



برگزیده مقالات اولین و دومین همایش ملی

کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی

به کوشش: مهدی رازانی و بهرام آجورلو

۱۳۹۱-۱۳۹۲

برگزیده‌ی مقالات اولین و دومین همایش ملی
کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و
مرمت میراث فرهنگی

دانشگاه هنر اسلامی تبریز
(۲۵ و ۲۶ اردیبهشت ۱۳۹۲-۱۳۹۱)

به کوشش
مهدی رازانی و بهرام آجورلو



دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۱۳۹۳

سرشناسه	: همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی (نخستین: ۱۳۹۱: تبریز)
عنوان و نام پدیدآور	: برگزیده‌ی مقالات اولین و دومین همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی.../ به کوشش مهدی رازانی، بهرام آجورلو.
مشخصات نشر	: تبریز: دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۴۱۵ ص: مصور (رنگی)، جدول، نمودار: ۲۲×۲۹ س.م.
شابک	: 978-600-93946-8-5
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: باستان‌سنجی -- ایران -- کنگره‌ها
موضوع	: آثار فرهنگی -- ایران -- نگهداری و مرمت -- کنگره‌ها
شناسه افزوده	: آجورلو، بهرام، ۱۳۵۴ - گردآورنده
شناسه افزوده	: رازانی، مهدی، ۱۳۶۳ - گردآورنده
شناسه افزوده	: همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی (دومین: ۱۳۹۲: تبریز)
رده بندی کنگره	: ۸۱۳۹۳۵/۷۵/۷CC
رده بندی دیویی	: ۹۳۰/۱۰۲۸
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۷۵۶۵۵۲



برگزیده‌ی مقالات اولین و دومین همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی
در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی دانشگاه هنر اسلامی تبریز
۱۳۹۱-۱۳۹۲

مهدی رازانی و بهرام آجورلو (به ویرایش)

ناشر: دانشگاه هنر اسلامی تبریز، نشر الکترونیک
نوبت چاپ اول: ۱۳۹۳
تعداد صفحه و قطع: - وزیری

امور فنی و نظارت بر آماده سازی: مؤسسه فرهنگی میراث مهر آفرین
(با همکاری: سحر احمد خان بیگی، نگار کاظمی پور و سمیرا جعفری)

تبریز، خیابان آزادی، میدان حکیم نظامی، صندوق پستی، ۴۵۶۷-۵۱۳۸
کد پستی: ۵۱۶۴۷۳۶۹۳۱؛ تلفن: ۰۴۱)۳۵۴۱۹۹۷۰
research@tabriziau.ac.ir

فهرست مندرجات

پیشگفتار

بیانیه‌ی تبریز

بخش اول: برگزیده‌ی مقالات باستان‌سنجی

- ۱-۱۶ نشر القائی اشعه‌ی ایکس القائی پروتن (PIXE)
روشی غیرتخریبی برای تجزیه و تحلیل مواد در باستان‌سنجی
مسعود باقرزاده کثیری
- ۱۷-۳۵ منشاء یابی اُبسیدین‌های یافته‌شده از کاوش تپه بوینو خدا آفرین آذربایجان
به‌روش PIXE
سمیه نوری، کمال‌الدین نیکنامی، بهرام آجورلو، محمد علیزاده سولا
- ۳۷-۵۷ فرآیند گذار از عصر مفرغ به عصر آهن بر اساس مطالعات آزمایشگاهی
سفال‌های تپه سگزآباد دشت قزوین
حسن طلایی، احمد علی یاری
- ۵۹-۸۷ تحلیل داده‌های سنجش از راه دور (ژئوماتیک) در بررسی‌های
آرکئومتالورژی معادن باستانی محدوده‌ی جیان و فریادان در استان فارس
سید محمد امین امامی، بامشاد یغمایی
- ۸۹-۱۰۵ مطالعات اولیه زمین‌باستان‌شناسی بر روی مواد و مصالح خاکی
(موضوع موردی: بررسی مواد و مصالح به کار رفته در کهن‌دژ و ارگ تاریخی توس)
معین اسلامی
- ۱۰۷-۱۳۲ جعل و تقلب در آثار باستانی و هنرهای تجسمی
(مفاهیم، گونه‌شناسی، سرنوشت قانونی و روش‌های بررسی)
مهدی رازانی، بهناز نصیرزاده
- ۱۳۳-۱۴۹ گاه‌شناسی درختی و اصول آن در مطالعه‌ی آثار تاریخی
محسن محمدی آچالویی، محمد معین دلداز

بخش دوم برگزیده‌ی مقالات حفاظت و مرمت میراث فرهنگی

- ۱۶۴-۱۵۱ مروری بر کاربرد روش‌های الکتروشیمیایی در حفاظت و مرمت آثار تاریخی فلزی
حمیدرضا بخشنده فرد
- ۱۹۸-۱۶۵ مروری بر روش‌های آنالیز بست در نقاشی
امیرحسین کریمی، غلامرضا وطنخواه
- ۲۲۹-۲۰۹ ردیابی فناوری ساخت در ریزساختارهای آثار فلزی تاریخی
محمد مرتضوی
- ۲۴۸-۲۳۱ بررسی و امکان‌سنجی استفاده از عسل میمند فارس به‌عنوان بازدارنده‌ی طبیعی خوردگی در حفاظت اشیاء برنزی تاریخی
وحید پورزرقان
- ۲۶۷-۲۴۹ لزوم به کارگیری مطالعات مکانیسم تخریب در معماری صخره‌کند روستای کندوان
مهدی رازانی، سیدمحمد امین امامی، علیرضا باغبانان، خوزه دلگادو رودریگوئز
- ۲۸۴-۲۶۹ ارزیابی روش‌های استحکام‌بخشی جهت بهبود مشخصات مقاومتی سنگ‌های آهکی لوماشل
احسان محمدی، علیرضا باغبانان، فرشاد رضانی‌فر، حمید هاشم‌الحسینی، مهدی رازانی
- ۳۰۷-۲۸۵ نقدی بر روش‌های حفاظت و مرمت تزئینات در مسجد مظفریه تبریز
سعید مهریار، مهدی رازانی
- ۳۳۳-۳۰۹ مطالعه و بررسی فنی لایه‌های دیوارنگاره‌ی سقف گنبد بقعه‌ی سیدرکن الدین یزد
یاسر حمزوی، رسول وطن‌دوست
- ۳۵۹-۳۳۵ مطالعات فن و آسیب‌شناسی یک نمونه تاپستری از مجموعه‌ی تاپستری‌های کاخ موزه‌ی نیاوران
مینا ناظر، محمد مرتضایی
- ۳۷۶-۳۶۱ مروری بر فنون و روش‌های طلاکاری آثار فلزی تاریخی
محمد مرتضوی، محمدعلی گل‌عذار، احمد صالحی کاخکی

مطالعه و بررسی فنی لایه‌های دیوارنگاره سقف گنبد بقعه سید رکن‌الدین یزد

یاسر حمزوی^{*۱}، رسول وطن‌دوست^۲

۱. * مدرس دانشگاه هنر اسلامی تبریز، گروه مرمت و باستان‌سنجی

۲. سازمان میراث فرهنگی گردشگری و صنایع دستی کشور

(مکاتبات: Yaserhamzavi99@gmail.com)

