

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 لامعی رشتی^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 به دلیل 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 در نهایت تنوع اجرای زراندود را روی مواد گوناگون و دوران گوناگون قابل تحلیل می‌سازد. با توجه به این که شناخت بهتر فنون کهن، علاوه بر 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 اپتیکی، میکروسکوپ الکترونی و میکروسکوپ روبشی پرتون مطالعه شد. دستاوردهای پژوهش در انتها با مکتوبات *عرایس الجواهر و جواهرنامه نظامی* مقایسه شدند. نتایج نشان می‌دهد روش زراندود کردن سفال مینایی با شیوه‌ی مکتوب در *عرایس الجواهر* 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، عرایس الجواهر و نقایس الاطایب، جواهرنامه.

* 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 داشته است (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 تزئین سفال با ورق طلا و همچنین تکامل این تکنیک در محدوده‌ی جغرافیایی زمانی و مکانی خاص، کاملاً شناخته شده است. به نظر می‌رسد کاربرد این نوع تزئین در نیمه‌ی قرن ۵ هـ.ق. به‌طور گسترده در سفال‌های مینایی ایران آغاز شده است و پس از آن، یکی از تزئینات کاشی‌کاری در بناهای ایران در دوره‌ی ایلخانی (تخت سلیمان)، 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 بوده است (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 تنظیم شده 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 برده شده، پژوهشگران زیادی در آثارشان روی ضخامت ورق طلا در آثار باستانی تمرکز کرده‌اند و در مورد تمیز دادن انواع ورق‌های طلا براساس میزان ضخامت، به نتایج سودمندی دست یافته‌اند. به این صورت که برای هرکدام از ورق‌ها با توجه به ضخامت، نام و ویژگی خاصی در نظر گرفته شده است^۱. تعداد زیادی از پژوهشگران از نظر معیار تقسیم‌بندی انواع ورق طلا براساس ضخامت متفاوت با یکدیگر اتفاق نظر دارند (Oddy, 1993: 172; Craddock, 1977: 103-104; Needham et. al., 2004: 693-94; Darque-Ceretti, 2011: 540-541; Aucouturier, 2013: 648; Mishmašt, 2014: 1-4). 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 داشته است.

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 زنجیره‌ای است، قابل استنادترین روش برای دستیابی به فنون کهن، آثار یافت شده از کاوش‌ها، به‌کارگیری علوم و فن‌آوری نوین و راستی‌آزمایی آن با مطالعه‌ی دستورات عمل‌های احتمالی ارائه 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 به شناخت بیشتر فن زراندود روی سفال مینایی در دوره‌ی میانی اسلامی در ایران دست یابد. هدف از بررسی و مطالعه این نمونه‌ها، شناخت ماهیت لایه‌ی زراندود، ضخامت لایه‌ها و میزان خلوص آن و همچنین روش‌های نشاندن لایه‌ی زراندود بر روی سطوح این نمونه‌ها است.

پیشینه‌ی پژوهش

سرامیک مینایی^۲ به گروهی از سرامیک‌های خاص و تجملی دوره‌ی اسلامی با نقاشی رولعابی^۳ (نقاشی روی لعاب سفید یا فیروزه‌ای) اطلاق می‌شود که در مدت کوتاهی در دوران میانی اسلام (قرن ششم و هفتم هجری) به طور گسترده در ایران و به ندرت در دیگر کشورها، من جمله سوریه و ترکیه رواج داشته است. این گونه سفال، در بسیاری موارد، شامل کتیبه‌هایی بر روی سطوح داخلی و یا خارجی است (Oglu, 1946: 241; Smith, 2001: 9; Keblow Bernsted, 2003: 44). پژوهشگران استدلال می‌کنند که سبک و تصاویر، منعکس کننده‌ی هنر نگارگری، ادبیات و الهام گرفته از نسخ خطی اسلامی و حتی نقاشی دیواری آن دوره نیز هست که اینک شواهد زیادی از آن در اختیار نیست (Grube, 1976: 195؛ پاکباز، ۱۳۷۹: ۵۵).

به عقیده‌ی برن استد، این شیوه که دارای کیفیت بسیار مطلوب تزئینی است، به سرامیک جدار نازک و شکننده معروف بوده است. روی این گونه سرامیک با لعاب سرب و قلع پوشانده می‌شده که زمینه‌ی آن گاهی اوقات با نمک‌های مس به رنگ فیروزه‌ای درمی‌آمده است (Keblow Bernsted, 2003: 49). خطوط حاشیه نیز با رنگ سیاه و قرمز کار می‌شده که با دیگر رنگ‌های رولعابی از جمله: 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 تخت سلیمان است (پوپ، ۱۳۸۷، ۱۷۹۸؛ Hirx et al. 2002: 245; Masuya, 2002: 176). جدیدترین کاوش‌های سال‌های اخیر در دژ الموت 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 می‌شده است. 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 به صورت پودر یا ورق طلا بوده است. هاین باخ عقیده دارد، در صورتی که در فن زراندود، از آلیاژ طلا به صورت ورق استفاده شده باشد، به دلیل اکسید شدن فلز افزوده شده به طلا در اثر حرارت، تغییر رنگ نامطلوبی در جلای فلزی ایجاد شده و به همین دلیل آلیاژهای طلا به صورت سرد روی سطوح سرامیکی اجرا شده‌اند (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 به جهت افزودن زیبایی و ارزش بیشتر به آثار مینایی، ورق طلا به صورت 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 نشان داد. در نهایت پاچکو و همکارانش به این نتیجه دست یافتند که اگر شیوه‌ی آماده‌سازی ورق طلا در نمونه‌ی تاریخی مشابه نمونه‌ی ساخته شده در آزمایشگاه (به شیوه‌ی سرد و چکش‌کاری) باشد، در این صورت چسباندن ورق طلا و تثبیت آن طی یک عملیات حرارتی دمایی پایین (۵۰۰-۵۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد) انجام گرفته است (Pacheco et. al., 2007: 317-323).

