

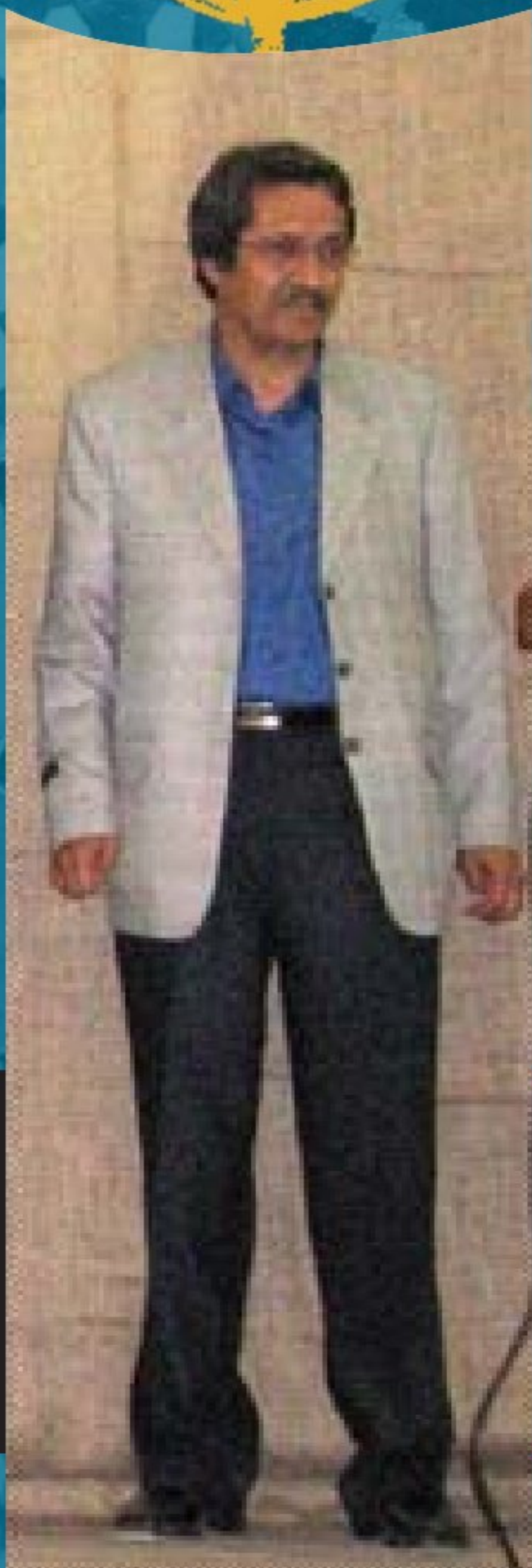
دانش مرمت و میراث فرهنگی

دوفصلنامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی

سال ششم شماره ۴ - شماره پیاپی ۵ - زمستان ۸۸ - بهار ۸۹



- حسام اصلانی، مسلم میش مست نهی / بررسی کاشی های زر اندود بقاع مذهبی اصفهان.
- فریبا مجیدی / مدیریت و برنامه ریزی برای حفظ و مرمت در کاوش های باستان شناسی.
- وحید پور زرقان / حفاظت و مرمت شیشه های تاریخی.
- معصومه تفرشی، غلام رضا وطنخواه / بررسی علل خشکی در چرم و درمان چرم های خشک شده.
- محمد رضا کمالی / معماری دوره ی قاجار.
- مهدی رازانی، حمید رضا بخشنده فرد، اصغر توکلی / فلزکاری سلجوقی اسلامی با هویت ایرانی.
- محسن محمدی / غلام رضا وطنخواه، علی اکبر عنایتی / بررسی نانوذرات نقره و قابلیت استفاده از آن در حفاظت و مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی.
- محمد حدادی / تاثیر اثر فتوکاتالیستی و آبدوستی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در حفاظت از آثار تاریخی.
- ردوریکو، ج. داوید، ج. کاربرد ذرات نانو هیدروکسید کلسیم برای اسیدزدایی چوب: کاهش انتشار بخارات اسیدی آلی از محیط داخل پیانوی کلیسا / برگردان به فارسی: روجا زرودی.



بدین وسیله درگذشت جانگداز
استاد دکتر محمد حسین وافی را به کلیه مرمّگران و
دوستان میراث فرهنگی تسلیت می‌گوییم.



مشاوران این شماره:

دکتر احمد صالحی کاخکی، استادیار گروه مرمت دانشگاه هنر اصفهان
دکتر غلام رضا وطنخواه، استادیار گروه مرمت دانشگاه هنر اصفهان.
عباس عابد اصفهانی هیئت علمی دانشگاه آزاد خوراسگان.
مهندس حمید فرهمند بروجنی، هیئت علمی دانشگاه هنر اصفهان.
مهندس حسام اصلانی، عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اصفهان.
محمد مرتضوی، دانشجوی دکترای مرمت آثار تاریخی دانشگاه هنر اصفهان

محورهای مورد نظر نشریه دانش مرمت و میراث فرهنگی جهت انتشار مقالات

دانش مرمت و میراث فرهنگی مطالبی مربوط به موضوعات زیر را با نظر هیئت تحریریه نشریه انتشار خواهد داد.

۱- مرمت: شامل انواع مقالات، ترجمه ها، دیدگاه ها، گزارش ها، مصاحبه ها و اخبار در رابطه با مباحث مرمت ابنیه و آثار و تزیینات وابسته به معماری تاریخی- فرهنگی ایران و جهان
۲- باستان شناسی: شامل انواع مقالات، ترجمه ها، دیدگاه ها، گزارش ها، مصاحبه ها و اخبار در رابطه با مباحث باستان شناسی در محوطه های تاریخی ایران و جهان

۳- گردشگری: شامل انواع مقالات، ترجمه ها، دیدگاه ها، گزارش ها، مصاحبه ها و اخبار در رابطه با مباحث گردشگری در ایران و جهان
۴- موزه داری: شامل انواع مقالات، ترجمه ها، دیدگاه ها، گزارش ها، مصاحبه ها و اخبار در رابطه با مباحث و اقدامات موزه داری در ایران و جهان

۵- میراث فرهنگی: شامل انواع مقالات، ترجمه ها، دیدگاه ها، گزارش ها، مصاحبه ها و اخبار در رابطه با مباحث تاریخ هنر، صنایع دستی، معماری، شهرسازی، هنرمندان و...

صاحب امتیاز: انجمن علمی دانشجویان دانشکده

مرمت دانشگاه هنر اصفهان.

مدیر مسئول: مهدی رازانی.

سردبیر: محسن محمدی.

طراح جلد و صفحه آرا: خسروی.

بازخوانی و ویرایش مقالات: عادلہ محتشم. مهدی رازانی

همکاری های امور اجرایی: احسان نوروزی.

مطالب ارائه شده در مقالات بیانگر نظر نویسندگان آن هاست

استفاده از مطالب این نشریه با ذکر منبع آزاد است.

نشریه در ویرایش و تصحیح مقالات آزاد است.

آدرس دفتر نشریه: اصفهان - خیابان حکیم نظامی، کوچه سنگتراش ها،

انتهای کوچه (محلہ تبریزی ها)، خانه داوید،

دفتر انجمن علمی دانشکده ی مرمت

آدرس پست الکترونیکی:

E mail: nashriyeh@au.ac.ir

حسام اصلانی، مسلم میش مست نهی
بررسی کاشی های زر اندود بقاع مذهبی اصفهان/ ۶

وحید پور زرقان
حفاظت و مرمت شیشه های تاریخی/ ۳۲

محمد رضا کمالی
معماری دوره ی قاجار/ ۴۷

محسن محمدی / غلام رضا وطنخواه، علی اکبر عنایتی
بررسی نانوذرات نقره و قابلیت استفاده از آن در
حفاظت و مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی/ ۶۴

برگردان به فارسی: روجا زرودی
ردوریکو، ج.، داوید. چ. کاربرد ذرات نانو هیدروکسید کلسیم
برای اسیدزدایی چوب: کاهش انتشار بخارات اسیدی آلی
از محیط داخل پیانوی کلیسا/ ۷۷

فریبا مجیدی
مدیریت و برنامه ریزی برای حفظ و مرمت در
کاوش های باستان شناسی/ ۱۳

معصومه تفرشی، غلام رضا وطنخواه
بررسی علل خشکی در چرم و درمان چرم های خشک شده/ ۴۲

مهدی رازانی، حمید رضا بخشنده فرد، اصغر توکلی
فلزکاری سلجوقی هنری اسلانی با هویت ایرانی/ ۵۵

محمد حدادی
تاثیر اثر فتوکاتالیستی و آبدوستی
نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در حفاظت از آثار تاریخی/ ۶۹

محمد یونسی، مهدی حاجی زاده
طرح بازسازی خانه بنجامین فرانکلین/ ۸۶

سخن سردبیر

ایران سرزمینی است که آثار تاریخی و فرهنگی آن خود به بهترین شکل گویای فرهنگ کهن و غنی آن است و حفظ گویایی این زبان شیوا جهت گسترش و نمایاندن اصالت ها و مفاهیم هنری تافته با روح زندگی مردمان این سرزمین بر هر فردی لازم است. اکنون که در این راستا گام نهاده و خرد خرد زحمات کوچکمان به بار می نشیند، وظیفه ها سنگین تر گشته و باز شدن هر دری درهای بسته بسیاری را نمایان می سازد. هر چند جدال کهنه و نو و دید کهن انگارانه از حفاظت در ایران، همچنان با نیت خیر گفتارانه خود، سدهای بسیاری در برابر نه‌ر‌هایی می سازد که عزم دریا شدن دارند، لیکن خدای را سپاس که دلسوزان - پایداریشان فزون باد - خطر «انتقال اشتباهات از نسلی به نسل دیگر» را گوشزد نموده و آگاهی مان را افزون نموده اند. در این میان، به حکم وظیفه، سعی مان بر آن است که نقطه ای کوچک در عرصه سفید این دانش سرزمینمان را بارور کنیم. در این راستا هر چند راه خطیر است و یاران اندکند اما امیدمان به تلاشی است که آتش آن جاودان باشد و هیچ دریایی را یارای خاموشی آن نباشد. کوششی که انتقادهای به گوش جان شنیده و همواره در پی یافتن و عمل نمودن به حقیقت برهنه ای است که هر طالب علمی در جستجوی آن است. به همین جهت بر آنیم که مانند گذشته، فریادوار ندای یاری طلبیم و بر همت خود بیفزاییم. باشد که زین پس یاران فزون گردند و آرایه های کهن، نیکو



بررسی کاشی‌های زراندود بقاع مذهبی اصفهان

حسام اصلاتی، مسلم‌میش مست‌نهی

چکیده

کاشی‌های زراندود، گروهی از باارزش‌ترین محصولات سفالگران ایرانی به‌شمار می‌روند؛ این گروه کاشی‌ها پس از تغییرات گونه‌گون در فن آوری، در دوره‌ی صفوی به‌صورت دو تکنیک کاملاً مشابه ظاهر شدند که به‌خوبی در بقاع مذهبی اصفهان قابل رؤیت هستند. این پژوهش به بررسی دقیق این دو تکنیک موازی می‌پردازد و می‌کوشد نحوه‌ی ساخت این کاشی‌ها را شناسایی کند. کلیدواژگان: اصفهان، بقاع مذهبی، کاشی زراندود، لایه‌ی طلایی



مقدمه

کیمیاگری آرزویی دیرین است که در گذشته انسانهای زیادی را به خدمت گرفت تا مس را به طلا بدل کنند، ولی این آرزو جامه‌ی عمل نپوشید مگر نزد آنانکه «خاک را به نظر کیمیا کنند»، و این واقعیتی بود که کاشی کاران به آن رسیدند و رنگ طلایی را از کوره‌های زرین فام بیرون آوردند.