چکیده

دیوارنگاره‌های تزئینی با نقوش اسلیمی-ختایی و نقوش هندسی از رایج‌ترین آرایه‌های ابنیه دوره آل مظفر شهر یزد است که از میان این بناها، بقعه سید رکن‌الدین دارای دیوارنگاره‌های منحصربه‌فرد است. از آنجا که دوره ایلخانی آغاز یکی از درخشان‌ترین ادوار تمدن اسلامی است، با وجود پژوهش‌های انجام شده، باید اذعان داشت که پژوهش کاملی در حوزه شناخت فنی لایه‌های مختلف دیوارنگاره‌های این دوره در شهر یزد انجام نپذیرفته است و چگونگی عمل‌آوری و اجرای لایه بستر با توجه به استحکام بالا و همچنین ظرافت بسیار بالای آن که حدوداً به قطر ۱ الی ۲ میلی‌متر است و همچنین شناخت برخی از رنگدانه‌ها و نوع و نحوه طلاکاری بر سطوح تخت، از جمله ابهامات این پژوهش است. در تحقیق پیش رو نگارنده به بررسی فنی لایه‌های مختلف دیوارنگاره سقف گنبد بقعه سید رکن‌الدین پرداخته است. روش کار به این صورت بود که ابتدا دیوارنگاره مورد نظر، از نزدیک مورد بررسی قرار گرفت، تصاویری توسط لوپ دیجیتال با بزرگ‌نمایی ۶۵ و ۲۲۰ برابر و همچنین نمونه‌هایی از لایه‌های مختلف دیوارنگاره تهیه گردید. برای شناخت مواد و مصالح به‌کار رفته و همچنین فنون ساخت لایه‌های دیوارنگاره، از آنالیزهای دستگاهی (میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به سیستم آنالیز انرژی پرتوی ایکس پراکنده شده SEM-

EDX و همچنین پراش پرتو ایکس (XRD) و شیمی کلاسیک (شناسایی رنگدانه‌ها و رنگینه به کمک اسید هیدروکلریک، سود، هیپوکلریت سدیم، تیزاب سلطانی، اسید نیتریک، شناساگر نین هیدرین، فروسیانید پتاسیم) استفاده شد. همچنین در مواردی نیز تست حرارت انجام پذیرفت که نتیجه این مطالعات در این مقاله مورد تحلیل قرار گرفته است. چند لایه بودن، نیمه کشته و تیز بودن لایه‌های بستر، استفاده از ورق طلا و رنگدانه‌های سبز سیلو، شنگرف و همچنین رنگینه نیل و در نهایت روغنی بودن طلاکاری از دست‌آوردهای این تحقیق پس از مطالعات میدانی صورت گرفته و همچنین نتیجه آزمایشات و مقایسه و تحلیل آن‌ها با یکدیگر است.

واژه‌های کلیدی: دیوارنگاره، بستر گچی، ساختارشناسی، طلاکاری، بقعه سید رکن‌الدین.

۱- مقدمه

دیوارنگاره‌ای که در این مقاله به آن پرداخته شده است، یکی از زیباترین دیوارنگاره‌های دوره ایلخانی در ایران است. دیوارنگاره سقف گنبد بقعه سید رکن‌الدین^۱ از نظر طراحی، نوع نقوش، تلفیق نقوش گیاهی و هندسی، کتیبه‌های نقاشی و همچنین از نظر انتخاب و اجرای رنگ در معماری کم نظیر است (تصویر ۱). این دیوارنگاره در بنایی اجرا شده است که در زمان ساخت، کاربری آموزشی داشته و پس از وفات صاحب آن، تبدیل به بقعه شده است. نویسنده تاریخ یزد در قرن نهم هجری، مدرسه رکنیه را ام البقاع یزد می‌داند و اشاره می‌کند که در هیچ دیار مثل آن نیست و آن را شامل مدرسه و مسجد و بیت الادویه و رصدخانه می‌داند (جعفری قرن ۹ ه.ق). در کتب تاریخی یزد اتمام این بنا در سنه خمس و عشرين و سبعمائه^۲ نوشته شده است (مستوفی بافقی ۱۳۴۰، ۶۵۵؛ کاتب، قرن ۹ ه.ق، ۱۱۴؛ جعفری، قرن ۹ ه.ق، ۸۳).

بقعه سید رکن‌الدین در کنار مسجد جامع کبیر یزد قرار دارد. این بقعه بیشتر از یک متر، پایین‌تر از سطح کوچه واقع شده است و شامل میان‌سرا، ایوان و فضای زیر گنبد است. داخل میان‌سرا ساده و بدون هرگونه غرفه یا سایر ساختارهای معماری است. دو طرف دیوارهای خارجی ایوان به انواع کاشی‌های مسدس (که در چند سال اخیر مرمت گشته‌اند) پوشیده شده است (خادم زاده ۱۳۸۷، ۹۲). گنبد این بنا از نوع دو پوسته

پیوسته و به تصویر شبدری کند است که به انواع کاشی های معرق به رنگ سفید، آبی فیروزه ای و لاجورد مزین گشته و فضای زیر گنبد دارای پلان چهارضلعی است (خادمزاده ۱۳۸۷، ۹۲). گنبد با گوشه سازی های متعدد از تبدیل ۸ به ۱۶ ضلعی روی بدنه استوار شده است. در چهار طرف کمر گنبد، نورگیرهایی به صورت مشبک آجری تعبیه کرده اند. این بنا مانند سایر بناهای مظفری یزد نخست سفت کاری و سپس به وسیله اندود گچ و نقاشی، نماسازی شده است (خاکباز الوندیان ۱۳۸۴). بقعه سید رکن الدین دارای آرایه های معماری متعددی است که از جمله می توان به آرایه های گچی برجسته، آرایه های گچی قالبی، آرایه های گچی فتیله ای، کتیبه های نقاشی، نقاشی های تزئینی، آرایه های طلاکاری و آرایه های کاشی کاری اشاره نمود. مقاله پیش رو بر مبنای پاسخ دهی به این پرسش ها است که لایه بستر این دیوارنگاره در چند مرحله، با چه موادی و چه نوع عمل آوری اجرا شده و به منظور اجرای لایه رنگ، از چه رنگدانه ها، رنگینه ها و تکنیکی استفاده شده است.

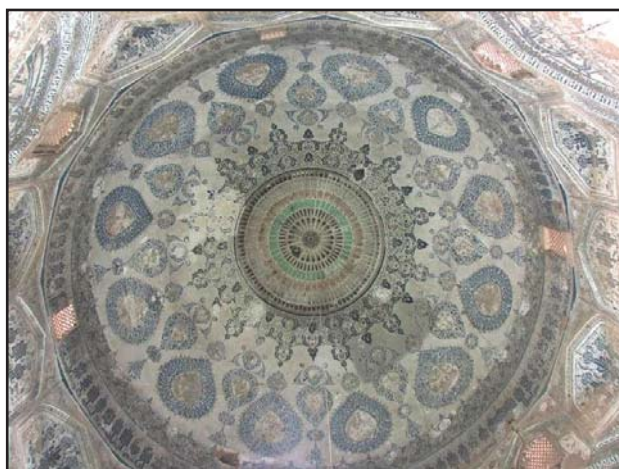
در این پژوهش با توجه به مطالعات و بررسی های میدانی، کتابخانه ای و همچنین مطالعات آزمایشگاهی، لایه های دیوارنگاره سقف این بنا (تکیه گاه، لایه آستر، لایه بستر و لایه رنگ) از نظر فنی و تکنیکی شناسایی و معرفی شده است. روش تحقیق به کار رفته در این پژوهش، میدانی مشاهده ای، کتابخانه ای و آزمایشگاهی بوده است. روش یافته اندوزی، استناد به اسناد و مدارک معتبر، مطالعات آزمایشگاهی (آنالیز دستگای شیمی تر)، مشاهدات میدانی و نیز بررسی های میکروسکوپی بوده که سرانجام با تحلیل داده های گردآوری شده به نتیجه گیری پرداخته شده است. مراحل انجام این تحقیق به این صورت بود که ابتدا با مطالعات میدانی، از لایه های بستر نمونه برداری و سپس آنالیز دستگای XRD^3 جهت شناسایی فازهای تشکیل دهنده و $SEM-EDX^{45}$ جهت شناسایی عناصر به کار رفته و نیز تهیه تصاویری با بزرگ نمایی های مختلف جهت بررسی کریستال های نمونه انجام پذیرفت؛ سپس از بخش های مختلف لایه رنگ نمونه برداشته شد و به روش شیمی کلاسیک^۶ و همچنین آنالیز دستگای $SEM-EDX$ به شناسایی آنها پرداخته شد.