اوزته کورتینا و همکارانش، کاشی‌های زراندود دوره‌ی ایلخانی در تخت سلیمان را بررسی کرده و دریافته‌اند؛ در این کاشی‌ها، زراندود به شیوه‌ی 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 چسبانده‌ی ورق طلا را روی کاشی‌های مسجد سلیمان با استفاده از روش دستگاهی طیف‌سنجی کروماتوگرافی جرمی^۸ بررسی کردند. این شیوه برای تعیین ترکیبات آرگانیک در آثار تاریخی بسیار کاربرد دارد. آن‌ها نمونه‌های شاهدی از چسب‌های تخم‌مرغی، گیاهی (سریش، روغن بزرک، سندروس)، 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 تخت سلیمان 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 گیائیه خرگرد- و -مقبره‌ی ابوبکر تایبادی- بررسی کردند. تصاویر SEM^{۱۰} حرارت دیدن ورق طلا را روی سطح لعاب زمینه نشان داد. به منظور 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 به مدت ۲۰ دقیقه حرارت دادند. نتایج به دست 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 نشان داد 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 تکنیک 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 مینایی براساس نتایج در تمام پژوهش‌ها، آرگانیک بوده است.

روش تحقیق

روش تحقیق در این مقاله، تاریخی، توصیفی و تجربی است. مطالعات اولیه مبتنی بر پژوهش‌های انجام شده‌ی اخیر در دنیا بر روی تکنیک زراندود خواهد بود و با مشاهدات دقیق سطح سفال‌های مینایی ادامه خواهد یافت. به منظور 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}، به عنوان روشی تکمیلی، برای دستیابی به توزیع عنصری در لعاب و بخش زراندود استفاده خواهد شد. در نهایت راستی‌آزمایی براساس منابع کهن مرتبط (جوهرنامه و عرایس/الجواهر) صورت خواهد گرفت.

مطالعات انجام شده در این پژوهش بر روی تعدادی سفال مینایی مکشوف از کاوش علمی از قلعه‌ی الموت و شهرری که به لحاظ رنگ و تکنیک از تنوع قابل توجهی برخوردارند، با هدف شناخت تکنولوژی زراندود صورت گرفته است (جدول ۱).

این مطالعات با معاینه‌ی بصری و بررسی با لوپ دستی با بزرگ‌نمایی ۲۵× آغاز و با تجزیه و تحلیل ابزاری و دستگاهی ادامه یافت. بخشی از آنالیزهای عنصری کمی و کیفی در بخش SEM مرکز پژوهش متالورژی رازی تهران و با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) به همراه دستگاه اسپکتروفوتومتر تفرق اشعه ایکس^{۱۴} (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 Mi-cro-RBS استفاده شده است. این روش آنالیز بر پایه‌ی آشکارسازی ذرات بارداری که به طور کثیف به وسیله‌ی هسته‌ی اتم‌های موجود در نمونه‌ی مورد آنالیز پراکنده می‌شوند، استوار است. در این روش باریکه‌ی ای 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 به تدریج 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 به دست

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

برای شناخت پراکندگی عناصر لعاب و تزئینات زراندود، از باریکه‌ی^{۱۶} پروتون با انرژی 2/2-2 MeV و جریان باریکه‌ای در حدود PA 50-30 که توسط شتاب‌دهنده‌ی واندوگراف 3 MeV آزمایشگاه واندوگراف^{۱۷} 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 از جمله، کوره‌ی پخت سفال، ضایعات و مواد اولیه مبتنی بر تولید سفال مینایی در این دو حوزه به دست نیامده و عقیده بر این است که این سفال‌ها از مکانی دیگر به این مناطق صادر شده‌اند. آن‌چه در این پژوهش به عنوان 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^{۱۸}، با شناسه‌های (M11, M21, M111)، (جدول ۱) صورت گرفته 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^{۱۹} هر دو مطلا کنند، یک مثقال زر سرخ به بیست و چهار ورق بکوبند.»

ب. چسباندن ورق طلا روی سطح: «... و در میان کاغذی نهند به جس^{۲۰} مالیده و به مقرض^{۲۱} پاره‌پاره می‌برند و بوشق^{۲۲} محلول بر آلات به قلم می‌چسبانند و به پنبه‌ی هموار می‌کنند و سرخ قمصری با قدری آبگینه‌ی مسحوق^{۲۳} آمیخته تزویق^{۲۴} می‌کنند...»

ج. تثبیت ورق طلا روی سطح: «و هریک را در غلاف سفالین^{۲۵} در تنور طلی^{۲۶} نهند که برای این کار ساخته باشند و به آتشی نرم از بام تا زوال می‌پزند و دم‌به‌دم نمونه تجربه می‌کنند.»