اما گروهی دیگر از کاشی‌ها نیز بودند که نام و رنگ طلا را بر دوش می‌کشیدند که به زراندود معروف شدند؛ و بدین سان لعاب و طلاچندین قرن در گرانباترین نوع، همزیستی دوستانه‌ای داشتند تا آن زمان که تاریخ، اساتید این فن را همراه با آموخته‌هایشان در غبار خویش گرفت و به فراموشی سپرد، ولی نمونه‌های دست‌رنج این اساتید همچنان زیبا و ظریف خودنمایی می‌کنند. برای نمونه می‌توان به کاشی‌های زراندود با نقش اژدها مکشوفه از تخت سلیمان اشاره کرد. اما در ادوار بعدی از ظرافت و حجم نقوش کاسته شد و کاشی کاران فقط به این موضوع بسنده کردند که سطحی از لعاب را با طلاپوشانند.



تصویر ۱: کاشی زراندود با نقش اژدها، مکشوفه از تخت سلیمان، دوره‌ی ایلخانی «رنگ طلایی در روی سطوح کاشی‌هایی به رنگ عسلی قرار داشته و از بین رفته است. به عبارت دیگر سطوحی که امروز به رنگ عسلی مشاهده می‌شود در گذشته، در اغلب بناها طلایی رنگ بوده است. اثر رنگ طلایی روی کاشی هنوز در مسجد شاه مشهد و مزار تایباد (زین الدین ابوبکر تایبادی) وجود دارد» (دانشدوست، اثر، شماره‌ی ۱۹).

سانسون که در زمان شاه اسماعیل از اصفهان بازدید کرده در سفرنامه خود می‌نویسد: «تمام نمای مسجد را با کاشی لاجوردی براق رنگ آمیزی کرده‌اند. بعضی قسمتهای آن با شاخ و برگ‌ها و کنگره‌های نیم برجسته و طلایی رنگ تزئین شده است. پيشانی ایوان‌ها طلایی رنگ و لاجوردی می‌باشد ... مثل همه‌ی ایوانهای اطراف صحن مسجد با طلا رنگ آمیزی شده است» (سانسون، سفرنامه، ۱۳۷۸).

با توجه به این مدارک و مستندات فراوان دیگر، حضور لایه‌ای طلایی رنگ در دوره‌ای متفاوت از دوران کاشی زرین فام به اثبات می‌رسد. ولی امروز کشف و مشاهده‌ی این بقایا به سختی صورت می‌گیرد، زیرا عموماً تخریب شده‌اند. شاید از دلایل اصلی تخریب این لایه نسبت به لایه‌های طلایی روی تزئینات نقاشی بتوان به حضور کاشی کاری‌ها در فضای بیرونی بناها اشاره کرد که کاشی‌ها را به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی خصوصاً رطوبت و آب باران قرار می‌دهد و باعث می‌شود تا لایه‌ی طلایی نسبت به لایه‌ی لعاب به شدت تخریب شده تا

حدی که در حال حاضر چیز زیادی از آنها باقی نمانده است.

همچنین روش مرمت یا تعمیر سنتی (تعویض قطعات فرسوده) باعث شده تا در برخی از بناها صورت ظاهری کاشی-کاری قدیمی باقی مانده باشد، ولی خود کاشی کاری اصلی دیگر وجود نداشته باشد. (کاشی کاری داخل بقعه‌ی شهشهان و...) در بسیاری از کتیبه‌های صفوی که در سر در مساجد یا امام زاده‌ها وجود دارد، نام شاه صفوی بانی بنا، یا شاه معاصر دوره‌ی ساخت بنا را در وسط کتیبه‌ی کاشی معرق می‌بینیم که با رنگ عسلی کار شده و از بقیه‌ی کتیبه متمایز است و احتمالاً روزی مزین به لایه‌ی طلایی بوده است.

از بین بقاع مذهبی اصفهان که در این طرح مورد بررسی قرار گرفتند، فقط سه بقعه دارای کاشی کاری مزین به لایه‌ی طلایی بودند، که از این بین، یک بقعه یعنی درب امام قبلانشناسایی و بررسی شده بود.

کاشی‌های زراندود درب امام

کاشی‌های شش ضلعی زراندود بقعه‌ی درب امام از نمونه‌های نفیس و منحصر به فرد اجرای این تکنیک کاشی کاری محسوب می‌شوند. نقوش بسیار ظریفی که روی این کاشی‌ها مطلا شده‌اند، تحسین هر بیننده‌ای را برمی‌انگیزند. ج. وهاب نژاد با ارجاع به منابع مکتوب در پژوهش خود به این نتیجه رسید که این نقوش توسط شابلون و پودر طلا روی لایه‌ی قرمز رنگ، نقاشی شده و سپس دوباره در کوره تا دمایی حدود ۶۰۰ درجه سانتی گراد حرارت دیده‌اند تا بین لایه‌ی طلا و لعاب به کمک لایه‌ی چینی وسط پیوند به وجود بیاید. در ادامه، صحت و سقم این نظر مورد بازبینی قرار خواهد گرفت.



تصویر ۲: آزاره‌ی کاشی‌های زراندود بقعه‌ی درب امام

در محراب و ازاره و محراب اجرا شده است.



تصویر ۵: ازاره‌ی کاشی‌های زراندود بقعه‌ی هارون ولایت

کاشی‌های زراندود بقعه‌ی امامزاده اسماعیل

ازاره‌های حرم امام زاده اسماعیل به ارتفاع یک متر با کاشی‌های شش ضلعی برجسته و سبز رنگ تزئین شده و از بالای ازاره‌ها به بعد پوشش دیوارها و سقف گنبد با گچ‌بری‌های برجسته و طلاکاری‌های ظریفی که در قسمت ترنج وسط به یک ستاره‌ی دوازده پر، منتهی می‌شود آراسته شده است. کاشی‌کاری ازاره‌ی بقعه‌ی امامزاده اسماعیل عبارت از کاشی‌کاری‌های شش ضلعی با نقوش گل و برگ به صورت برجسته است. با توجه به شواهد، به نظر می‌رسد دارای لایه‌چینی قرمز رنگ بوده و شاید نیز روی لایه‌چینی، لایه‌ی طلایی وجود داشته است.



تصویر ۶: جزئیات بقایای لایه‌چینی و لایه‌ی طلا روی کاشی‌های شش ضلعی امام زاده اسماعیل

اما بخشی از کاشی‌های مطلا که از دید ج. و هاب نژاد پنهان مانده، حاشیه‌ی کاشی معرقی است که اطراف کاشی‌های شش ضلعی قرار گرفته‌اند. در این قطعات معرق از کاشی‌هایی با لعاب عسلی رنگ استفاده شده است که در صورت دقت در برخی قسمت‌ها می‌توان بقایای لایه‌ی طلایی را روی این کاشی‌ها (کاشی‌های معرق عسلی رنگ) مشاهده کرد. همچنین ایوان نفیس این بقعه نیز که مزین به کاشی معرق بسیار ظریفی است، دارای کاشی‌هایی با رنگ عسلی است. بررسی این کاشی‌ها نیز منجر به کشف بقایای بسیار ریزی از لایه‌ی طلایی شد که به دلیل انعکاس نور از سطح لعاب قابل دیدن بود و طلایی بودن کاشی‌های عسلی رنگ در ایوان نیز محرز گردید. شایان ذکر است که لایه‌ی طلایی در قطعات معرق کل سطح یک قطعه‌ی عسلی رنگ را می‌پوشانده است.



تصویر ۳: قطعات معرق مزین به لایه‌ی طلا در حاشیه‌ی کاشی‌های زراندود شش ضلعی درب امام



تصویر ۴: کاشی شش ضلعی زراندود، درب امام

کاشی‌های زراندود بقعه‌ی هارون ولایت

ازاره‌ی اتاق مرقد امامزاده تا ارتفاع ۱,۵ متر با کاشی معرق پوشانده شده است. این اتاق در جهت قبله دارای محرابی است مزین به اسماء الهی که با کاشی معرق اجرا شده‌اند. رنگهای غالب در این کاشی‌کاری‌ها رنگهای لاجوردی، عسلی و سفید هستند (رنگ سفید در محراب غالب است) که لایه‌ی طلایی روی رنگهای عسلی و در برخی قطعات سفید،



تصویر ۷: ازاره‌ی کاشی کاری شش ضلعی و حمیل لاجوردی

در هر جبهه تعدادی کاشی شش ضلعی مسطح با رنگ آبی فیروزه‌ای به چشم می‌خورد که روی آنها بقایایی از لایه‌ی نازک ماده‌ی آلی دیده می‌شود و شاید بستری برای نشستن لایه‌ی طلایی بوده است.

اما مهمترین بخش، حمیل لاجوردی است که این کاشی کاری‌های شش ضلعی را در بر گرفته است. این حمیل لاجوردی که عرضی معادل ۴ سانتی متر دارد، بقایایی از چندین لایه‌ی طلایی را روی خود نشان می‌دهد که اولین لایه مستقیماً روی سطح لعاب اجرا شده بود و بقیه‌ی لایه‌ها به عنوان مرمت یا تعمیر قسمتهای تخریب شده روی لایه‌های قدیمی کار شده بودند.