۲- تکیه گاه^۷ در قسمت سقف گنبد

تکیه گاه دیوارنگاره سقف، همان آهیانه^۸ است که با توجه به بخش های تخریب شده و مطالعات ابتدایی که در محل صورت پذیرفت، از خشت ساخته

(۳۱۲) همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی

شده و ملات بین آن با کاه گل اجرا شده است. اندازه این خشت‌ها ۳۱ سانتی‌متر است که به‌صورت ضربی اجرا شده و قطر ملات مورد استفاده در بین خشت‌ها بین یک تا ۱/۵ سانتی‌متر است. ضخامت آهیانه در قسمت رأس، حدود ۳۵ سانتی‌متر است (تصاویر ۲ و ۳).



تصویر ۱. دیوارنگاره سقف گنبد بقعه سیدرکن‌الدین واقع در شهر یزد

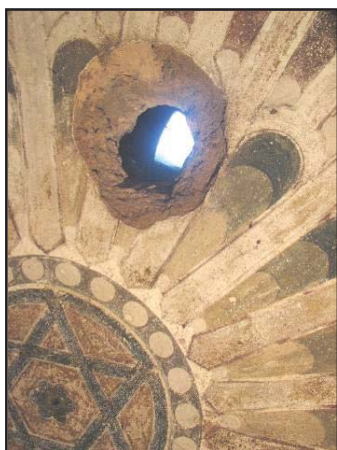


تصویر ۲. تکیه گاه خشتی دیوارنگاره

مطالعه و بررسی فنی لایه های دیوارنگاره ... (۳۱۳)



تصویر ۳. ردیف خشت های تکیه گاه با ملات کاهگل



تصویر ۴. کاهگل، لایه آستر دیوارنگاره

۳- لایه آستر^۹

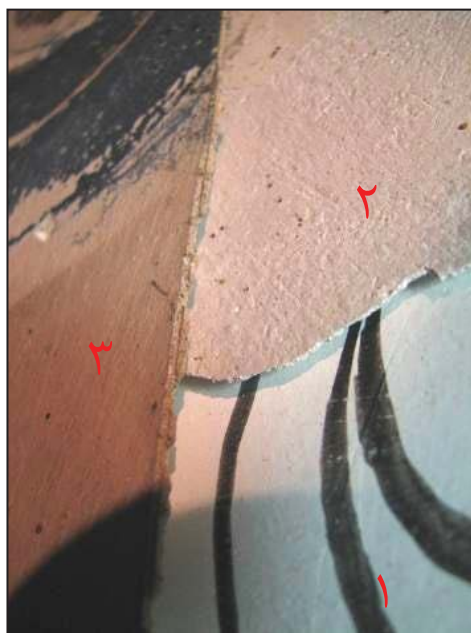
در قسمت سقف گنبد، لایه آستر از جنس کاهگل بوده که در بخش هایی که لایه های رویی تخریب شده، این لایه نمایان است. با توجه به گمانه هایی که در قسمت های مختلف زده شد و بررسی های انجام شده، ضخامت این لایه در قسمت سقف حدوداً ۲ سانتی متر است (تصویر ۴).

۴- لایه بستر^{۱۰}

با بررسی های انجام گرفته و گمانه زنی در نقاط مختلف بخش مورد مرمت سقف گنبد بقعه سیدرکن الدین، مشخص شد که در برخی قسمت ها یک لایه، در برخی

(۳۱۴) همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی

بخش‌ها دو لایه و در مواردی سه لایه بستر گچی وجود دارد (تصویر ۵ و ۱۰). جهت مطالعه بر لایه‌های دیوارنگاره، از این لایه‌ها سطح مقطع تهیه، و توسط لوپ دیجیتال ۱۱ تصاویری تهیه شد. در این تصویر به‌خوبی لایه‌های مختلف تزیینات، به تفکیک مشاهده می‌شود (تصویر ۶).



تصویر ۵. بستر زیرین، بستر میانی و رویی

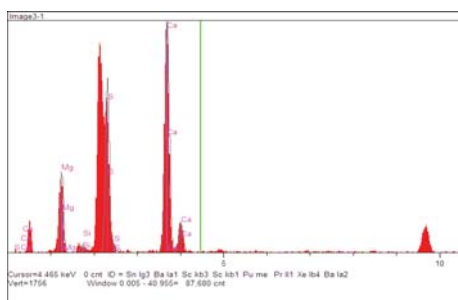


تصویر ۶. تصویر از مقطع لایه آستر و لایه‌های دوم و سوم بستر

۴-۱- لایه بستر اول (زیرین)

لایه بستر بسیار نازک و با ضخامتی در حدود ۲ میلی متر اجرا شده است. از نمونه مورد نظر آنالیز عنصری نقطه ای تهیه گردید که بیشترین درصد مربوط به عناصر اصلی گچ یعنی کلسیم و گوگرد است (تصویر ۷). حدود ۱/۵ درصد ناخالصی سیلیس و مقداری منیزیم که مربوط به لایه تدارکاتی آن می شود (جدول ۱).

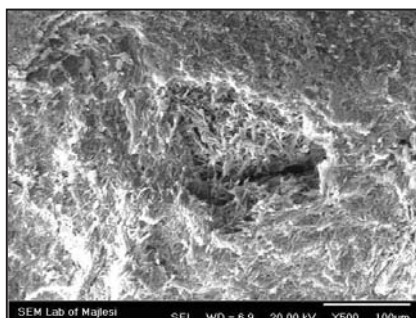
جدول ۱. نتیجه آنالیز EDX از لایه بستر اول						
	Units	Conc	Error sig-۲	Intensity (c/s)	Line	.Elt
	%.wt	۱۶,۱۷۸	۳۶,۸۷۵	۱,۴۱۳,۱۲	Ka	Mg
	%.wt	۱,۴۹۳	۱۲,۲۲۲	۱۵۵,۲۳	Ka	Si
	%.wt	۲۸,۷۳۰	۵۸,۲۴۷	۳,۵۲۵,۸۴	Ka	S
	%.wt	۵۳,۵۹۹	۷۱,۹۹۱	۵,۳۸۶,۱۰	Ka	Ca
Total	%.wt	۱۰۰,۰۰۰				



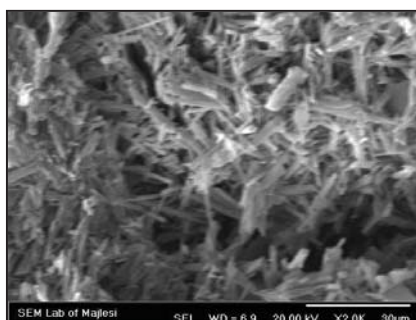
تصویر ۷. نمودار آنالیز EDX از لایه بستر اول

همچنین تصاویری با میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگ نمایی ۵۰۰ و ۲۰۰۰ برابر از لایه بستر اول تهیه شد که بلورهای سوزنی ژئیس با اندازه های مختلف و زوایای قرارگیری مختلف و همچنین تنیده شدن آن ها در یکدیگر به خوبی نمایان است. با توجه به استحکام این لایه در برابر سایش و همچنین نحوه رشد و آرایش بلورها، می توان گفت که این لایه به صورت گچ تیز^{۱۲} اجرا شده است (تصاویر ۸ و ۹). لازم به ذکر است

که اجرای گچ تیز با ضخامت کم کار بسیار دشواری است که در این بنا در گستره وسیع به خوبی اجرا شده است.



