آب بسایند.

۳۱. عقیق یمانی.

32. Gold Sheet

۳۳. سقاره، محوطه‌ی بسیار بزرگ و باستانی است که در ۳۰ کیلومتری جنوب قاهره قرار گرفته است. این مکان دربرگیرنده هرم‌ها و مصطبه‌های بسیاری است (Murray, 1905: 1; Giulio, 2010: 634).

۳۴. به‌نقل از جوهری نیشابوری؛ نازک کردن طلا به‌صورت ورق در دوره‌ی خوارزمشاهی «تنک کردن زر» نامیده شده و به‌فردی که کوبیدن طلا برای درست کردن ورق را به عهده داشته است، زرکوب می‌گفتند (نیشابوری، ۱۳۸۳: ۳۰۳).

35. Gold Foil

۳۶. میکرون یا میکرومتر برابر با یک میلیونیوم متر است.

37. Gold Leaf

38. Gold dust

کتابنامه

- اصلانی، حسام و میش‌مست، مسلم، ۱۳۸۹، «بررسی کاشی‌های زراندود بقاع مذهبی اصفهان»، *دو فصلنامه‌ی تخصصی دانش مرمت و میراث‌فرهنگی*، سال پنجم، شماره‌ی ۵، زمستان۸۸ و بهار ۸۹، صص: ۶-۱۲.
- بهرامی، محمدمهدی، ۱۳۲۸، *صنایع ایران، ظروف سفالین*، دانشگاه تهران.
- پاکباز، رویین، ۱۳۷۹، *نقاشی ایران از دیرباز تاکنون*، تهران: نشر نارستان.
- پوپ، آرتور اپهام، ۱۳۸۷، *سیری در هنر ایران*، جلد چهارم، ترجمه‌ی فاطمه کریمی، تهران: علمی و فرهنگی.
- پوپ، آرتور اپهام، ۱۳۸۷، *سیری در هنر ایران*، جلد نهم و دهم، ترجمه‌ی فاطمه کریمی، تهران: علمی و فرهنگی.
- جوهری‌نیشابوری، محمدبن ابی البرکات، ۱۳۸۳، *جواهرنامه‌ی نظامی*، به‌کوشش: ایرج افشار، انتشارات میراث مکتوب، تهران.
- کاشانی، ابوالقاسم عبدالله، ۱۳۸۶، *عرایس الجواهر و نفایس الاطایب*، به‌کوشش: ایرج افشار، تهران: انتشارات انجمن آثار ملی.

- Aga-Oglu, M., 1946, *The Origin of the Term Mīnā & Its Meanings, Journal of Near Eastern Studies,* Vol. 5, No. 4, University of Chicago Press.

– Allan, James. W. 1973, "Abu'l-Qasim's Treatise on Ceramics", *Iran* 11, Pp.111-20

– Craddock, P., 1977, "The composition of the copper alloys used by the Greek, Etruscan & Roman civilizations". The Archaic, Classical & Hellenistic Greeks, *Journal of Archaeological, Science,* 4(2), Pp.103–123.

– Cretu, C, Van Der Lingen, E. 1999, "Colored Gold Alloys", *Gold Bulletin*, V. 32, N. 4, Pp 115-126

– Darque-Cerett, Evelyne, Aucouturier, Marc. 2013, "A brief history of the artisanal technical know-how gilding for matter decoration & sublimation international", *Journal of conservation Science,* Volume 4, Special issue, 647-660

– Darque-Ceretti, E, Felder, Eric, Aucouturier, Marc; Revista Matéria. 2011, *Foil & leaf gilding on cultural artifacts; Forming & Adhesion, Revista Matéria,* V.16, N. 1 Pp. 540 – 559

– De Lapérouse, Jean-Francois. 2007, "Re-examination & Treatment of Mina'i Ceramics", *ICOM*: Pp. 112-119

– Domenech-Carbo, Maria Teresa, Laura Osete-Cortina, Juana De La Cruz Canizares, Hossein Ahmadi & Helena. 2010, *In Situ Thermally assisted Pyrolysis-Silylation GCMS as tool for identifying organic compounds present in Archaeological object, sarche,* Publicacion Del Instituto Universitario De Restauracion Del Patrimonio De La Upv - Nums. 4 Y 5.

– Eftekhari. N, M. Mishmast nehi, 2014, "Gilding technology on haft rang tiles from three Timurid monuments(15th century A.D.) in eastern Iran: an assessment for re-production", *VIII Congresso Nazionale di Archeometria Scienze e Beni Culturali: stato dell'arte e prospettive, Bologna* 5 - 7 Febbraio .

– Giulio, M., 2010, "Geometry & Perspective in the Landscape of the Saqqara Pyramids, Mathematics & Art", Faculty of mechanical engineering, *9th International Conference, Slovak University of Technology in Bratislava,* Pp 633-644

– Grube, J. E., 1976, *Islamic Pottery: Of the Eighth to the Fifteenth Century in the Keir Collection,* London, Faber & Faber

– Hainbach, R., 1907, *Pottery Decorating A Description of the Principal Processes for Decorating Pottery & Porcelain,* Published by Scott Greenwood, London : Scott, Greenwood & son.

– Hirx, J, M. Leona, & Meyers, P., 2002, "The glazed press-molded tiles of Takht-i Sulaimon", *In The legacy of Genghis Khan: Courtly art & culture in Western Asia,* 1256-1353, ed. L.

– Keblow Bernsted, Anne Marie. 2003, *Early Islamic pottery materials & techniques,* Archetype Publication

– Koss, E. S. Chase, McCarthy, K, D. Smith, 2009, *Analysis of Persian painted mina'i ware in Scientific Research on Historic Asian Ceramics,* Scientific Research On Historic Asian Ceramics, Washington D.C

– Masuya, T. 2002, "Ilkhanid courtly life. In The legacy of Genghis Khan: Courtly art & culture in Western Asia", 1256-1353, ed. L. Komaroff & S. Carboni, 74-103. New York: *Metropolitan Museum of Art;* New Haven & London: Yale University Press.

- MishMast Nehi. M, Chaman. HR, Mortazavi. M. 2012, "Scanning electron microscopy & optical microscopic study of gilded tiles from Darb-i Imam Tomb in Isfahan, Iran", In: *Meek A, Meeks N, Mongiatti A, Cartwright C, editors. Historical Technology, Materials & Conservation: SEM & Microanalysis,* London: Archetype Publications; p. 179.

- Murray, Margaret A. 1905, *Saqqara Mastabas,* PART I, LONDON, Bernard Quaritch, 15

- Needham, Joseph. Rose Kerr, Nigel, Wood. 2004, *Science & Civilisation in China:* Volume 5, Chemistry & Chemical Technology, Part 12, Ceramic Technology, Cambridge University Press

- Oddy, W. A. 1993, "Gilding of metals in the old world", In: *Metal Plating & Patination,* (Editors: S. La Niece & P. Craddock), Butterworth, London, pp. 171–181.

- Osete-Cortina, Laura, Domenech-Carbo, M.T, Domenech, A, Yusa-Marco, D.J, Ahmadi, H. 2010, "Multimethod analysis of Iranian Ilkhanate ceramics from the Takht-e Soleyman palace," *Anal Bioanal Chem*, 319-329.

- Pacheco. C, Chapoulie. R, et al. 2007, *Gold leaf decoration on medieval Islamic glazed ceramics–in search of technological features with XRD,* Z. Kristallogr.Suppl. 26