تحلیل نگارندگان از رساله کاشانی این است که، طلا به صورت 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	

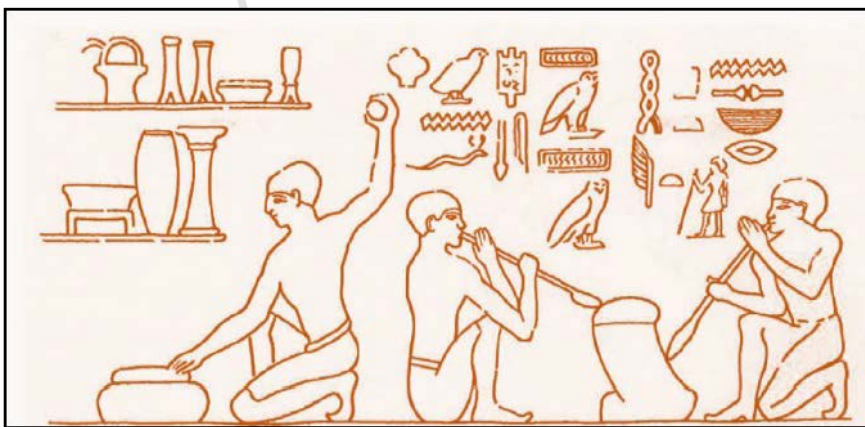
آماده شده و درمیان کاغذ آغشته به پودر گچ محافظت می شده است. در مرحله ی بعد با قیچی برش داده شده و با استفاده از سریشم، با کمک قلم روی لعاب چسبانیده می شده و با استفاده از سرخ قمصری (هماتیت) روی آن را قلم گیری می کردند. سپس اشیاء را درون ظروف سفالی دارای سرپوش قرار می دادند^{۳۷}. پخت زراندود نیز به حرارت کم، اما مدت طولانی (نیمی از شبانه روز) نیاز داشته است (تصویر ۳۱).

جوهری نیشابوری، راجع به زراندود کردن چنین آورده است (۱۳۸۳: ۳۰۳): «زررا به غایت تنک^{۳۸} کنند... و آن را بر صلیه^{۳۹} مصول کنند^{۴۰} 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 آن را به مهره ی جزع^{۴۱}، مهره زند براق و صافی شود.» تحلیل نگارندگان از متن *جوهرنامه* چنین است که، طلا به صورت ورق آماده شده، سپس به صورت ساییده شده و پودر برای مصرف آماده سازی می شده است. نیشابوری توضیحی در مورد ماهیت سطحی که با استفاده از پودر طلا روی آن نگارش یا نقاشی می شده، نداده است.

به منظور راستی آزمایی دو منبع کهن که هر دو در بازه ی زمانی رواج زراندود روی سفال مینایی نگاشته شده بودند، در ابتدا لازم بود که شیوه های متعدد آماده سازی طلا برای کاربرد روی سطح سرامیک تقسیم بندی شود که در ادامه به آن پرداخته می شود.

الف. ورق طلا با ضخامت زیاد^{۴۲}: ورق طلا با ضخامت زیاد، به ورق ضخیم طلا که پس از عملیات چکش کاری، کوبیدن و نورد طلا یا آلیاژ طلا به دست می آید، گفته می شود. در تصویر ۱ که در یکی از مقابر در «سقاره^{۴۳}» مصر باستان به دست آمده مراحل ذوب و کوبیدن طلا^{۴۴} مشاهده می شود (Darque-Cerett, Aucouturier, 2013: 542).
ب. ورق طلا با ضخامت متوسط^{۴۵}: ورق طلا با ضخامت متوسط که به «فویل طلا» شهرت دارد، با تداوم کار چکش کاری یا نورد ورق ضخیم طلا به دست می آید. دوام آن به گونه ای است که زود از هم پاشیده نمی شود و به خوبی روی سطح متصل می شود. فویل طلا برای نخستین بار در آثار مصر باستان (۳۱۰۰-۲۴۰۰ ق. م.) یافت شد. ضخامت فویل طلا تقریباً بین ۱۰ تا ۲۰ میکرومتر^{۴۶} است (Ibid: 542; Oddy, 1993: 693-94; Needham et. al., 2004: 172).

ج. ورق طلا با ضخامت کم^{۴۷}: ورق نازک طلا که با کوبیدن بسیار زیاد فویل طلا به دست می آید، به دلیل کاهش ضخامت، برخلاف فویل طلا بسیار حساس بوده،



تصویر ۱. تصویری از مقبره ای در مصر باستان (۲۵۰۰ ق. م.) که ذوب و کوبیدن طلا را نشان می دهد (Darque-Cerett & Aucouturi, 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 بر روی 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 می‌دهد. شیوه دوم، استفاده از یک ماده‌ی ارگانیک همچون: سریشم، صمغ، روغن کمان و یا روغن سیر، به عنوان ماده‌ی چسباننده است (Needham et. al., 2004: 693-94; Oddy, 2010: 221; Domenech-Carbo et. al., 1993: 172). روش سوم، استفاده از سطح میانی (احتمالاً گِل سرخ) روی زمینه‌ی لعاب است که پس از آن، ماده‌ی آلی برای چسبانیدن استفاده می‌شده است (Domenech-Carbo et. al., 2010: 221؛ اصلانی و میش مست، ۱۳۸۹: ۱۲).