تصویر ۸: تصویر SEM از گچ بستر ۱ با بزرگ‌نمایی ۵۰۰ برابر



تصویر ۹: تصویر SEM از گچ بستر ۱ با بزرگ‌نمایی ۲۰۰۰ برابر

۴-۲- لایه بستر دوم (میانی)

از نمونه‌ای که از لایه بستر دوم دیوارنگاره تهیه شده بود نیز آنالیز عنصری نقطه‌ای تهیه گردید تا عناصر موجود در نمونه شناسایی گردد. با توجه به جدول شماره ۲ می‌توان گفت عناصر تشکیل دهنده نمونه کلسیم و گوگرد (عناصر اصلی تشکیل دهنده گچ) است با ناخالصی کم سیلیس که معمولاً در گچ‌های تاریخی مقداری سیلیس وجود دارد. مقداری منیزیم در نمونه وجود دارد که مربوط به لایه تدارکاتی^{۱۳} است که در اینجا به عنوان ناخالصی محسوب می‌شود.

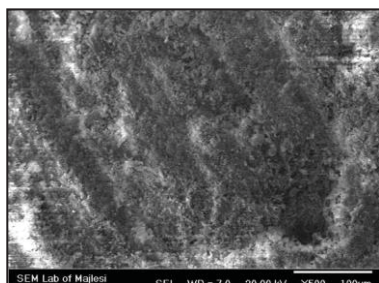
مطالعه و بررسی فنی لایه های دیوارنگاره ... (۳۱۷)

جدول ۲: نتیجه آنالیز EDX از لایه بستر دوم (بستر میانی)						
	Units	Conc	Error-۲ sig	Intensity(c/s)	Line	Elt
	%wt	۵,۳۹۵	۲۳,۱۷۸	۵۸۸,۵۱	Ka	Mg
	%wt	۱,۱۸۹	۱۲,۹۱۸	۱۸۲,۸۰	Ka	Si
	%wt	۳۷,۲۱۴	۷۶,۲۰۷	۶,۳۶۱,۸۷	Ka	S
	%wt	۵۶,۲۰۳	۸۱,۱۷۰	۷,۲۱۷,۵۵	Ka	Ca
Total	%wt	۱۰۰,۰۰۰				

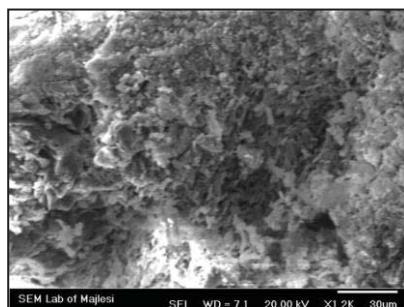


تصویر ۱۰. لایه بستر دوم و سوم دیوارنگاره

و در ادامه، جهت مطالعه روی کریستال های گچ، تصاویری با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر و ۱۲۰۰ برابر از نمونه گچ لایه بستر میانی تهیه شد که در این تصاویر نحوه رشد کریستال ها، تجمع آن ها، کم بودن فضاهای خالی بین بلورها، تصویر و زوایای قرارگیری بلورها که به صورت درهم تنیده و نامنظم است نشان دهنده این است که می توان گچ تیز را به آن اطلاق نمود (تصاویر ۱۱ و ۱۲).



تصویر ۱۱. تصویر SEM از گچ بستر ۲ با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر

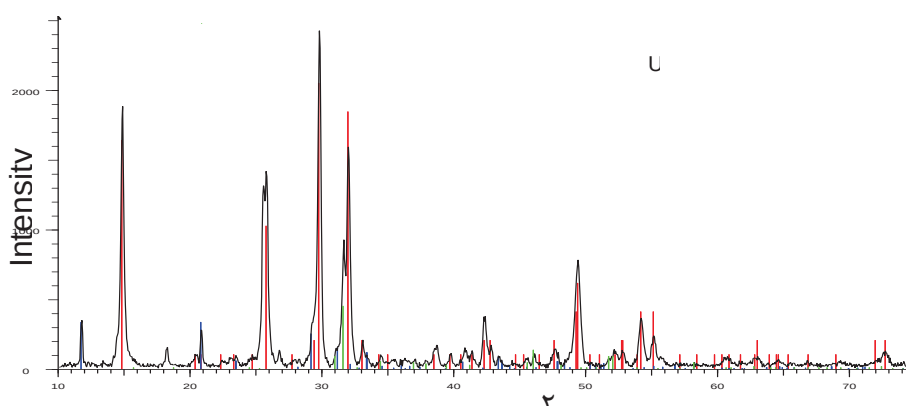


تصویر ۱۲. تصویر SEM از گچ بستر ۲ با بزرگ‌نمایی ۲۰۰۰ برابر

۴-۳- لایه بستر سوم (رویی)

از لایه بستر سوم که لایه گچ اصلی است و نقاشی‌های تزئینی سقف بر آن اجرا شده نمونه‌برداری انجام گرفت و جهت تشخیص وجود ماده‌ی آلی درون گچ (لایه بستر سوم) از تست سوختن با اسید سولفوریک استفاده شد. به این ترتیب که حضور ماده‌ی آلی با زدن چند قطره اسید سولفوریک، نمونه مورد آزمایش، تیره رنگ می‌شود که در مورد این نمونه، نتیجه‌ی آزمایش مثبت بود. اما به دلیل اینکه لایه‌ی گچ، بسیار نازک است، نمی‌توان با اطمینان گفت که این ماده‌ی آلی مربوط به گچ بوده، ممکن است در هنگام اجرای دیوارنگاره، با کشیدن لایه‌ی تدارکاتی روی لایه بستر، بست لایه تدارکاتی به درون گچ نفوذ کرده باشد. از نمونه‌ی بستر سوم (رویی) آنالیز فازی XRD تهیه شد (جدول ۳). ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی گچ، به مواد اولیه مورد استفاده و همچنین ریز ساختار یا ساختار میکروسکوپی به دست آمده از فرآیند ساخت و همچنین عوامل محیطی که در طول سالیان گذشته بر آن تأثیر می‌گذارند، بستگی دارد (گلستانی فرد، ۱۳۸۷). هر چند از لحاظ کمی، نتیجه این آنالیز قابل استناد نیست، اما می‌توان به کمک درصد‌های به دست آمده، فازهای کریستالی اصلی را مشخص نمود. فاز اصلی در این نمونه، بازانیت^{۱۴} است به میزان ۷۶٪ و فاز دوم، ژپس^{۱۵} به اندازه‌ی ۷٪ از حجم نمونه را تشکیل داده است. ناخالصی نمونه، هانتیت است که حضور آن به دلیل وجود لایه تدارکاتی در نمونه است. وجود مقدار زیاد بازانیت ممکن است به دلیل تبدیل فازهای گچ به یکدیگر در شرایط محیطی باشد. احتمالاً تغییر فاز می‌تواند به دو دلیل اتفاق بیفتد، یا اینکه هنگام فرآیند عمل‌آوری، ساخت و گیرش گچ، مقداری از فاز بازانیت آگیری نکرده و به

همان صورت باقی مانده است و یا در طول زمان با توجه به شرایط محیطی، تبدیل فاز ژپس به بازانیت اتفاق افتاده است (حمزوی، ۱۳۸۸). در محیط های گرم و خشک و در حضور عواملی همانند نمک ها یا کلر در طول زمان، تبدیل فازی به سهولت اتفاق می افتد. از آنجایی که شهر یزد یک شهر کویری با هوای خشک و در تابستان با دمای بالاست، بنابراین تبدیل بخشی از فاز ژپس به بازانیت یا انیدریت کاملاً طبیعی است.