بررسی فن شناسی کاشی‌های زراندود

در این قسمت ابتدا به منابع مکتوب تاریخی و جدید اشاره می‌شود که در مورد تکنیک‌های زراندود کردن یا استفاده از طلاروی کاشی یا ظروف لعاب دار سخن گفته‌اند و سپس با بررسی نتایج آزمایشگاهی به دست آمده، به نتیجه گیری در مورد تکنیک کار احتمالی مورد استفاده در کاشی‌های مورد بررسی پرداخته می‌شود.

«این ظروف (ظروف مینایی) که بیشتر دارای زمینه‌ی سفید و آبی می‌باشند، پس از اینکه با رنگهای مختلفی روی آنها نقاشی می‌نمودند دوباره به کوره می‌برده‌اند. گاه برای اینکه به نقوش این ظروف جلوه‌ی بیشتری دهند، آنها را زراندود ساخته‌اند. زیباترین نوع ظروف مینایی آنهایی است که نقوش و شاخ و برگ و طرحهای اسلیمی بر روی آنها به طور برجسته نموده شده است و بعداً زراندود شده‌اند.» (فیروز، ۱۳۵۴)

«لوازمی که توسط تکنیک لاجوردینه تزئین می‌یافته پس از قالب ریزی با رنگهای سفید، لاجوردی و در مواردی نادر فیروزه‌ای، لعاب داده می‌شده‌اند و پس از اضافه شدن رنگهای قرمز، سیاه یا قهوه‌ای بر روی لعاب، برای بار دوم در معرض حرارت قرار می‌گرفته‌اند.

همچنین در برخی موارد طلاکاری بر روی این لوازم انجام می‌گرفت.» (کاربونی، ۱۳۸۱)

به نقل از ابوالقاسم عبدالله ابن محمد ابی طاهر: «اگر خواهند که آلات شفاف و مصمت هر دو مطلا کنند، یک مثقال زر سرخ به بیست و چهار ورق بکوبند و در میان کاغذی نهند به حص مالیده و بوشق محلول بر آلات به قلم می‌چسبانند و به پنبه هموار می‌کنند و سرخ قمصری با قدری آبگینه‌ی مسحوق آمیخته تزویق کنند.

و لون سفید، سفید آب رصاص به آبگینه‌ی محلول و سیاهی را مزرد به آبگینه آمیخته، و زردی را توبال حدید محلول نقش کنند، و هر یک را در غلاف سفالین در تنور طلی نهند که برای این کار ساخته باشند، و به آتشی نرم از بام تا زوال می‌پزند، و دم به دم به نمونه تجربه می‌کنند.

تمام آلات طلا از کتابه و غیره برین سیاق سازند، و اگر آلات هفت رنگ خواهند که در این زمان مندرس است، والله اعلم بالصواب.» (افشار، ۱۳۶۷) پس از نمونه برداری، آزمایش‌ها در سه گروه مشاهدات میکروسکوپی (نوری و الکترونی)، تجزیه‌ی شیمیایی و SEM-EDX برای نمونه‌های مختلف انجام شد، نتایج به شرح زیر است:

کاشی شش ضلعی سبز رنگ درب امام

پس از تهیه‌ی مقطع عرضی دقیق و مناسب مشاهدات نشان دهنده‌ی سه لایه‌ی اصلی روی بدنه‌ی کاشی بود:

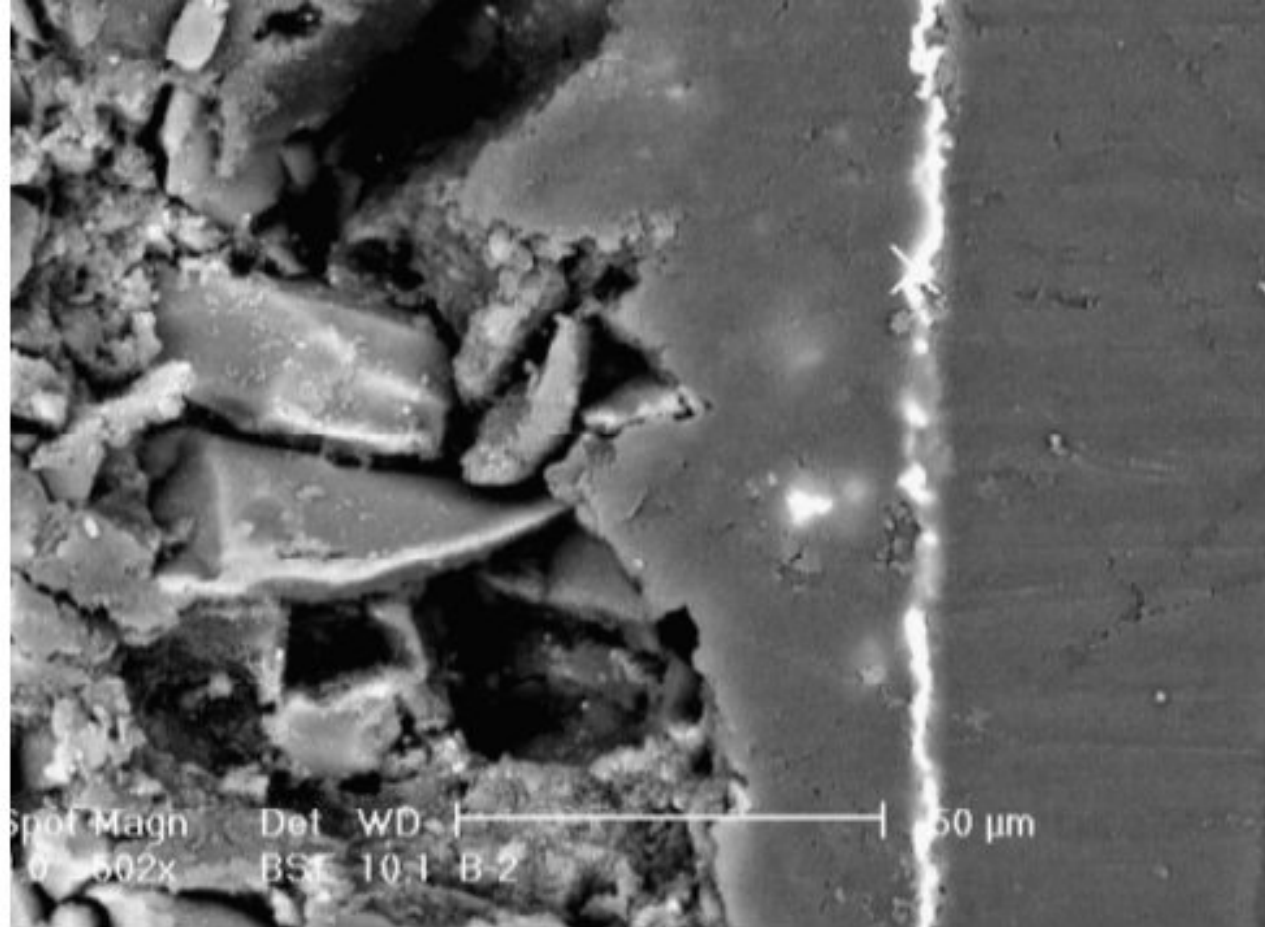
- ۱- لایه‌ی لعاب سبز رنگ با قطر تقریبی ۸۰ میکرومتر.
- ۲- لایه‌ی قرمز رنگ لایه چینی با قطر تقریبی ۸ میکرومتر.
- ۳- لایه‌ی طلایی رنگ که ساختاری یک دست و ورقه مانند داشت، با قطر حدود ۲ میکرومتر.

برای اتصال لایه‌ی طلا به لعاب دو راه حل وجود دارد:

- ۱- لایه چینی و استفاده از بست آلی (چسب، روغن، صمغ و...)
- ۲- اتصال به وسیله‌ی پخت مجدد لعاب که در بسیاری از متون خصوصاً متن عرایس الجواهر (اثر ابوالقاسم عبدالله کاشانی)، به آن اشاره شده است. برای پخت مجدد باید دمای کوره حداقل بیش از ۴۰۰ درجه باشد تا لعاب مجدداً نرم شود و با لایه‌ی طلا اتصال پیدا کند. بنابراین اگر لعابی دچار باز پخت شده باشد، نباید اثری از ماده‌ی آلی در آن باقی مانده باشد و این تفاوت مرزی برای شناخت تکنیک ساخت لعابهای مذکور بود که از آزمایش شیمیایی سوختن تر (اسید سولفوریک غلیظ و حرارت) برای این منظور استفاده شد.

جواب آزمایش سوختن تر برای کاشی‌های شش ضلعی مثبت بود و حضور مقدار قابل توجهی ماده‌ی آلی باقی مانده در آن به اثبات رسید. بنا بر این مسئله باز پخت این کاشی‌ها که قبلاً در تحقیق قبلی به آن اشاره شده بود منتفی است.