پودر طلا^{۳۸}

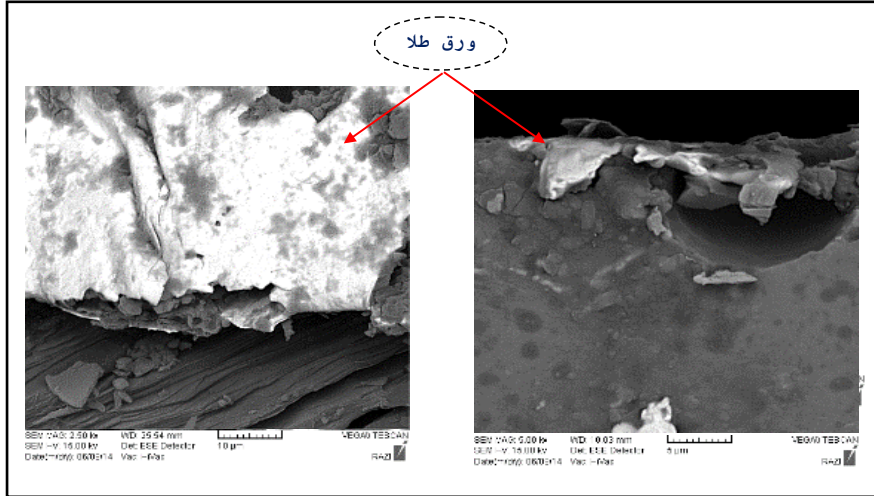
کاربرد پودر طلا به منظور بهبود کیفیت ظاهری سرامیک‌ها از دوران باستان رواج داشته است. از دیدگاه آدی، این روش در برخی آثار سفالی هزاره‌ی پنجم دوره‌ی نوسنگی مکشوف از سایت «وارنا» در بلغارستان به دست آمده است. برای تزیین این سفال از پودر طلا استفاده شده و به نظر می‌رسد که پس از اجرا نیز صیقلی شده باشد. در یک روش مشابه در هزاره‌ی پنجم ق.م. در بین‌النهرین (در اور و تپه گوارا) نیز از طلا به صورت پودر در برخی سرامیک‌ها استفاده شده است (Oddy, 1993: 171). همان‌گونه که ذکر شد، در *جوهرنامه* نیز شیوه‌ی آماده‌سازی پودر طلا و مهره کردن آن روی سطح در ایران شرح داده شده است.

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

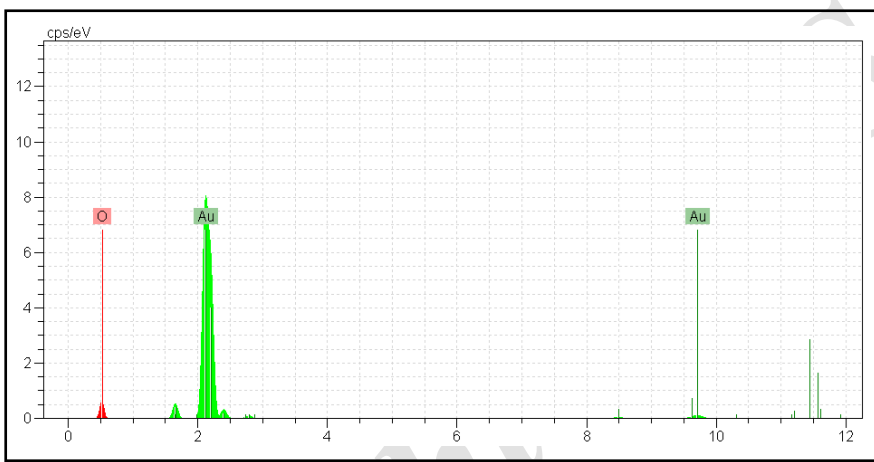
شناخت نوع لایه‌ی زراندود در سفال‌های مینایی مورد پژوهش

تصاویر SEM-EDX در قطعات مینایی ری و الموت که دارای سطحی زراندود شده هستند، حضور طلا را به صورت ورق نشان می‌دهد (تصویر ۲، نمودار ۱). در نمونه‌های فریر و متروپولیتن نیز نتایج مشابهی توسط پژوهشگران به دست 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 به شکل برش‌های مستطیل (الف)، (تصویر ۳)، مربع (تصویر سمت چپ)، (تصویر ۴) و سه‌گوش کوچکی از برگ طلا که گاهی براساس مکان قرارگیری، به صورت 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).



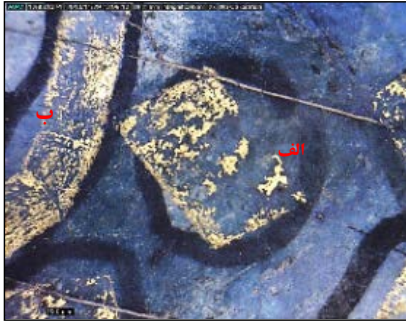
نمودار ۱. EDX لعاب مینایی M11 که حضور طلائی خالص را در بخش زراندود نشان می‌دهد (نگارندگان، ۱۳۹۵).