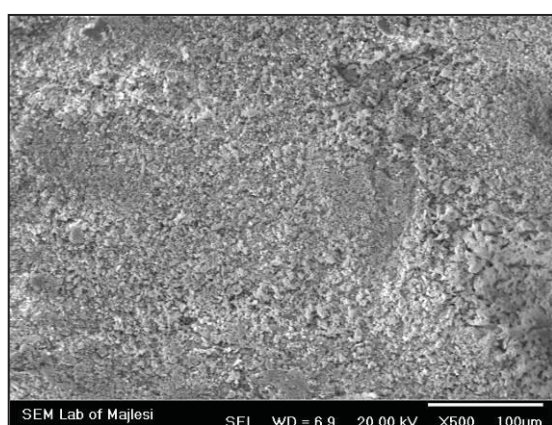


Sample Identification and Quantification				
جدول ۳: آنالیز فازی پراش پرتو ایکس از نمونه برداشته شده از لایه بستر سوم (روبی)				
Line Color	Compound Name	Formula	PDF Number	Concentration (%W/W)
	Bassanite, syn	$\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$	۰۲۲۴-۴۱	76.4
	Gypsum, syn	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	۰۳۱۱-۳۳	6.8
	Huntite	$\text{Mg}_3\text{Ca}(\text{CO}_3)_4$	۰۴۰۹-۱۴	16.8

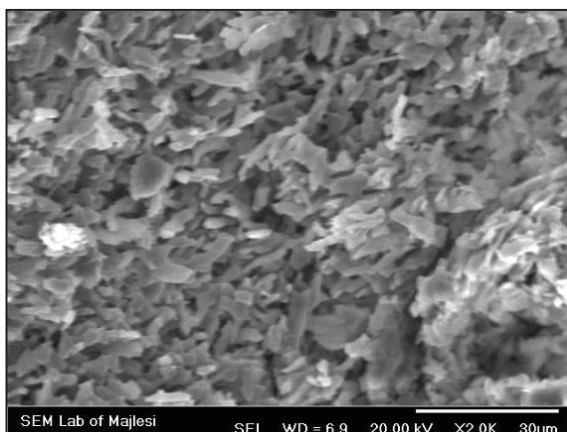
از لایه بستر سوم که لایه گچ اصلی است و نقاشی های تزئینی سقف بر آن اجرا شده، نمونه برداری انجام شد. تصاویری با بزرگنمایی ۵۰۰ برابر و ۲۰۰۰ برابر از آن تهیه گردید (تصاویر ۱۳ و ۱۴) که تصویر بلورها نسبت به بلورهای لایه های قبلی متفاوت است. در این تصاویر، بلورهای صفحه ای که روی هم قرار گرفته اند بیشتر به چشم می خورد. بلورهای سوزنی ژپس در برخی نقاط وجود دارد. وجود حفره ها و فضاهای خالی

(۳۲۰) همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی

بین بلورها نشان‌دهنده‌ی وجود آب زیاد به هنگام ساخت ملات گچ بوده. با توجه به شواهد موجود می‌توان گفت که این لایه گچ به صورت نیمه کشته^{۱۶} اجرا شده است و با دو لایه قبلی متفاوت است. همانطور که در تصویر ۱۵ قابل مشاهده است، کریستال‌های گچ در لایه بستر آرایه‌های معماری بقعه ستی فاطمه یزد که در دوره تیموری ساخته شده است، بسیار شبیه به تصویر کریستال‌های نمونه مورد نظر است (تصویر ۱۴).

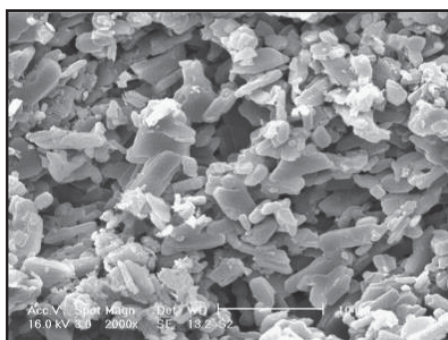


تصویر ۱۳. تصویر SEM از گچ بستر ۳ با بزرگ‌نمایی ۵۰۰ برابر



تصویر ۱۴. تصویر SEM از گچ بستر ۳ با بزرگ‌نمایی ۲۰۰۰ برابر

جدول ۴: نتیجه آنالیز EDX از لایه بستر سوم (بستر رویی)						
	Units	Conc	Error-%Sig	Intensity c/s _i	Line	Elt
	%wt	۰,۷۷۴	۱۲,۱۳۴	۱۵۱,۳۴	Ka	Si
	%wt	۴۱,۹۸۰	۹۱,۸۹۵	۸۶۸۰,۸۰	Ka	S
	%wt	۵۷,۲۴۶	۹۰,۷۶۷	۸,۴۶۹,۱۱	Ka	Ca
Total	%wt	۱۰۰,۰۰۰				



تصویر ۱۵. SEM از گچ بستر بقعه سستی فاطمه یزد با بزرگنمایی ۲۰۰۰ برابر (حمزوی، ۱۳۸۸) و همچنین آنالیز عنصری نقطه‌ای از این نمونه تهیه گردید. با توجه به جدول شماره ۴، بیشترین نسبت مربوط به عناصر کلسیم و گوگرد (عناصر اصلی گچ) است. با توجه به نتیجه آنالیز فازی XRD (جدول ۳)، نمونه مورد نظر فاقد فاز کلسیت است و مشخص می‌شود که عنصر کلسیم مربوط به گچ است و مقدار ناچیزی سیلیس به صورت ناخالصی در نمونه وجود دارد.

۵- لایه رنگ^{۱۷}

رنگ در نقاشی و هنرهای تجسمی ایران فلسفه و دنیای ویژه خود را دارد. در جهان هنر و در حوزه کاربردی، رنگ شناسی و رنگ سازی دارای حکمت و جهان بینی خاص خود است. فهرست کامل رنگ‌هایی که در گچ‌بری‌های دوره‌ی ایلخانی به کار رفته از این قرار است: سفید، آبی روشن، آبی سیر، سبز، قرمز، پرتقالی، زرد، کرم، قهوه‌ای متمایل به قرمز، قهوه‌ای، سیاه و طلایی. استفاده زیاد از رنگ در دوره‌های قبل معمول نبود و مدت زیادی هم به طول نیانجامید، زیرا کاشی جای آن را گرفت (ویلبر، ۱۳۴۶). از تعدادی از رنگ های استفاده شده در قسمت سقف گنبد، نمونه برداری شد و مورد آزمایش قرار گرفت که مراحل کار و نتیجه آن در این قسمت ارائه می شود:

(۳۲۲) همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی

۵-۱- رنگ سبز تیره: ابتدا بر روی نمونه تست شناسایی آهن^{۱۸} زده شد که جواب مثبت بود. همچنین با قرار دادن نمونه در کوره، رنگ آن در حرارت ۵۰۰ درجه‌ی سانتی گراد، به طلایی رنگ تبدیل شد. این دو از مشخصه های سبز سیلو^{۱۹} است (تصاویر ۱۶ و ۱۷).