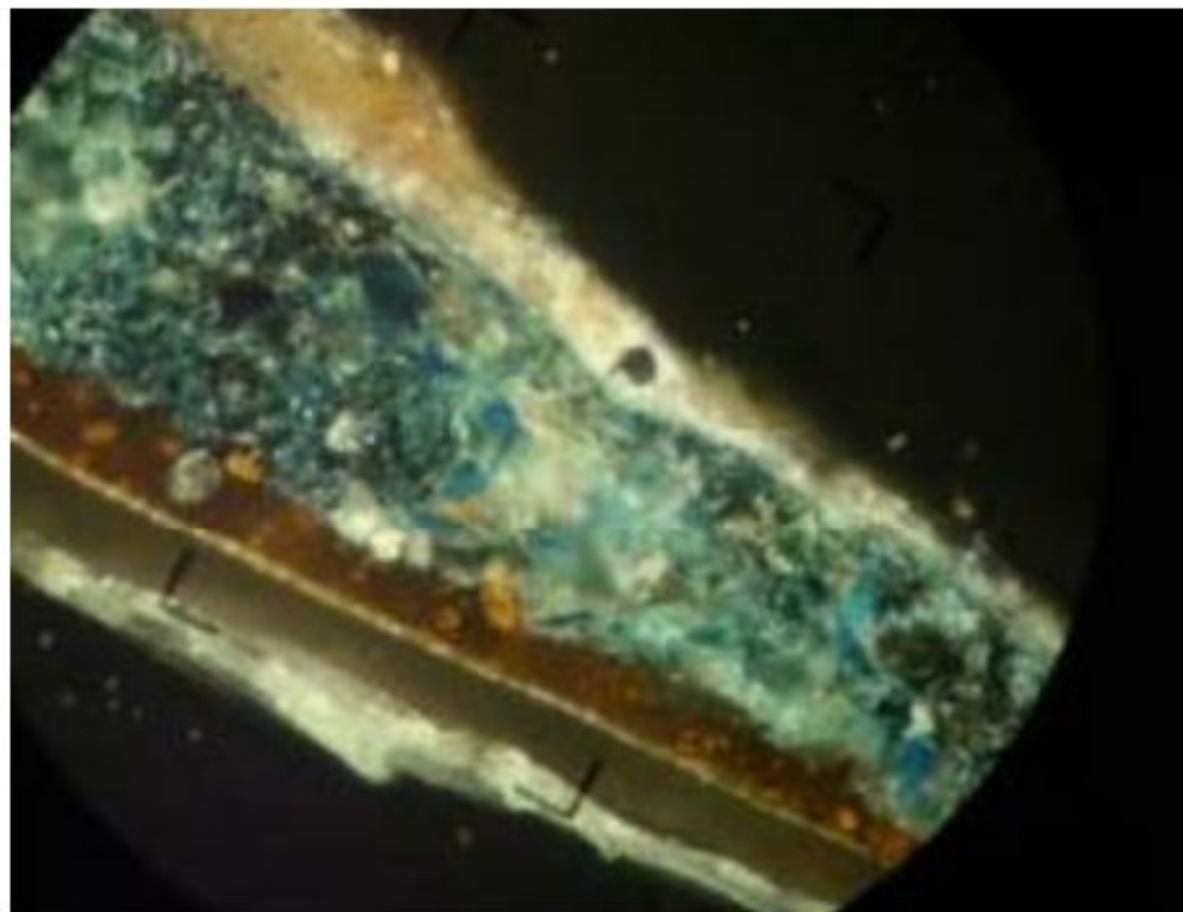
نتایج آزمایشهای SEM هم، نشان دهنده‌ی ساختاری ورقه‌ای از طلا روی سطح (سطحی پیوسته) است. بنابراین استفاده از پودر طلا (آب طلا) برای ساخت این قطعات نفی می‌شود. تکنیک اجرا در این کاشی‌ها با توجه به نقوش ظریف و یکسان در کاشی‌ها به این صورت است که احتمالاً توسط شابلون لایه چینی بسیار ظریفی از گل سرخ و بستی آلی روی بدنه‌ی کاشی اجرا شده، سپس روی آن ورقه‌ی طلا چسبانده می‌شده است.



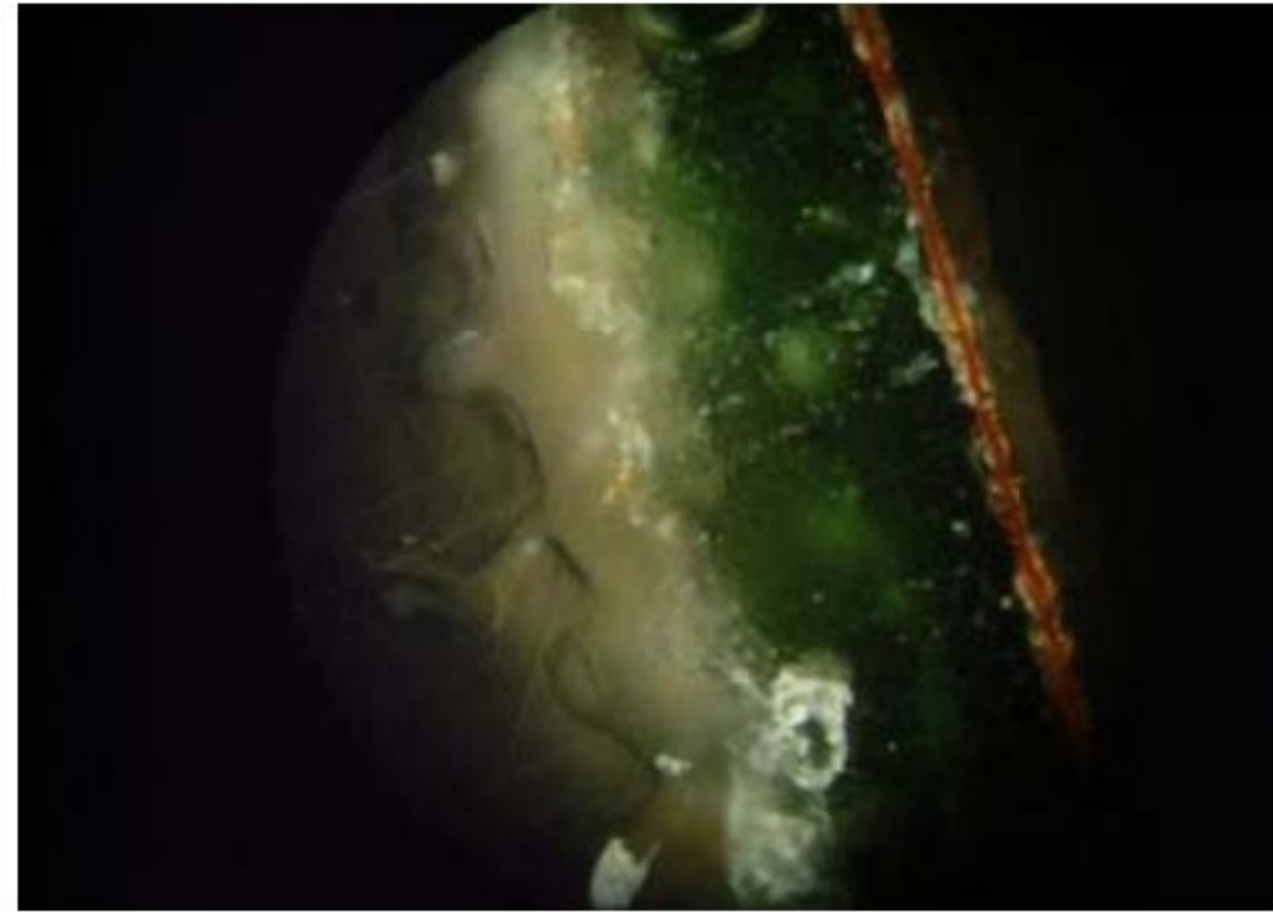
تصویر ۱۰: تصویر SEM از لعاب لاجوردی زراندد

احتمالاً این تکنیک شباهت زیادی به لایه چینی و طلا چسبانی در تزیینات نقاشی عهد صفوی داشته است.

نتایج SEM-EDX نشان دهنده ترکیب لعابی سربی بادمای ذوب پایین (به دلیل حضور نزدیک به ۵۰ درصد وزنی سرب) و عامل رنگ ساز مس برای رنگ سبز است. مقدار بسیار زیاد سرب و مقدار قابل توجه مس به عنوان رنگ ساز در کنار ۱ درصد تا ۲ درصد آهن، پدید آورنده رنگ سبز عمیق و شفاف در لعاب مذکور است.



تصویر ۱۱: تصویر میکروسکوپی نوری از لعاب لاجوردی زراندد



تصویر ۸: تصویر میکروسکوپی لعاب سبز زراندد در ب امام

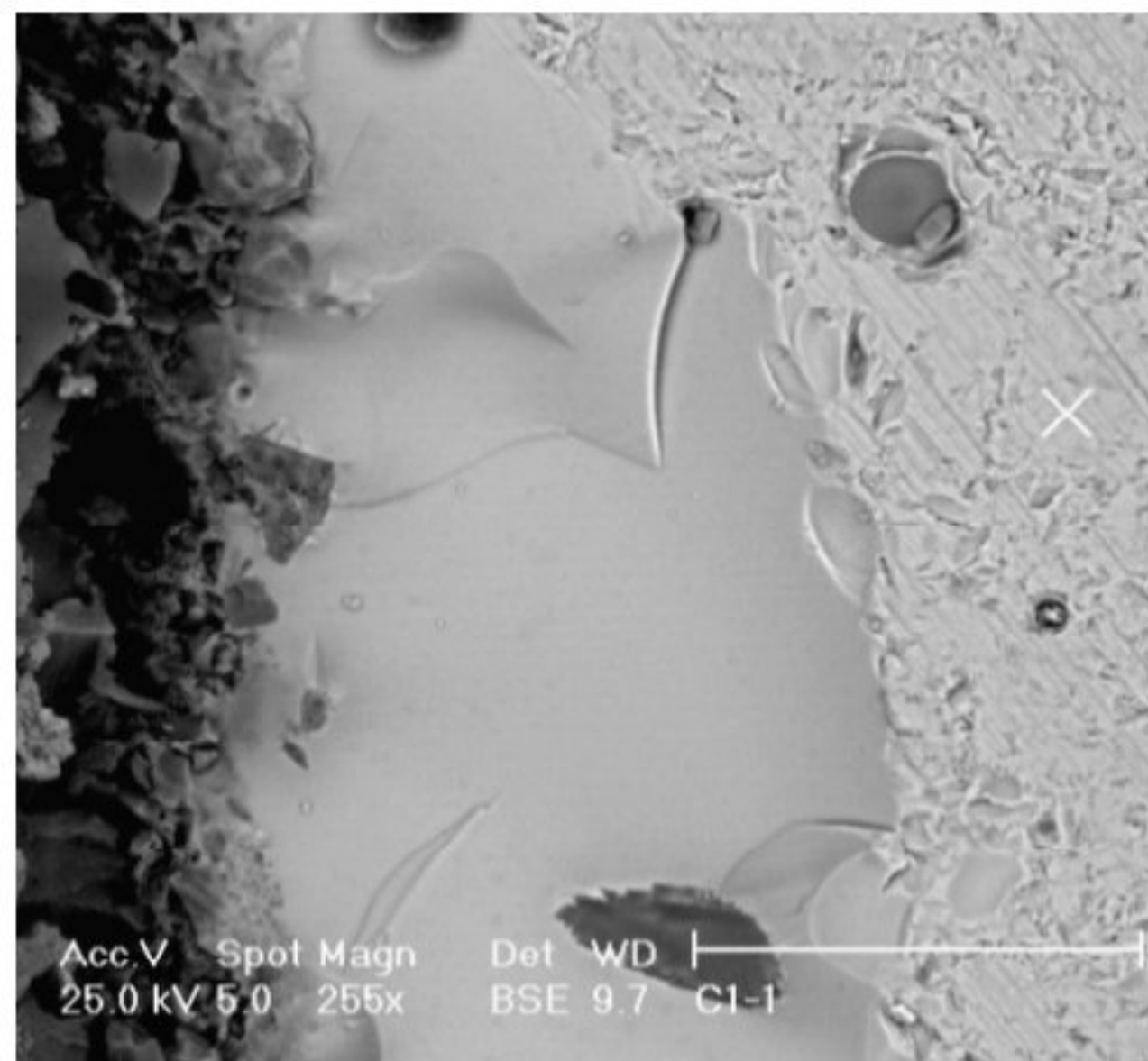
کاشی های شش ضلعی امامزاده اسماعیل

کاشی های شش ضلعی با طول ضلع حدود ۷ سانتی متر با نقوش گل و برگ برجسته که با توجه به توصیف ل. هنر فر در زمان بازدید ایشان (دهه ی ۴۰ شمسی) طلایی رنگ بوده اند. در بررسی ها و مشاهدات انجام شده، بقایای لایه چینی قرمز رنگ در قسمتهای فرو رفته و لبه ی اتصال کاشی ها دیده شد. به نظر می رسد قسمتهای فرورفته در این کاشی کاری ها با طلا و با روش لایه چینی با گل سرخ تزیین شده بودند، که متأسفانه بقایای بسیار کمی از آنها باقی مانده است.