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

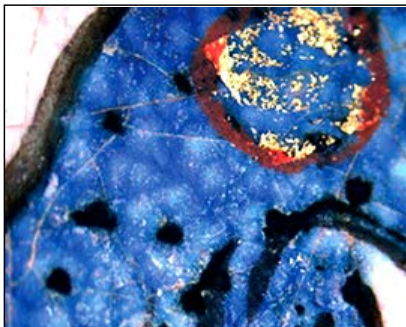
قرارگیری لایه‌ی زراندود در سفال مینایی

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 طلائی 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).



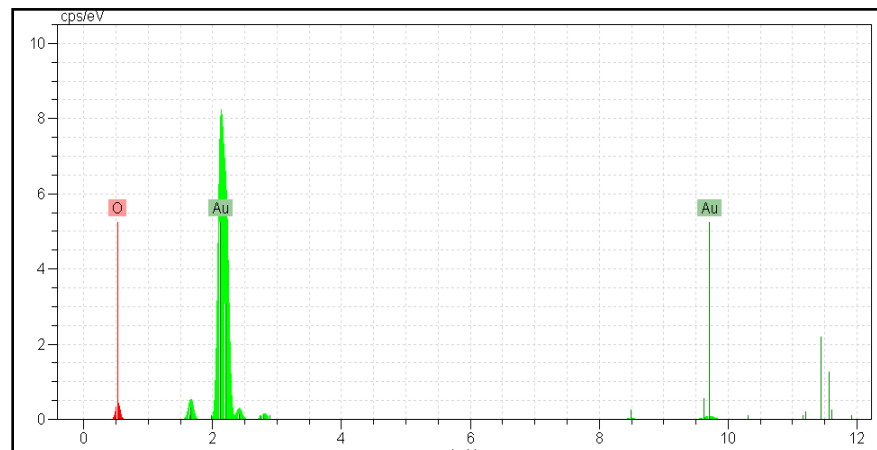
▲ تصویر ۳. تصویر میکروسکوپ دیجیتال نمونه‌ی M11: (الف): برش مستطیل شکل ورق طلا روی قلم‌گیری سیاه. (ب): برش‌های متوالی ورق طلا برای قرارگیری روی سطح منحنی (نگارندگان، ۱۳۹۵).



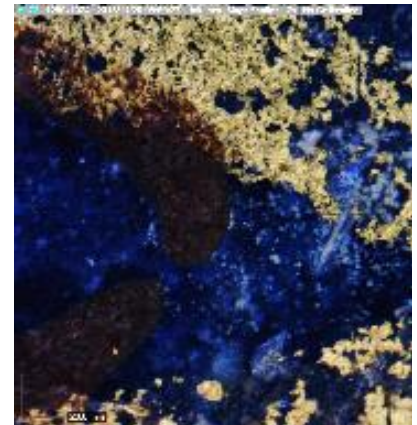
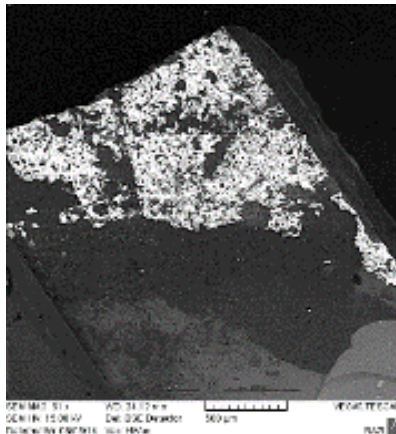
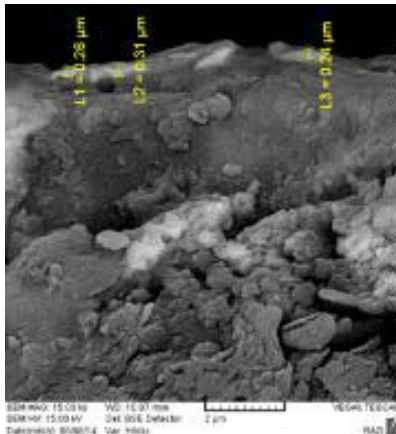
▲ تصویر ۴. تصویر میکروسکوپ دیجیتال نمونه‌ی M111: (الف): برش مربع شکل ورق طلا زیر قلم‌گیری قرمز (نگارندگان، ۱۳۹۵).

تصاویر میکروسکوپی و نتایج آنالیز SEM به وضوح حضور طلا به صورت 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 بر روی نمونه نشانده شده است، به شکل یک قله جدا دیده می‌شود. پهنای این قله همان طور که 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 A7, A8, A11 در نمودار ۳، ارائه شده است. ضخامت به دست آمده در نمودار ۳، بر حسب ضخامت لایه‌ی اتمی در واحد $\text{atom}/1015 \text{ cm}^2$ ارزیابی شده است که با داشتن چگالی حجمی ترکیب لایه‌ها را می‌توان بر حسب نانومتر تبدیل کرد. نتایج این محاسبات برای نمونه‌ی A8 همان طور که در نمودار ۳ ارائه شده است، نشان می‌دهد که لایه‌ی اول که مربوط به لایه‌ی طلا است، ضخامتی در حدود 320 نانومتر (0.32 میکرومتر) دارد و طلا استفاده شده در این نمونه نیز خالص است. با توجه به ضخامت طلای به دست آمده و بررسی روش‌های مختلف ایجاد لایه‌ی طلا بر روی 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 $1/5$ میکرومتر در داخل لعاب نفوذ کرده است که علت این نفوذ را می‌توان به گرم کردن نمونه‌ها تا دمایی نرم شدن لعاب زمینه برای چسبیدن طلا به لعاب، تشریح کرد. ناحیه‌ی مشترک لعاب و لایه‌ی طلاکاری شده نیز حدود 0.7 میکرومتر است. این نتایج، نشان می‌دهد که ضخامت طلا در نمونه‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. براساس ضخامت‌های به دست آمده در تمام نمونه‌ها، ورق طلای مورد استفاده در نمونه‌های مورد پژوهش، در گروه ورق طلای نازک قرار می‌گیرند.