تصویر ۱۶. شمشه مرکزی، رنگ سبز با سه تونالیته اجرا شده



تصویر ۱۷. تصویر نمونه رنگ سبز تیره زیر لوپ پس از حرارت

۵-۲- رنگ قلم‌گیری بر روی لایه بستر دوم: جهت تشخیص آلی بودن رنگ از تست حرارت استفاده گردید. نمونه را بر روی شعله‌ی چراغ گازی گرفته، پس از مدتی بی‌رنگ شد. به دلیل آبی بودن رنگ جهت اطمینان تست لاجورد زده شد؛ به این صورت که

مطالعه و بررسی فنی لایه های دیوارنگاره ... (۳۲۳)

رنگدانه‌ی لاجورد با قرار گرفتن در معرض اسید هیدروکلریک بی‌رنگ می‌شود ولی این اتفاق در مورد نمونه‌ی مورد نظر نیفتاد. به همین جهت ذهنیت به سمت رنگینه‌ی آبی نیل رفت که آزمایش مورد نظر انجام گرفت: ابتدا کمی سود به نمونه زده تا محیط قلیایی شود. با اضافه کردن هیپوکلریت سدیم رنگ آبی بی‌رنگ شد، در نتیجه، رنگینه‌ی مورد نظر نیل^{۲۰} است (تصویر ۱۸).



تصویر ۱۸. نمونه رنگ سبز تیره زیر لوپ پس از حرارت



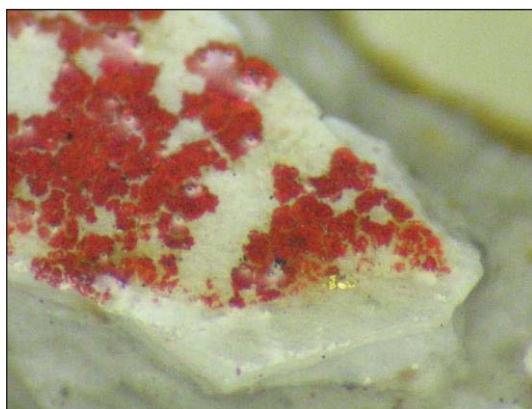
تصویر ۱۹. رنگدانه سفید بر روی رنگ آبی

(۳۲۴) همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی

۵-۳- رنگ قرمز: از رنگ قرمز دیوارنگاره (تصاویر ۲۰ و ۲۱) نمونه‌برداری انجام و سپس این رنگ در حرارت ۳۶۰ درجه‌ی سانتی گراد در کوره، بی‌رنگ شد بنابراین، نمونه مورد بررسی یا آلی و یا رنگدانه‌ی شنگرف^{۲۱} است. در صورتی که قرمز آلی باشد می‌تواند قرمزدانه باشد، بنابراین تست تشخیص پروتئین با شناساگر نین‌هیدرین زده شد که نتیجه منفی بود، بنابراین آزمایش تشخیص شنگرف انجام گرفت. برای تشخیص شنگرف، تست حل در تیزاب سلطانی و استفاده از ورق آلومینیوم انجام گرفت که با مشاهده‌ی رنگ خاکستری، وجود رنگ شنگرف به اثبات رسید. همچنین جهت حصول اطمینان، این آزمایش بر روی نمونه‌ی استاندارد شنگرف نیز انجام گرفت.



تصویر ۲۰. رنگ قرمز شنگرف برای دورگیری طلا به کار رفته است



تصویر ۲۱. جزئیات از رنگ قرمز شنگرف

۴-۵- آرایه های طلایی رنگ در قسمت سقف گنبد: بخشی از شمشه مرکزی سقف و همچنین نقاشی های تزئینی سقف گنبد، به رنگ طلایی است و جلای فلزی دارد (تصاویر ۲۰ و ۲۲) که برای شناسایی آن از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به سیستم آنالیز انرژی پرتوی ایکس پراکنده شده^{۲۲} استفاده شد. با توجه به آنالیزی که از نمونه طلایی رنگ تهیه شد، مشخص گردید که حدود ۸۸ درصد از این نمونه عنصر طلاست. بنابراین آرایه های این بخش را می توان تحت عنوان طلاکاری نام برد (جدول ۵).

جدول ۵. نتیجه آنالیز EDX از ورق طلا در دیوارنگاره سقف گنبد بقعه سید رکن الدین						
	Units	Conc	Error-۲ - sig	Intensity- (C/S)	Line	Elt
	%Wt	۰,۶۴۲	۲۳,۹۱۴	۱۹۴,۰۷	Ka	Mg
	%Wt	۰,۲۱۸	۱۴,۶۴۶	۷۲,۷۹	Ka	Al
	%Wt	۰,۷۱۳	۲۸,۵۷۰	۲۷۷,۰۰	Ka	Si
	%Wt	۲,۵۷۴	۴۶,۰۶۶	۷۲۰,۱۳	Ka	Ca
	%Wt	۰,۴۹۵	۱۵,۰۴۰	۷۶,۷۶	Ka	Cu
	%Wt	۳,۳۵۸	۲۵,۱۷۸	۲۱۵,۱۳	Ka	As
	%Wt	۰,۲۷۳	۸,۰۵۰	۲۱,۹۹	La	Ag
	%Wt	۰,۷۳۸	۱۱,۵۹۱	۴۵,۵۹	La	Sn
	%Wt	۸۷,۷۳۴	۷۵,۹۰۰	۱,۹۵۴,۹۵	La	Au
Total	%Wt	۱۰۰,۰۰۰				

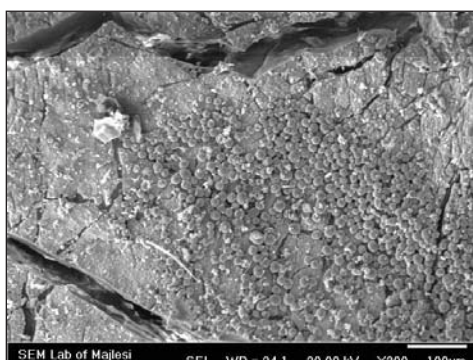
باید به این نکته توجه داشت که تزئین طلاکاری معمولاً به دو روش کلی اجرا می شده است: یا فلز موردنظر به صورت ورق به کمک چسب بر روی سطح مورد نظر چسبانده می شده و یا به صورت پودری به کمک بست در محل مورد نظر اجرا می شده است (حمزوی، ۱۳۹۲). برای تشخیص نوع طلاکاری، با استفاده از لوپ دیجیتالی، تصاویری با بزرگنمایی ۶۰ و ۲۲۰ برابر تهیه شد و جزییات آن مورد بررسی قرار گرفت که هیچ اثری از دانه های طلا یا پودر طلا مشاهده نشد، و ترک های ایجاد شده بر لایه طلا و چروک های ایجاد شده در برخی قسمت ها، نشان دهنده طلا بودن جنس ورق

(۳۲۶) همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی

است. همچنین تصویر SEM با بزرگ‌نمایی ۳۰۰ برابر، از نمونه طلا تهیه شد (تصویر ۲۳). در این تصویر، ورق طلا با ریزترک‌های آن قابل مشاهده است. دانه‌های بسیار ریز که بر روی ورق طلا تجمع پیدا کرده به‌وضوح دیده می‌شود که احتمالاً مربوط به لایه پوششی محافظ است که در شرایط محیطی اکسید شده و به این صورت درآمده است.



تصویر ۲۲. طلای استفاده شده در دیوارنگاره سقف گنبد



تصویر ۲۳. تصویر SEM از طلا با بزرگ‌نمایی ۳۰۰ برابر

بر حسب این که ورق طلا چگونه بر سطح زمینه‌ی طلاکاری چسبیده شود، دو نوع طلاکاری وجود داشته است: طلاکاری آبی و طلاکاری روغنی. در طلاکاری آبی با فعال شدن بست زمینه‌ی طلاکاری توسط آب، ورق طلا روی سطح زمینه چسبیده و بعد سطح ورق طلا را مهره می‌کردند؛ مهره کردن ورق طلا باعث می‌شده که ناهمواری‌های سطحی ورق طلا کاهش یافته و در اثر افزایش صافی ورق طلا، سطح طلاکاری درخشش بیشتری پیدا کند (Dumazet, 2007 نقل در: هولاکویی ۱۳۸۷) اما در

طلاکاری روغنی ورق طلا توسط روغن به سطح زمینه‌ی طلاکاری چسبانده می‌شد. در این مورد وقتی که روغن به حالت نیمه‌خشک می‌رسید، ورق طلا روی آن چسبانده می‌شد. سطوحی که با طلاکاری روغنی تزیین می‌شد را مهره نمی‌کردند (Bamford et al, 1990; MacTaggart, 1985; Dunkerton et al, 1991; نقل در: هولاکویی ۱۳۸۷). طلاکاری روغنی ۲۳ روش ثبت شده طلاکاری در نروژ در قرن ۱۳ میلادی بوده (Plahter-1, 2006, p. 18) و در ایران در دیوارنگاری دوره صفوی، برای طلاچسبانی از روغن کمان استفاده می‌شده است (آقاجانی اصفهانی ۱۳۸۶).