امامزاده هارون ولایت

۱- لعاب عسلی:

بیشترین میزان باقی مانده از لایه ی طلایی، روی کاشی های عسلی رنگ، در ازاره ی معرق کاری شده ی هارون ولایت مشاهده شد؛ سطح تمام قطعات معرق عسلی رنگ در ازاره ی اتاق مرقد امامزاده با لایه ای طلایی پوشانده شده بود که نزدیک به ۷۰ درصد آنها باقی مانده است. در قسمت هایی از ازاره و خصوصاً محراب قطعاتی از کاشی های معرق سفید رنگ نیز با لایه ی طلا پوشانده شده بود. لعاب عسلی رنگ دارای قطر ۸۵ میکرومتر بوده و نتایج SEM-EDX نشان دهنده ی ترکیبی معادل ۴۵ درصد سیلیس، ۲۲ درصد سرب و ۵ درصد آهن به عنوان عامل رنگ ساز بود. در این نمونه همانند نمونه ی معرق حاشیه ی کاشی های شش ضلعی در ب امام، بین لایه ی لعاب و لایه ی طلا حد واسطی (لایه چینی) وجود نداشت. قطر لایه ی طلا در این نمونه یکسان نبود و بین مقادیر ۱٫۵ تا ۳ میکرومتر تغییر می کرد. این موضوع نشان دهنده ی استفاده ی

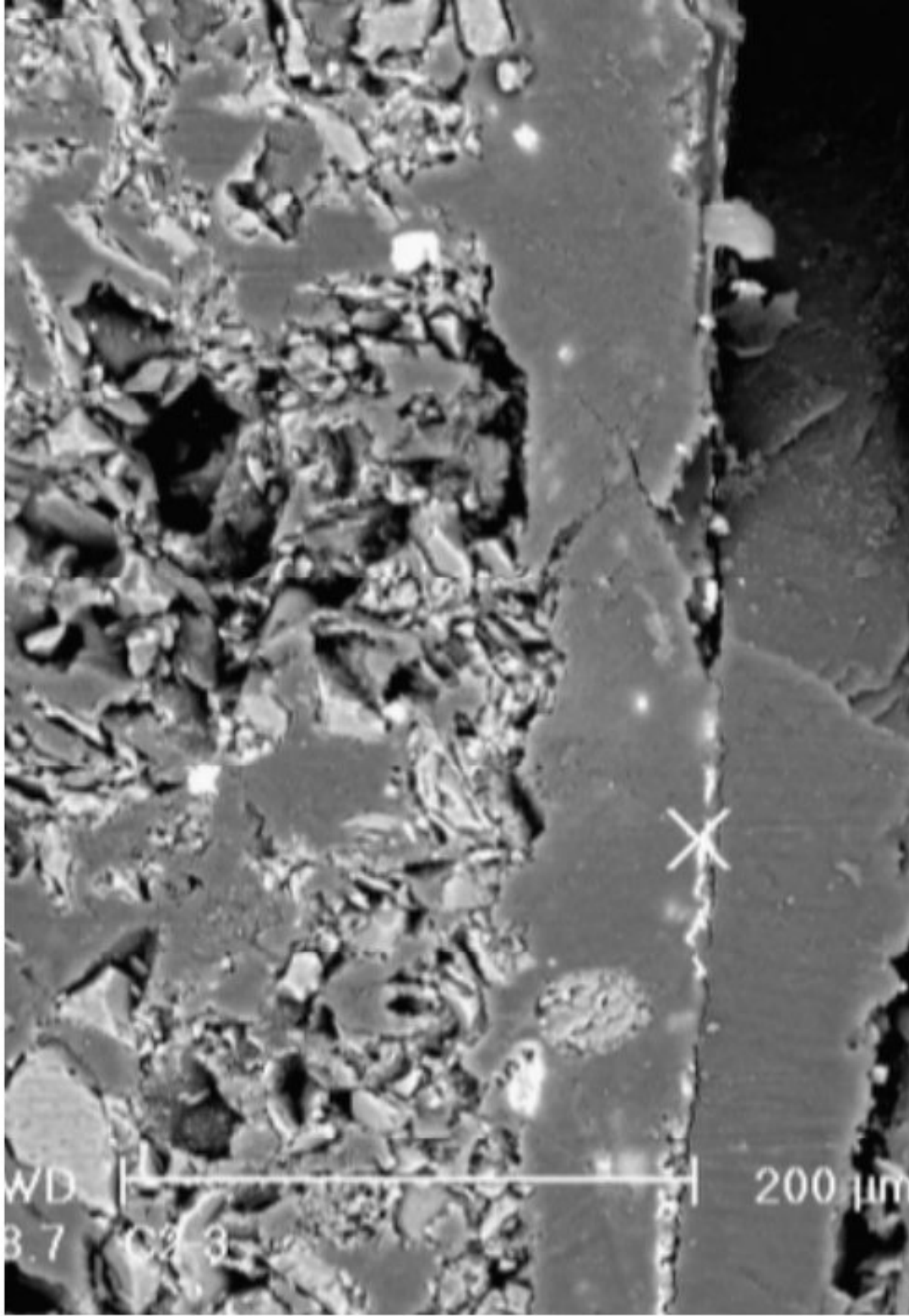


تصویر ۹: تصویر SEM لعاب سبز زراندد در ب امام

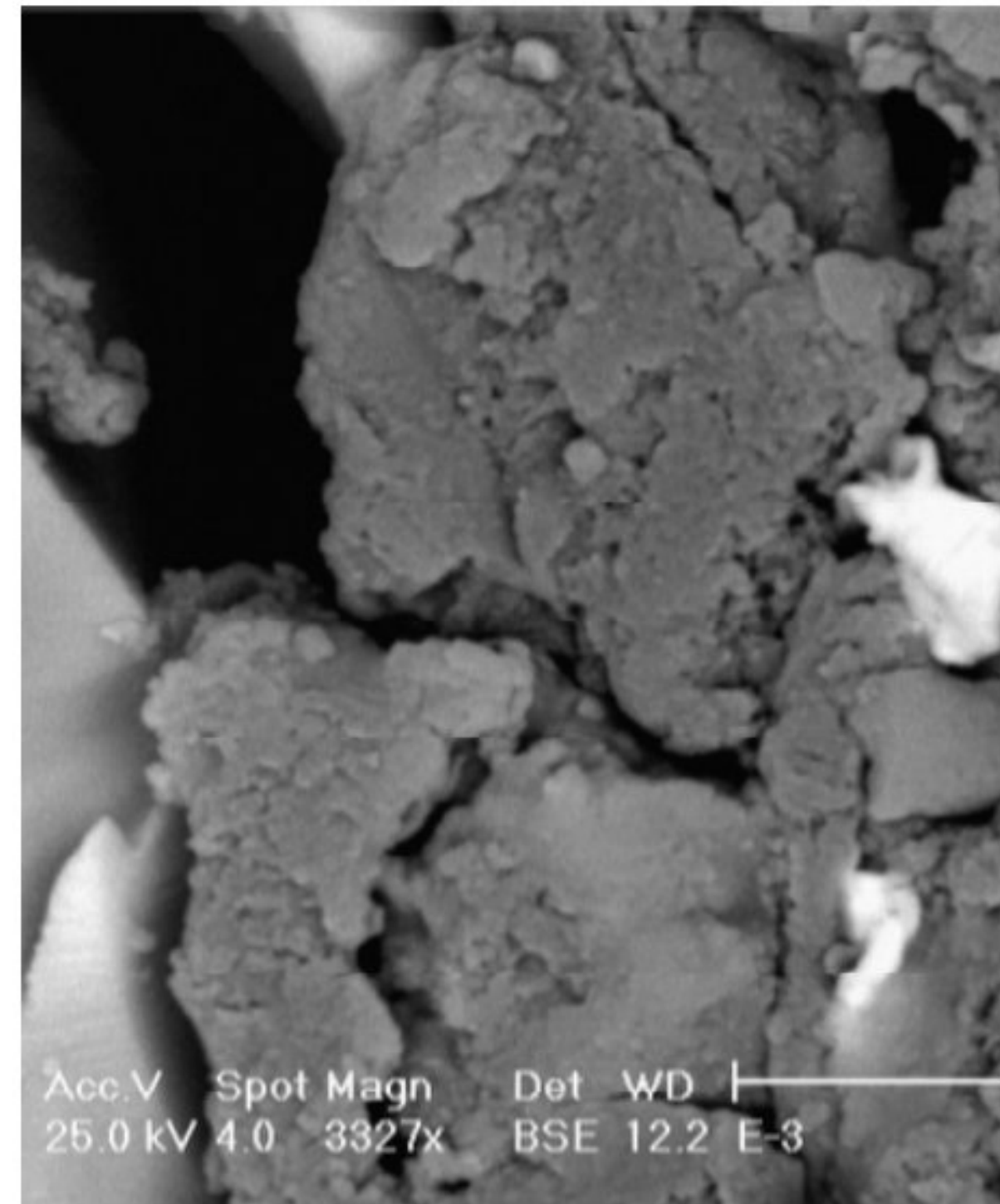
لعاب لاجوردی امامزاده اسماعیل

حمیل لاجوردی امامزاده اسماعیل دارای چندین لایه ی طلایی روی یکدیگر بود. لایه های بالایی روی بستری از گچ اجرا شده بودند، ولی لایه ی اصلی که مورد بررسی ماقرار گرفت، همانند لایه چینی در کاشی در ب امام روی بستری از لایه چینی قرمز اجرا شده بود. تصاویر میکروسکوپ نوری به خوبی گویای این حقیقت بودند و تأیید حضور ماده ی آلی توسط سوختن تر تأکیدی بر نتایج فوق بود. با این تفاوت که سطح آن در برخی قسمتها حالتی مانند پودر طلا داشت، ولی در برخی جاها همچون ورقه ی طلا به نظر می رسید. قطر لایه ی لعاب لاجوردی ۶۵ میکرومتر، قطر لایه چینی قرمز رنگ ۹ میکرومتر و قطر لایه ی طلا، ۲ تا ۳ میکرومتر است.