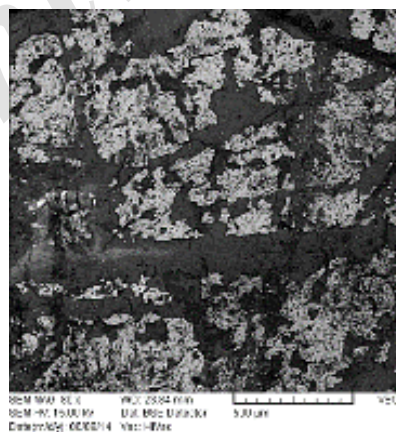
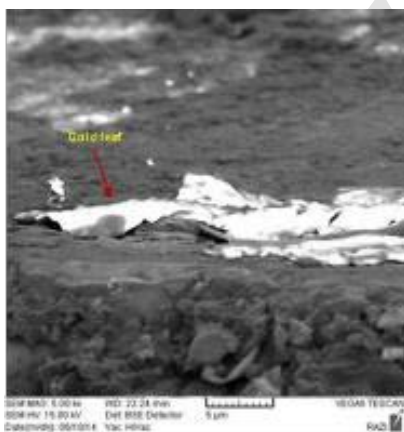


► نمودار ۲. تجزیه عنصری طلا در نمونه‌ی M111 به روش EDX (نگارندگان، ۱۳۹۵).



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، نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است، ناحیه‌ی طلا کاملاً در ناحیه‌ی مشخصی توزیع شده است و در جاهایی که وجود دارد، در آن نواحی میزان سیلیسیم آشکار شده از ترکیبات لعاب به‌شدت کاهش یافته است (جدول ۲). همان‌طور که 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

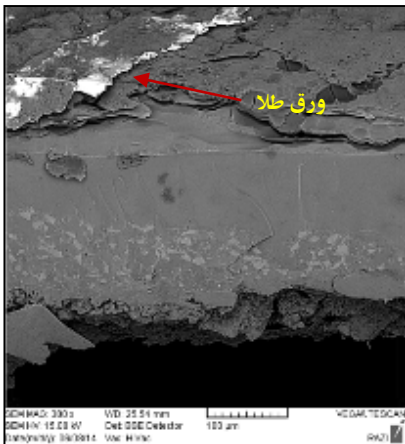
▲ تصویر ۵. سمت راست: سطح نمونه‌ی M21، ری، قرارگیری رنگ قرمز روی طلا مشاهده می‌شود. بخش میانی: تصویر اپتیکی میکروسکوپ الکترونی قرارگیری لایه‌ی طلا روی لعاب زمینه که ساییدگی و خراش سطحی را نشان می‌دهد. سمت چپ: تصویر EDX از سطح مقطع نمونه. در این تصویر بدنه، لعاب و طلا به‌صورت ورق روی سطح لعاب مشاهده می‌شود. ضخامت طلا به‌طور متوسط در این نمونه ۲۷/۰ میکرومتر مشخص شده است (نگارندگان، ۱۳۹۵).



و لایه‌ی طلاکاری شده نشان می‌دهد، علاوه بر 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 روی یا زیر بخش قلم‌گیری قرمز یا سیاه وجود داشت. این بخش با روش میکروسکوپ روبشی

▲ تصویر ۶. 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).



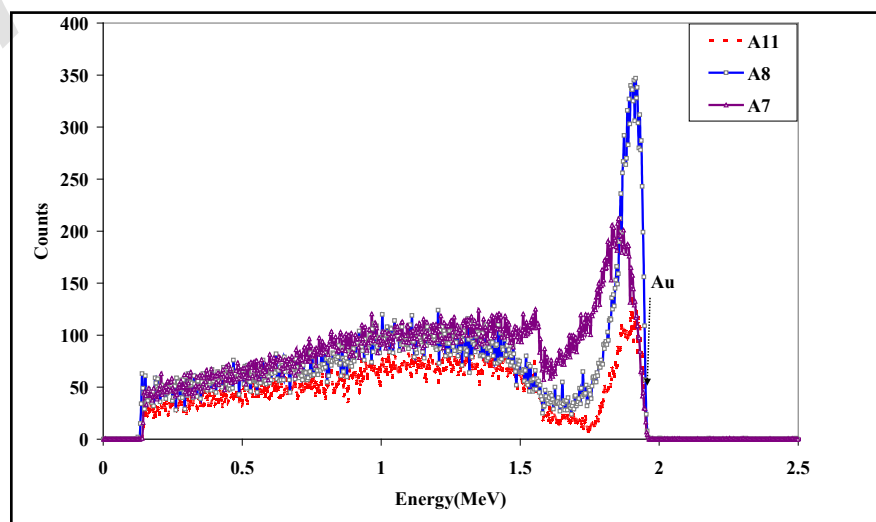
▲ تصویر ۷. سمت چپ: عکس میکروسکوپ الکترونی با بزرگ‌نمایی 500X از شیوه‌ی قرارگیری ورق طلا روی سطح لعاب (نگارندگان، ۱۳۹۵).