برخلاف سطوحی که به روش طلاکاری آبی کار شده‌اند، که تنها در اثر کشیده‌شدن پارچه سطح طلاکاری‌شده آسیب دیده و از بین می‌رود، طلاکاری‌های روغنی از پایداری خوبی در فضاهای داخلی و خارجی برخوردار است. تنها ایراد طلاکاری روغنی آن است که نمی‌توان سطح آن را مهره کرد (MacTaggart 1985 نقل در: هولاکویی ۱۳۸۷).

با توجه به تصاویر تهیه شده از لایه چسباننده ورق طلا، با بزرگ نمایی ۶۰ و ۲۲۰ برابر، مشخص شد که این لایه به‌صورت تخت اجرا شده است و هدف، لایه چینی نبوده است. معمولاً مواد لایه چینی، ترکیبی از پودر گچ ریز دانه، گل ارمنی، سریشم و آب بوده است (احمدی و دیگران ۱۳۹۲). با حل شدن نمونه در حلال‌های غیر قطبی^{۲۴} و همچنین رنگ و جلای نمونه و الگوی ترک‌های ایجاد شده، این نتیجه حاصل شد که در این بخش، طلاکاری روغنی اجرا شده است^{۲۵} (تصاویر ۲۴ و ۲۵). با استناد به منابع مکتوب مبنی بر کاربرد روغن کمان برای طلاچسبانی در آرایه‌های معماری، می‌توان این ماده را به‌عنوان یکی از احتمالات نزدیک به واقعیت در نظر گرفت. روغن کمان ترکیبی از دو واحد وزنی روغن بزرک و یک واحد وزنی سندروس است که طی یک فرایند پخت در شرایط معین به روغن کمان تبدیل می‌شود^{۲۶} (منشی قمی، قرن ۱۰).



تصویر ۲۴. لایه چسباننده ورق طلا به زمینه گچی، ۶۰ برابر



تصویر ۲۵. لایه چسباننده ورق طلا به زمینه گچی، ۲۲۰ برابر به جز آرایه‌های معماری، از روغن کمان در طلاکاری بروی کاغذ نیز استفاده می‌شده است، مانند: استفاده از روغن کمان یکی از روش‌های طلاچسبانی در کتاب آرایشی است (مجرد اکستانی، ۱۳۷۲). با بررسی بیشتر لایه روغن با لوپ دیجیتال، رنگدانه‌های قرمز به مقدار کم دیده شد که احتمالاً گل سرخ باشد.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله، ابتدا با انجام مطالعات میدانی، لایه‌های مختلف دیوارنگاره سقف گنبد بقعه سید رکن‌الدین، جهت مطالعات بعدی شناسایی شدند. بر خلاف تصور اولیه، تکیه‌گاه این دیوارنگاره از خشت خام است که پس از ۷۰۰ سال همچنان مستحکم است. همچنین با اجرای سونداژ در قسمت‌های مختلف، بستر از یک تا سه لایه روی هم اجرا شده است. با مطالعه‌ی کریستال‌های نمونه گچی، مشخص شد که لایه بستر اول و دوم به‌صورت گچ تیز اجرا شده و لایه بستر سوم (بستر رویی که لایه رنگ بر روی آن اجرا شده) به‌صورت نیمه کشته اجرا شده است. فازهای اصلی آن، ژپس و بازانیت است که وجود بازانیت می‌تواند به‌دلیل هوای گرم و خشک شهر یزد در تابستان و همچنین به‌دلیل وجود کلر و یا برخی از نمک‌ها در حضور گچ باشد. رنگ سبز تیره که در شمشه مرکزی اجرا شده است، سبز سیلو شناخته شد و رنگ قرمز که برای دورگیری طلاکاری استفاده شده، رنگدانه شنگرف. قلم‌گیری‌های روی لایه بستر دوم که به رنگ آبی است، با رنگینه نیل اجرا شده و قسمت‌های طلایی رنگ با ورق طلا اجرا شده است. شیوه

مطالعه و بررسی فنی لایه های دیوارنگاره ... (۳۲۹)

طلاکاری، روغنی است که احتمالاً با روغن کمان ورق طلا بر زمینه چسبانده شده، و زمینه کار تخت است و پیش فرض لایه چینی بودن زمینه منتفی شد.

سپاسگزاری

نگارنده بر خود لازم می‌داند بدین وسیله از کمک‌های آقایان مجید علومی، حسین قرقانی، محمد شعرفاف، مسلم میش مست نهی، مدیریت میراث فرهنگی یزد و هیئت امنای بقعه سید رکن‌الدین تشکر و قدردانی نماید.

پی‌نوشت‌ها

۱- بانی مدرسه و رصد مولانای اعظم سعید رکن الحق و الدین محمد بن نظام الحسینی است، و او سلطان سادات و اهل عمامیم بوده و خیرات او بیرون از حصر است. و این عمارت بر علو همت او دال است (کاتب قرن ۹ ه.ق) وی از حامیان معروف معماری بود که امر به ساختن موسسه وقت الساعت داد (ویلبر ۱۳۴۶: ۱۷۳).

۲- سال ۷۲۵ هجری قمری

3 - X-ray diffraction

4 - Scanning Electron Microscope یا میکروسکوپ الکترونی روبشی

5 - Energy Dispersive X-ray microanalysis

6 - Spot Test

7 - support

۸- به پوسته داخلی گنبد در گنبدهای دوپوش گفته می‌شود (شمس ۱۳۸۸ ؛ فرشته نژاد ۱۳۸۹ ؛ زمرشیدی ۱۳۸۴ ؛ مظفرو ولی بیگ ۱۳۸۹).

9 - scratch coat (arriccio)

10 - fine coat (intonaco)

11 - Dino Digital Microscope, Version: 2.9.0.0

12 - fast-setting gypsum Plaster

13 - Primery layer

۱۴- یک فاز مشخص و مجزا بین ژپس و انیدریت است ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) که فقط توسط XRD یا پتروگرافی دقیق شناخته می‌شود. به این فاز سولفات کلسیم همی هیدرات یا گچ نیم آبه و گچ پخته نیز می‌گویند. این کانی (بازانیت) در سیستم اورترومبیک متبلور می‌شود (میش مست نهی ۱۳۸۵).

۱۵- از میان سولفات‌های آبدار، ژپس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ، مهم‌ترین و فراوان‌ترین کانی است. ژپس ساختاری منوکلینیک پریسماتیک، دارد و شامل گروه‌های ۲- (SO_4) به موازات صفحه {۰۱۰} است که با پیوندی قوی به Ca^{2+} متصل هستند (کلاین و هارلیوت ۱۹۹۹).

16 – slow-setting gypsum Plaster

17 – paint layer

۱۸- محلول تهیه‌شده از نمونه با اسید نیتریک حرارت داده شد و سپس چند قطره از محلول پتاسیم فرو سیانید به آن‌ها اضافه شد. ایجاد رنگ آبی دلیل وجود یون آهن سه ظرفیتی در نمونه بود.