احتمالی از پودر طلا را مطرح می کند. آزمایش سوختن تر برای این کاشی هامنفی بود که نشان دهنده عدم حضور ماده‌ی آلی در ساختار بین لعاب و لایه‌ی طلایی است و تأییدی بر نتایج قبلی به شمار می رود.



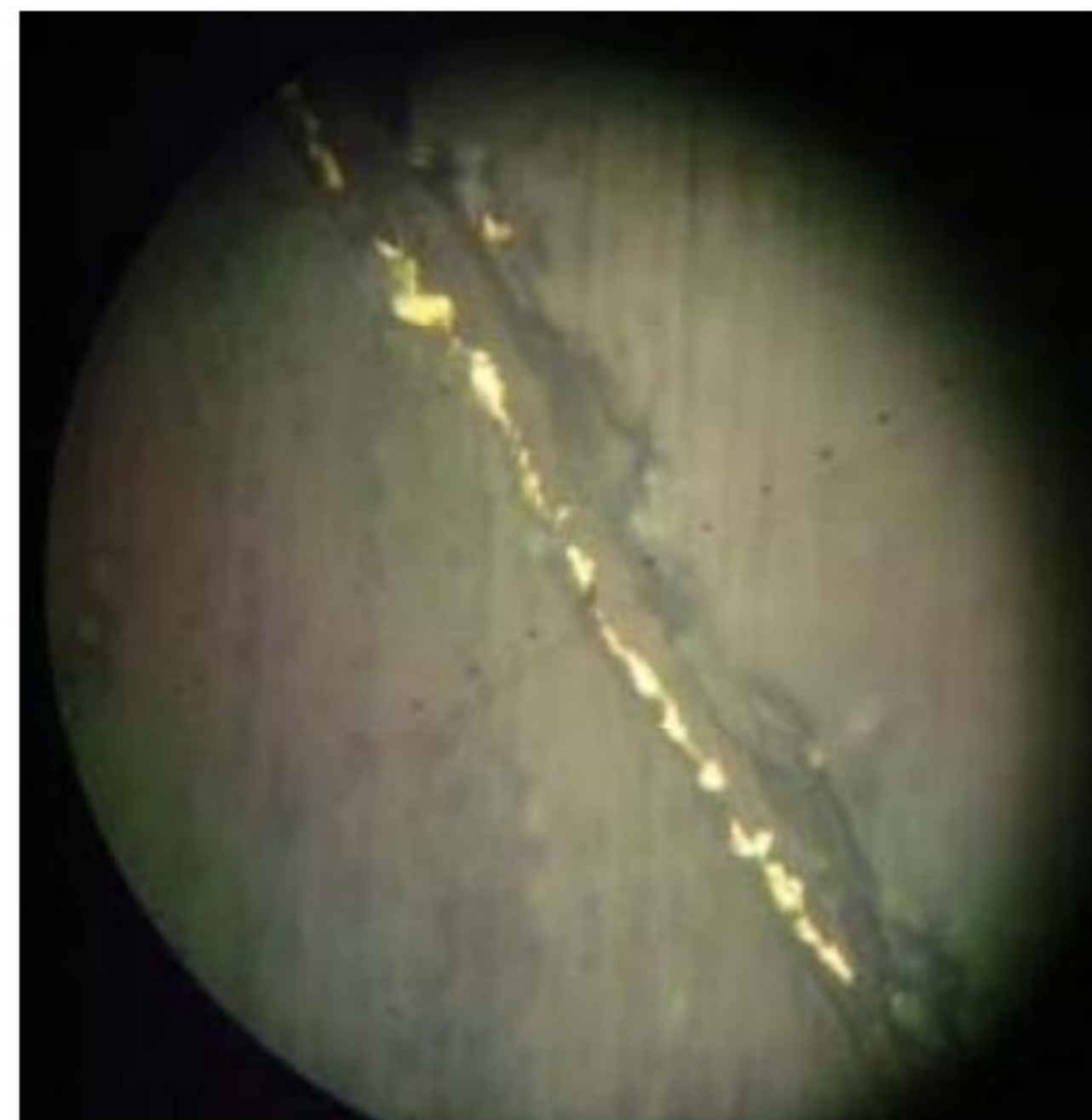
تصویر ۱۴: تصویر SEM از لعاب سفید زراندود، هارون ولایت



تصویر ۱۲: تصویر SEM از لعاب عسلی زراندود هارون ولایت



تصویر ۱۵: از لعاب سفید زراندود در میکروسکوپ نوری، هارون ولایت



تصویر ۱۳: تصویر میکروسکوپ نوری از لعاب عسلی مطلا، هارون ولایت

۲- لعاب سفید:

برخی قطعات کاشی معرق در محراب و ازاره‌ی کاشی کاری در بقعه‌ی هارون ولایت نیز مزین به لایه‌ی طلایی می باشد. قطر لایه‌ی لعاب در این کاشی ها ۶۵ میکرومتر و قطر لایه‌ی چینی ۶ میکرومتر و قطر لایه‌ی طلا ۲ میکرومتر است. آزمایش سوختن تر در این نمونه‌ها دارای جواب مثبت بود و حضور مواد آلی در آنها به اثبات رسید.

نتیجه‌گیری

پس از دوره‌ی ایلخانان هم زمان با حضور تکنیک زرین فام، تکنیک دیگری برای ایجاد رنگ طلایی حضور داشته و مورد استفاده قرار می گرفته که به نام زراندود معروف بوده و نمونه‌ی عالی آن در تخت سلیمان مشاهده می شود. این تکنیک کاشی سازی تا دوره‌ی صفوی

که مصادف با اجرای گنبد کوچک بقعه ی درب امام، ساخت بقعه ی هارون ولایت، و بازسازی بقعه و اجرای تزئینات در امامزاده اسماعیل است، ادامه می یابد.

تکنیک استفاده از طلا روی کاشی در هر دو شکل همراه با لایه چینی یا بدون آن و همراه یا بدون استفاده از پخت مجدد اجرا می شده است. هر دو روش به نحو بارز در بقاع مذهبی اصفهان دوره ی صفوی دیده می شود.

در این کاشی های زراندود عموماً برای زراندود کردن لعابهای عسلی رنگ از لایه چینی استفاده نمی کردند، بلکه تکنیک باز پخت را به کار می بردند. ولی در دیگر موارد و لعابهای دیگر عموماً از لایه چینی (عموماً گل سرخ) استفاده می کردند.

از دیگر نتایج قابل ذکر باید به این نکته اشاره کرد که با توجه به تعدد انواع لعابهایی که لایه ی طلایی روی آنها قرار گرفته، هیچ قطعیتی وجود ندارد که لایه ی طلا فقط روی لعاب عسلی قرار گرفته باشد و یا هر لعاب عسلی رنگ باید در زمان ساخت زراندود شده باشد.

سپاسگزاری

در پایان شایسته است از تأخیر چندین ساله ی انتشار این مقاله عذر خواهی شده و از یاری بی دریغ اساتید ارجمند جناب آقای مهندس عابد اصفهانی و دوست گرامی جناب آقای پرویز هلاکویی، که در زمان انجام این پژوهش از هیچ یاری ای دریغ نورزیدند، صمیمانه قدردانی شود.

منابع:

- دانشدوست، یعقوب؛ هنر معماری ایران در دوره ی تیموریان؛ مجله ی اثر، شماره ی ۱۹؛ تهران: ۱۳۷۰
- فیروز، شاهرخ؛ سفال؛ گوتنبرگ؛ تهران: ۱۳۴۵
- عباسیان، میر محمد؛ تاریخ سفال و کاشی در ایران؛ گوتنبرگ: ۱۳۶۵
- کاریونی، استفانو - ماسویا، تومو کو؛ کاشی های ایرانی؛ مهناز شایسته فر؛ انتشارات موسسه ی هنر اسلامی؛ تهران: ۱۳۸۱
- کاشانی، ابوالقاسم عبدالله؛ عرایس الجواهر و نفایس الاطایب؛ ایرج افشار؛ انتشارات انجمن آثار ملی؛ ۱۳۴۷
- وهاب نژاد، جواد؛ فن شناسی و آسیب شناسی کاشی های بقعه ی درب امام؛ پایان نامه ی کارشناسی مرمت آثار؛ دانشگاه هنر، پردیس اصفهان: ۱۳۷۸
- هنر فر، لطف الله، گنجینه ی آثار تاریخی اصفهان، کتاب فروشی ثقفی: ۱۳۵۰

مدیریت و برنامه‌ریزی برای حفظ و مرمت در کاوش‌های باستان‌شناسی

فریبامجیدی

چکیده: آثاری که از کاوش‌های باستان‌شناسی به دست می‌آیند، مهمترین منابع مادی اطلاعاتی گذشته هستند. به همین دلیل وظیفه یک کاوشگر تنها کشف و بررسی این آثار نیست بلکه باید برای حفظ و حراست از آنها نیز به همان اندازه تلاش داشته باشد. با این که هم مرمتگران و هم باستان‌شناسان به موضوع یافته‌های باستان‌شناسی توجه خاصی دارند، در عین حال هر دو گروه نیز از دیدگاه متفاوتی به آن می‌نگرند. این تفاوت نگرش موجب بروز اختلاف گشته و برای حفظ و نگهداری و مراقبت از اشیاء و محوطه‌های کاوش مشکلاتی به وجود می‌آورد. هدف این مقاله تدوین برنامه‌ای جامع برای حفظ و نگهداری یافته‌ها و بقایای محوطه باستان‌شناسی است که مورد استفاده هر دو گروه قرار گیرد.