پروتون آنالیز شد. نتایج حضور اکسید آهن را به عنوان 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 & Mishmaft, 2014: 1-2).

نتیجه‌گیری

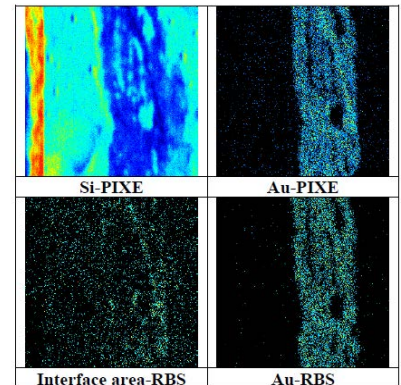
از دستاوردهای مهم پژوهش حاضر، کاربرد شیوه‌ی یکسان زراندود در سفال مینایی الموت و ری است. لایه‌ی زراندود در دو حوزه‌ی مزبور به صورت ورق نازک و خالص طلا اجرا شده است. تقریباً در همه‌ی نمونه‌ها، دورگیری با رنگ قرمز-نارنجی و سیاه



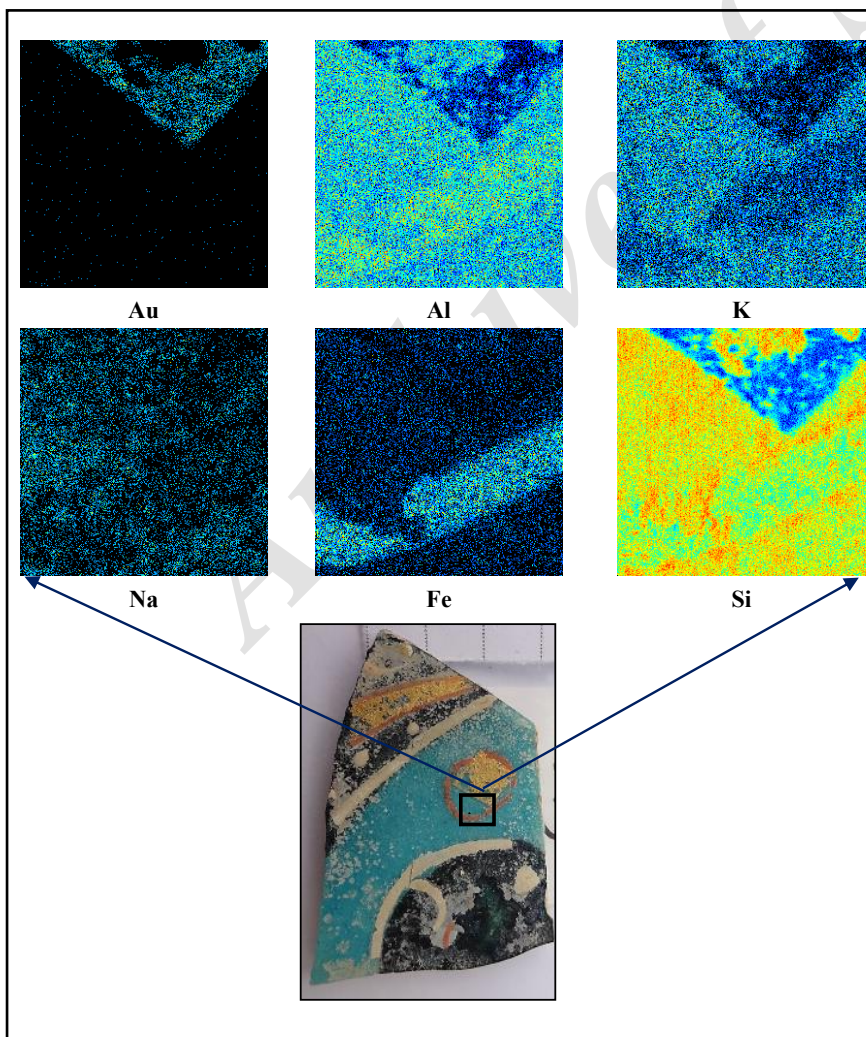
► نمودار ۳. مقایسه‌ی طیف Micro-RBS به‌دست آمده از لایه‌ی طلاکاری سه نمونه سفال مینایی زراندود یافت‌شده از قلعه‌ی الموت (نگارندگان، ۱۳۹۵).

برروی ورق طلا و گاه زیر آن به کار رفته است. کاشانی نیز از کاربرد ورق طلا برای زراندود نام برده است. وی، همچنین به کاربرد سریشم به عنوان لایه‌ی میانی چسباننده بین ورق طلا و لعاب اشاره کرده است. تثبیت نهایی زراندود نیز با حرارت کم، اما مدت طولانی در کوره و درون ظروف سفالین در بسته انجام می‌شده است. در این پژوهش، به دلیل نفوذ چند میکرونی لایه‌ی طلا درون لعاب، سوزنی شدن سطح طلا بر اثر حرارت و فرارگیری 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 به کاربرد 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.