19 – Natural green or mineral earths colored by Iron-II-silicates, copper silicates, Aluminum, Iron Oxides, Magnesium, Potassium, Hydrated Iron Potassium Silicate or calcium iron/aluminium silicates; Al-, K-, Mg-, Ca- and Fe-Silicate (<http://www.artiscreation.com> 2014/11/2)

۲۰- با فرمول شیمیایی $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2$

21 – vermilion pigment

22 – SEM-EDX

23 – Oil Gilding

۲۴- و حل نشدن آن در آب

۲۵- برای سندیت بخشیدن به این نکته، لازم است آنالیزهای دستگاهی جهت شناسایی دقیق نمونه انجام پذیرد.

۲۶- صادقی بیگ افشار در قانون الصور نحوه عمل‌آوری روغن کمان را به‌نظم بیان نموده :
در پختن روغن کمان ... (منشی قمی، قرن ۱۰: ۱۶۳-۱۶۴). به عقیده گروهی از محققین، وجه تسمیه روغن کمان به استفاده از آن در صنعت کمان‌سازی برمی‌گردد (شاكریان، ۱۳۸۷: ۱۲).

منابع

- آقاجانی اصفهانی، حسین؛ اصغر جوانی (۱۳۸۶). دیوارنگاری عصر صفویه در اصفهان. تهران، فرهنگستان هنر.
- احمدی، حسین؛ عباس عابد اصفهانی و عادلہ محتشم (۱۳۹۲). بررسی روش‌های اجرای تزیینات برجسته مطلا بر ازاره‌های سنگی کوشک قاجاری شمس العماره در تهران. دو فصلنامه علمی پژوهشی مرمت و معماری ایران، سال سوم، شماره ششم، صص ۵۵-۶۸
- جتتنز، رادرفورد؛ جورج ال استات (۱۳۷۸). فرهنگ فشرده رنگدانه‌های هنری. ترجمه‌ی. حمید فرهمند بروجنی با همکاری حمیدرضا بخشنده فرد. اصفهان، ناشر: حمید فرهمند بروجنی
- جعفری، جعفر بن محمد بن حسن. (قرن ۹ ه.ق). تاریخ یزد، به کوشش ایرج افشار، (۱۳۳۸)، تهران: بنگاه نشر و ترجمه کتاب.
- حمزوی، یاسر (۱۳۸۸). معرفی تزیینات گچی بناهای دوره تیموری شهر یزد و فن‌شناسی تزیینات گچی بقعه سنی فاطمه (قرن ۹ ه.ق). پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته مرمت اشیای تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان.
- حمزوی، یاسر (۱۳۹۲). طلاکاری آرایه‌های گچی قالبی در بقعه سید رکن‌الدین یزد. دو فصلنامه علمی پژوهشی مطالعات هنر اسلامی، سال دهم، شماره نوزدهم، صص ۱۱۱-۱۲۴
- خادم زاده، محمد حسن. (۱۳۸۷). معماری دوره آل مظفر (ایلخانی و تیموری)، تهران: هم پا
- خاکباز الوندیان، الهه (۱۳۸۴). شناسایی تکنیک ساخت گچبری‌های منحصر به فرد بقعه ایلخانی سید رکن‌الدین شهر یزد. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته مرمت اشیای تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان.
- شاکریان، شایان (۱۳۸۷). ساختار شناسی روغن کمان در راستای طرح حفظ و مرمت قلمدان‌های تاریخی. پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته مرمت اشیای تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان.
- شمس، صادق (۱۳۸۸). جلوه‌هایی از هنر معماری ایران زمین. تهران، علم و دانش - نوآوران دانشگاه پارسه.
- زمرشیدی، حسین (۱۳۸۴). معماری ایران مصالح شناسی سنتی. چاپ سوم، تهران، زمرد.
- فرشته نژاد، مرتضی (۱۳۸۹). فرهنگ معماری و مرمت معماری ۱. اصفهان، ارکان دانش.

(۳۳۲) همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی

- کاتب، احمد بن حسین بن علی. (قرن ۹ ه.ق). تاریخ جدید یزد، به کوشش ایرج افشار (۱۳۸۶)، تهران: امیرکبیر
- کلاین، کرنلیس و هارلبوت، کرنلیوس (۱۹۹۹). راهنمای کانی‌شناسی. ترجمه فرید مر و سروش مدبری (۱۳۸۶)، چاپ دوم، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.
- گلاگ، جی، و سومی هیرا موتو گلاگ (۱۳۳۵). سیری در صنایع دستی ایران. تهران: بانک ملی ایران
- گلستانی فرد، فرهاد، محمد علی بهره‌ور و اسماعیل صلاحی (۱۳۸۷). روش‌های شناسایی و آنالیز مواد. چاپ سوم، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران
- مجرد تاکستانی، اردشیر (۱۳۷۲). راهنمای نقاشی و کتاب آرایی در ایران. قم، آستانه مقدسه حضرت معصومه (س).
- مستوفی بافقی، محمد مفید (۱۳۴۰). جامع مفیدی. به کوشش ایرج افشار، ج ۳، تهران: کتابفروشی اسدی.
- مظفر، فرهنگ و ولی بیگ، نیما (۱۳۸۹). فرهنگ نامه واژه‌های کهن ساختمان و هنرهای وابسته. اصفهان، گلدسته.
- منشی قمی، قاضی میراحمد شرف‌الدین حسین (قرن ۱۰ ه.ق). گلستان هنر، به تصحیح و اهتمام احمد سهیلی خوانساری، (۱۳۶۶) چاپ سوم، تهران، کتابخانه منوچهری.
- میش مست نهی، مسلم (۱۳۸۵). تحلیل فن شناسی، وضعیت حفاظتی و مدل‌سازی آسیب‌شناسی گچبری‌های کوه خواجه سیستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته مرمت اشیای تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان.
- ویلبر، دونالدن (۱۳۴۶). معماری اسلامی ایران در دوره ایلخانان. ترجمه‌ی عبدالله فریار. تهران: بنگاه ترجمه و نشر کتاب.
- هولاکویی، پرویز (۱۳۸۷). فن‌شناسی و آسیب‌شناسی لایه‌چینی تزیینات برخی از بناهای دوره‌ی صفوی اصفهان (عالی‌قاپو، چهل‌ستون و هشت‌بهشت). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته مرمت اشیای تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر تهران، پردیس باغ ملی

- Bomford, D. Dunkerton, J. Roy, A (1990). Italian Painting before 1400. National Gallery Press, London.
- Dumazet, S. Genty, A. Zimla, A. Contencin, F-X. Texier, A. Ruscassier, N. Bonnet, B. and Callet, P. (2007). Influence of the Substrate Colour on the

مطالعه و بررسی فنی لایه های دیوارنگاره ... (۳۳۳)

Visual Appearance of Gilded Sculptures. XXI International CIPA Symposium, Athens.

- Dunkerton, Jill (2000). The Restoration of Gilding on Panel Painting Gilding Approaches to Treatment (pp. 39-46). UK.London: James and James Ltd.

- MacTaggart, P. & MacTaggart, A. (1985). Practical Gilding. Mac & Me Ltd, London.

- Plahter-1, Unn (2006). The Crucifix from hemse. Analyses of the Painting Technique Medieval Painting in northern Europe : Techniques ,Analysis ,Art History (pp. 11-19): Archetype Publication Ltd.

- Richardson, Ruth (1991). The History and Techniques of Pressbrokaat Gilding and Surface Decoration (pp. 36-39). UK: The United Kingdom Institute for Conservation.

- <http://www.artiscreation.com/> (2.11.2014)

[صفحه سفید]