مقدمه

محوطه‌های تاریخی، فرهنگی و باستان‌شناسی جلوه بارزی از تلاش‌ها و فعالیت‌های انسان و مبارزه او با جهان پیرامونش از گذشته‌های دور تاکنون است. نیاز مردمان به سرپناه، تلاش برای دست یافتن به غذا و مواد اولیه برای ساخت ابزار و لوازم مورد نیاز و کوشش برای تغییر طبیعت پیرامونشان منجر به برجای نهادن آثاری شده است که خود به مثابه نشانه و نمود فرهنگی عمل می‌کنند. همه اینها نشانه فیزیکی میراث فرهنگی ماست که با مفاهیم روحانی و مقدسی همراه است. اگرچه در اجرای طرح‌های حفظ و مرمت محوطه‌ها و آثار تاریخی-فرهنگی، جنبه‌های ملموس و مادی آنها مورد توجه قرار می‌گیرند؛ لیکن درک مفاهیم و ارزش‌های معنوی و روحانی آنها نیز به همان اندازه مورد نیاز است.

به طور عمده در هر محوطه کاوش با دو گونه آثار روبرو هستیم یکی آثار قابل حمل یا اشیاء که بایستی جدای از آثار معماری و بقایای محوطه با آن برخورد شود و دیگر آثار معماری و تزیینات وابسته به آن که الزاماً همراه با بقایای محوطه در جای خود باقی مانده و می‌باید همانجا حفظ شود؛ بنابراین لازم به توضیح است که «برای اجرای عملیات حفظ و مرمت در برابر هر دو نوع آثار به دست آمده از کاوش یک محوطه باستان‌شناختی، بایستی به جنبه‌های محدود، کمیاب، ارزشمند و غیر قابل تجدید آنها توجه داشته باشیم زیرا: ۱- دوره ساخت این آثار و تبعات فرهنگی آنها به پایان رسیده است. ۲- به وجود آورندگان آنها دیگر زنده نیستند. ۳- هرگز نمی‌توان آنها را از نو ساخت. ۴- دیگر نمی‌توان آنها را به وجود آورد.»

۱- محافظت باستان‌شناختی و مفاهیم منتج از آن

عبارت محافظت باستان‌شناسی^۱ مفاهیم متفاوتی را در بر می‌گیرد؛ این عبارت هم به حفظ و مرمت و نگهداری یک محوطه باستان‌شناختی^۲ اشاره دارد و هم به حفظ و نگهداری مجموعه‌های باستان‌شناختی^۳. لیکن عملیات درمانی و نجات بخشی یافته‌های حاصل از کاوش‌های باستان‌شناسی در هنگام کاوش و در محل حفاری^۴ نیز مفهوم جدیدی است که امروزه از اهمیت فراوانی برخوردار است.

همانگونه که می‌دانیم؛ شیوه‌ها و روش‌های حفظ و درمان یافته‌های حاصل از کاوش به طور میدانی با حفظ و مرمت یک شیء در آزمایشگاه، متفاوت است. یک شیء باستان‌شناختی در یک موزه هنری، با روشی مطابق با اصول زیبایی‌شناختی و استانداردهای اخلاقی خاص آن موزه مورد محافظت قرار می‌گیرد تا هنگامی که آن شیء در یک مجموعه مردم‌شناسی قرار داده می‌شود. در همین حال عملیات محافظت میدانی در کاوش‌های باستان‌شناسی بیشتر به جنبه استحکام‌بخشی و توان‌بخشی یافته‌ها، کاهش آسیب‌ها و شوک ناشی از تغییر شرایط محیطی، همراه با نگاهی ویژه به حفظ اطلاعات و پیام‌های باستان‌شناختی آن در محیطی که در آن مدفون گردیده، توجه دارد. مرمتگران باستان‌شناسی ممکن است کار خود را در آزمایشگاهی متعلق به موزه‌ای که اشیاء به آن سپرده خواهند شد، به انجام رسانده، یا این که همراه باستان‌شناسان فعالیت میدانی داشته باشند. در نتیجه برای روشن شدن ارتباط دقیق میان اصول و روشهای باستان‌شناسی و مضمون محافظت باستان‌شناختی

چنین می‌توانیم بیان کنیم:

«محافظة باستان‌شناختی یعنی مرمت و محافظت یافته‌های حاصل از یک کاوش میدانی سازمان یافته اعم از اشیا و بقایا و خود محوطه کاوش».

در چنین تعریفی درمان و کمک‌های اولیه در محل را با تکیه بر شناخت خواص شیمیایی و فیزیکی مواد و استفاده از روش‌ها و شیوه‌های درمانی جدید و پیشرفته و پژوهش در فن‌شناسی مواد، به همان خوبی می‌توان انجام داد که در یک آزمایشگاه. برخی نیز معتقد هستند که این تعریف شامل محافظت محوطه باستان‌شناختی^۵ قبل و یا بعد از کاوش نمی‌شود. چنین کسانی می‌گویند که انجام یافتن چنین محافظتی به دانش و تخصص ویژه خود نیاز دارد. با این حال، ما معتقدیم که باز هم مرمتگران می‌توانند در اجرای طرح‌های محافظت و مرمت محوطه‌ها همواره مورد مشورت قرار گیرند.

۲- ارتباط میان مرمتگران و باستان‌شناسان

عموماً باستان‌شناسان و مرمتگران یافته‌های حاصل از کاوش را از دو دریچه متفاوت بررسی می‌کنند؛ با توجه به این مساله و وجود گستره بزرگی از دل‌مشغولی‌های حرفه‌ای این دو گروه به موضوع یافته‌های باستان‌شناسی، توافق میان باستان‌شناسان و مرمتگران در باره آنچه که برای اشیا تازه حفاری شده پیش می‌آید، سخت و مشکل به نظر می‌رسد. درک ناقص این دیدگاه‌ها از موضوع حفظ و مرمت در زمان کاوش از سویی ارتباط میان این دو رشته را مشوش و مغشوش می‌کند و از سویی دیگر، عدم وضوح و شفافیت در مورد مسوولیت‌ها و حد و مرزهای حفظ و مرمت در باستان‌شناسی نیز دشواری این ارتباط را تشدید می‌کند. امروزه تلاش‌های فراوانی برای تشریح این رابطه و تعیین حد و مرزهای میان این دو رشته صورت می‌گیرد. لیکن بایستی اذعان داشت که در میان جامعه مرمتگران نیز اختلاف عقیده و نظرات فراوانی در باره این که مسوولیت‌های یک مرمتگر چیست و او چه کارهایی می‌تواند بکند، وجود دارد.

این اختلاف نظرات و دیدگاه‌ها هر چه باشد، قدر مسلم این است که در یک گروه باستان‌شناسی؛ تعیین پیام تاریخی شی، فرم نقش، تکنیک کار و روش ساخت، بر عهده باستان‌شناس است و بنابراین وظیفه او یافتن پاسخ برای پرسش‌هایی از دوران گذشته است و اطلاعاتی که از طریق یافته‌ها بدست می‌آورد اهمیت فراوانی برای او دارد. به همین ترتیب نیز جستجو برای تعیین شکل اولیه و حفظ و مرمت آن به عهده متخصص محافظت و مرمت آثار است و وظیفه او نیز یافتن پاسخ صحیحی برای مسائل و مشکلات حفظی و مرمتی اثر است و نجات بخشی آثار برای او از اهمیت خاصی برخوردار است.

بنابراین اختلاف بوجود آمده برای نگهداری یک اثر در محل کاوش برای بررسی‌های باستان‌شناختی و مشاهده آن و یافتن ارتباط یافته با دیگر آثار و محیط پیرامون آن توسط باستان‌شناس و جابجایی سریع آن برای استحکام بخشی و نجات بخشی و حفظ اثر و همچنین محافظت از محل کاوش زمانی که قرار است چند فصل

حفاری دیگر در آنجا صورت بگیرد، از سوی مرمتگر می‌باشد.

با توجه به اینکه حفاری به خودی خود نوعی تخریب محسوب می‌شود و از سویی دیگر نیز محافظت و مرمت حساب نشده نیز باعث از بین رفتن آثار می‌شود؛ نیکلاس استانلی پرایس دبیرکل ایکروم برای حل این اختلافات و مشکلات، توصیه می‌کند که آموزش‌های لازم به باستان‌شناسان در زمینه محافظت از آثار و همچنین در باره نحوه حفاری دلایل و فلسفه آن به مرمتگران آثار داده شود.

با وجود همه مسائل و مشکلات گفته شده، توجه همگان را به این نکته جلب می‌کنم که محافظت تنها شیوه‌ای است که به وسیله آن می‌توان ماهیت راستین یک شی باستان‌شناختی را آشکار نمود. حفظ و نگهداری نشانه‌های باقی مانده از رویدادهایی که منجر به دفن شی شده به همراه خود شی از اهداف حفظ و مرمت در هنگام کشف و بازیابی یک شی باستان‌شناختی است.

۳- محافظت یافته‌های باستان‌شناسی

خانم ماری برداکو^۶ توجه ما را به نکته کاملاً مهمی معطوف می‌کند که «اشیا یافت شده از کاوش‌های باستان‌شناسی، به خودی خود گویا نیستند بلکه ارتباط آنها با محیط باستان‌شناختی اطرافشان و سایر آثار یافت شده در آن محیط است که به شکل تعیین کننده‌ای ماهیت آنها را آشکار می‌سازد. به همین دلیل جنبه‌های خاص ظاهری اثر، عملکرد و اهمیت آن قابل درک نیست مگر آنکه در محدوده کشف خود مورد بررسی قرار گیرد. زیرا یک شی در محیط دفن خود است که اهمیت و ویژه‌ای می‌یابد. براین اساس مفهوم محیط مجاور و فضای کشف اثر، به ذات خود قابل اهمیت است و رابطه تنگاتنگی با اشیا دارد. بدون توجه به محیط دفن آثار، حفظ و مرمت آنها خالی از اشتباه و اشکال نخواهد بود. این اولین دخالت باستان‌شناسی در امر محافظت و نگهداری است و یک مرمتگر که در فعالیت‌های باستان‌شناسی وارد می‌شود، باید این موضوع را به خوبی مد نظر قرار دهد».