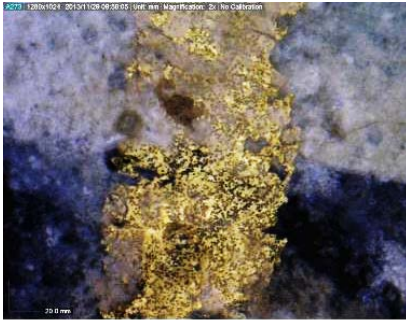
▲ تصویر ۹. توزیع عنصری طلا و سیلیسیم موجود در نمونه‌ی A8 با استفاده از روش Mi-cro-PIXE و مقایسه‌ی آن با توزیع عنصری با روش Micro-RBS از لایه‌ی طلا و ناحیه‌ی مشترک لعاب و لایه‌ی طلا (نگارندگان، ۱۳۹۵).



نمونه	ترتیب لایه	ضخامت لایه ($\times 10^{10} \text{ atom/cm}^2$)	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 A2 و A8 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 بر اثر 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 قابل تشخیص 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 دست یافت.

مطابق بودن نتایج حاصل از روش‌های نوین در این پژوهش با نوشته‌های کاشانی، حاکی از آن است که، رساله‌ی ارزشمند *عرایس الجواهر و تقایس الاطایب* 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 دژ الموت، به‌ویژه خانم دکتر چوپک به‌خاطر در اختیار قرار دادن سفال‌های مینایی مکشوف از دژ الموت 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 ری 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 (طیف‌سنجی 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: باستان شناس، نخستین کاوش های علمی درری توسط اشمیت در بین سال های ۳۶-۱۹۳۴ انجام شد.
۱۹. دارای لعاب اپک (Opac)
 ۲۰. گچ
 ۲۱. قیچی
 ۲۲. سریشم
 ۲۳. ساییده شده
 ۲۴. آراستن
۲۵. جهت طلاکاری (زRANDOD، زرنشان)، ظروف سفالی را در جعبه های گلی قرار می دادند تا از حرارت مستقیم کوره محفوظ باشد، امروزه این جعبه های گلی به «کاست» (Caset) معروفند (کامبخش فرد، ۱۳۸۹: ۴۶۶). نیشابوری، این جعبه ها با کاربری مشابه را «غلاف سفالین» می نامد که دارای سرپوشی سفالی بوده و به منظور قراردادن در کوره با آتش نرم، سرپوش ها را با گل محکم می کرده اند (جوهری نیشابوری، ۱۳۸۳: ۳۶۲).
۲۶. زر، طلا.
 ۲۷. این کار احتمالاً به دلایل زیر انجام شده است: الف. از رسیدن حرارت مستقیم به سطح ورق طلا جلوگیری شود و تمام سطوح در معرض حرارت دهی یکسان قرار گیرد. ب. سطح شی دودزده نشود. ج. حرارت مستقیم سبب جدا شدن ناگهانی ورق طلا از سطح نشود.
 ۲۸. نازک.
 ۲۹. از طریق صلیبای کردن اندازه ی ذره ای مواد کاهش یافته و مواد با هم مخلوط می شوند. بر روی سنگ یا هاون کوبیدن.
 ۳۰. با افزودن آب بسایند.
 ۳۱. عقیق یمانی.
32. Gold Sheet
 ۳۲. سقاره، محوطه ی بسیار بزرگ و باستانی است که دره ۳ کیلومتری جنوب قاهره قرار گرفته است. این مکان دربر گیرنده هرم ها و مصطبه های بسیاری است (Murray, 1905: 1; Giulio, 2010: 634).
 ۳۳. به نقل از جوهری نیشابوری؛ نازک کردن طلا به صورت ورق در دوره ی خوارزمشاهی «تنک کردن زر» نامیده شده و به فردی که کوبیدن طلا برای درست کردن ورق را به عهده داشته است، زکوب می گفتند (نیشابوری، ۱۳۸۳: ۳۰۴).
 35. Gold Foil
 ۳۶. میکرون یا میکرومتر برابر با یک میلیونوم متر است.
37. Gold Leaf
 38. Gold dust

کتابنامه

- اصلانی، حسام و میش مست، مسلم، ۱۳۸۹، «بررسی کاشی های زRANDOD بقاع مذهبی اصفهان»، دو فصلنامه ی تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی، سال پنجم، شماره ی ۵، زمستان ۸۸ و بهار ۸۹، صص: ۶-۱۲.
- بهرامی، محمدمهدی، ۱۳۲۸، صنایع ایران، ظروف سفالین، دانشگاه تهران.
 - پاکباز، رویین، ۱۳۷۹، نقاشی ایران از دیرباز تا کنون، تهران: نشر نارستان.
 - پوپ، آرتور اپهام، ۱۳۸۷، سیری در هنر ایران، جلد چهارم، ترجمه ی فاطمه کریمی، تهران: علمی و فرهنگی.
 - پوپ، آرتور اپهام، ۱۳۸۷، سیری در هنر ایران، جلد نهم و دهم، ترجمه ی فاطمه کریمی، تهران: علمی و فرهنگی.
 - جوهری نیشابوری، محمدبن ابی البرکات، ۱۳۸۳، جواهرنامه ی نظامی، به کوشش: ایرج افشار، انتشارات میراث مکتوب، تهران.
 - کاشانی، ابوالقاسم عبدالله، ۱۳۸۶، عرابیس الجواهر و نفایس الاطایب، به کوشش: 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, Aucoeurier, 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, Aucoeurier, 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. Mishmašt 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.
- Hix, 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

Archive of SID