مرمت یافته‌های باستان‌شناسی از محل حفاری شروع می‌شود. اگر این امر به درستی صورت گیرد، کار حفاظت از آنها نیز بعدها با مشکلات کمتری روبرو خواهد شد. نیازی به گفتن نیست که اجرای برنامه‌های مرمتی - محافظتی در تخصص مرمتگرانی است که دانش و تجربه و تخصص این کار را دارند. حضور مرمتگران در کنار باستان‌شناسان در محل کاوش و همکاری و هماهنگی بین آنها می‌تواند به کشف هر چه سالم تر آثار منجر شده و موجب گردد که این آثار کمتر در معرض تخریب‌های ناشی از تغییرات شرایط محیطی قرار گیرند.

همان گونه که گفته شد، اجرای مراحل عملیات حفظ و مرمت و همچنین کاهش اثرات تخریبی محیط بر آثار بر عهده مدیر مسوول حفظ، مرمت و نگهداری محوطه‌های تاریخی، فرهنگی و باستان‌شناسی خواهد بود. او کسی است که برای اجرای یک برنامه محافظتی طرح ریزی می‌نماید. آنچه که او برای محافظت از یافته‌های باستان‌شناختی باید بداند؛ چگونگی شرایط محیطی

و فرهنگی حاکم بر محوطه کاوش، خصوصیات مواد و مصالح سازنده اثر، چگونگی تولید و کاربرد و همچنین نحوه تخریب و آسیب دیدگی آنها است. بر پایه و اساس این دانسته‌ها است که یک مدیر مسوول حفظ و مرمت می‌تواند درک صحیح و ارزیابی درستی از مراحل و روش‌های ضروری برای حفظ و مرمت آثار و یافته‌ها داشته و با طراحی یک خط مشی محافظتی دقیق و روشن و شرح کامل جزئیات، اهمیت حفظ و نگهداری چنین آثاری را ارائه نماید. لازم نیست تا توضیح داده شود که؛ اجرای این عملیات در هنگام کاوش‌های باستان‌شناسی می‌تواند تاثیر بسیار مهمی در نگهداری دراز مدت اشیاء به دست آمده داشته باشد و به دلیل اهمیت ویژه‌ای که این آثار دارند، هم باستان‌شناسان و هم مرمتگران در قبال کل مجموعه و مالکان اصلی آن (مردم و نسل‌های آینده) مسوولیت و تعهدات قانونی و اخلاقی سنگینی را برعهده دارند.

۴- اصول اساسی برنامه‌ریزی برای حفظ و مرمت در کاوش‌های باستان‌شناسی

اولین نکته‌ای که باید به آن توجه کرد اینست که تدوین یک برنامه محافظتی و مرمتی برای یافته‌ها و نمایش این آثار بر مبنای استفاده پژوهشی صرف، در کوتاه مدت شایسته نیست. پس مراقبت، نگهداری و حفظ و تأمین منابع و اعتبار لازم برای آن بایستی طی یک برنامه دراز مدت انجام گیرد. با اطلاع از اینکه تخریب آثار دقیقاً از لحظه آغاز کاوش و کندن زمین آغاز می‌گردد، می‌بایست برنامه‌ریزی برای کاوش‌های باستان‌شناسی طوری تنظیم گردد که مرمتگران از ابتدای امر حاضر و ناظر بر برنامه کاوش باشند. کاری که آنها می‌توانند در مرحله حساس کاوش و خروج اشیاء از زمین صورت دهند؛ کاربرد روش‌های صحیح و استفاده از مواد مناسب برای نجات بخشی اضطراری و کمک‌های اولیه مانند استحکام بخشی و تثبیت آثار، درست به همان شکل و در همان فرم فیزیکی خاصی که بدست می‌آیند، شناسایی جنس و نوع آثار و تخریب‌های آنها و جلوگیری از تخریب مجدد ناشی از تغییر شرایط محیطی است و به همین دلیل ضرورت دارد تا برنامه‌ای جهت اجرای هم زمان عملیات کاوش و حفاظت تدوین شود.

این نکته به تمامی مرمتگران گوشزد می‌شود که هرگز بدون داشتن ابزار و لوازم کافی و مناسب، نباید آثار بدست آمده را مورد حفاظت و مرمت قرار دهند مگر آنکه در همان موقع حفاری امکانات کافی در اختیار داشته باشند. بایستی توجه شود که با نبودن وسایل کافی در محل حفاری عملیات حفظ و مرمت شی، خود به عامل تخریب شی بدل گشته و باعث نابودی آن می‌شود. در صورت نبودن امکانات کافی در محل کاوش بهتر است آنها را به یک آزمایشگاه مجهز مرمتی فرستاد.

امر محافظت و مرمت در یک برنامه کاوش با تبادل نظر میان مرمتگران آثار و باستان‌شناسان در زمینه بکارگیری روش‌های مناسب در جهت محافظت آثار، ارتباط کامل بین هیأت حفاری و مرمتگران آثار در محوطه کاوش و آزمایشگاه‌های محافظتی و

مرمتی، همچنین با مسوولین موزه‌ها، معماران و نگهبانان محوطه‌های باستانی و یا در حال کاوش به تحقق می‌پیوندد.

الف) تدوین سیاست کاری

تدوین یک سیاست کاری برای حفظ و مرمت در کاوش‌های باستان‌شناسی، بیانگر یک فلسفه کلی است که برنامه حفظ و نگهداری یافته‌ها را اجرا می‌کند. این سیاست شامل برنامه‌ها و ماهیت کار است که اهداف، مقاصد و شرایطی که حدود و دامنه فعالیت‌ها را مشخص می‌کند، تعیین می‌نماید. با توجه به این سیاست می‌توان ساختاری را ایجاد کرد و برای تعیین مسوولیت‌ها و اختیارات، تعریف واژه‌ها و اصطلاحات، ویژگی‌های محیط اداری حاکم بر کاوش و یافته‌ها، روابط داخلی و وضعیت درونی بین سازمان میراث فرهنگی و گردشگری و واحدهای تابعه آن، موقعیت و مسوولیت‌های مرمتگر و کاوشگر در ارتباط با یکدیگر، دستورالعمل‌ها، حدود و ماهیت ملزومات و نیازمندی‌های برنامه، تعهدات نسبت به همکاران و مسوولیت در قبال کشف و نگهداری و مراقبت از یافته‌ها و آثار، دسترسی و انتقال اطلاعات و آثار زیر نظر مدیریت و سرپرستی گروه کاوش و مسوول حفظ و مرمت یافته‌ها راهکاری را پی‌ریزی نمود.

با این شیوه پشتوانه‌ای قانونی برای باستان‌شناسان و مرمتگران فراهم می‌گردد تا تمامی نیروهای موجود در جهت انجام وظایف و مسوولیت‌ها به کار گرفته شود. تدوین این سیاست با همکاری و تصویب سازمان‌های مربوطه و واحدهای مرتبط با آن صورت گرفته و حمایت همه آنها را از این سیاست می‌طلبد.

ب) مدیریت

با توجه به اصول علمی مدیریت، همچون سایر ادارات و نهادها، اداره یک واحد مرمتی و محافظتی نیز نیازمند مراحل زیر است: اصول و فرآیندهای عملی و تصمیماتی که غالباً اتخاذ می‌شود و مسائل و مشکلات مربوط به آن، به کارگیری شیوه‌های مؤثر و اهداف ناشی از آنها، اتخاذ استانداردها و معیارهای مناسب برای حفظ و مرمت، محاسبه و برآورد هزینه‌ها، تهیه تجهیزات و ابزار، ایجاد هماهنگی بین افراد، اداره صحیح واحد مرمتی با بصیرت و هدایت لازم و با استفاده از دانسته‌هایی از اهداف و مسوولیت‌های هر فرد و قسمت، و سرانجام داشتن اطلاعات کافی از دستورالعمل‌ها، سیاست‌ها، مقررات اداری، مالی و قانونی سازمانی از سویی و اطلاعات فنی و تخصصی در زمینه کار حفظ و مرمت، اصول اخلاقی، قوانین، توصیه‌نامه‌ها و بیانیه‌های بین‌المللی، از سوی دیگر.

ج) تعیین هزینه مورد نیاز حفظ و مرمت یافته‌های باستان‌شناسی

برآورد هزینه‌های مربوط به حفظ و مرمت یافته‌ها و بقایا در زمان کاوش و پس از آن برای اتخاذ تصمیم‌های مرمتی بر اساس بودجه تعیین شده، اولین گام در اجرای یک برنامه‌ریزی صحیح و اصولی است. این هزینه‌ها بایستی در بودجه و منابع مالی اولیه مربوط به حفاری منظور و مشخص شود و اعتبار لازم برای حفظ و

مرمت محوطه، آثار و یافته‌ها به طور جداگانه از بودجه کل حفاری تامین گردد. در بند ۲۱ از توصیه نامه ۱۹۵۶ نیو دهلی یونسکو نیز تاکید شده است که «... مجوز باید ضامن مرمت و نگهداری و حفظ میراث باستانی باشد...»

از آن جایی که نگهداری و حفظ و مرمت آثار بسیار پرهزینه است، بدون وجود یک بودجه ویژه برای این منظور اجرای این برنامه با مشکلاتی روبرو خواهد شد. همچنین بایستی مطمئن بود که این بودجه کافی بوده و برای مرمت‌های بعدی نیز همچنان استمرار خواهد داشت به ویژه آن که بسیاری از آثار فقط در هنگام کاوش امکان مرمت می‌یابند. بودجه نویسی اولین گام محسوب می‌شود. برای این منظور بایستی واقع بین بوده و برای تخصیص یافتن بودجه مناسب باید وضعیت مالی و امکانات مورد نیاز را کاملاً شناخت. بنابراین، دانستن این نکته مهم است که عملیات مختلف چه میزان از سهم بودجه را به خود اختصاص می‌دهند. در برنامه ریزی برای کاوش، هزینه‌های مربوط به پیشامدهای احتمالی کارهای محافظتی در محل حفاری و نیز برای رفع اشکالات تکنیکی و مالی مربوط به حفظ و مرمت محوطه کاوش و آثار بایستی در نظر گرفته شود تا برای محافظت از محل کاوش و نیز آثار مکشوفه آماده بود. هم چنین لازم و ضروری است تا هزینه مربوط به آزمایشات علمی، مرمت و محافظت نهایی کلیه یافته‌ها در این بودجه منظور شود و امکانات، وسایل، ابزارها، لوازم، مواد و تجهیزات مناسب مورد نیاز برای اجرای عالی کار در نظر گرفته شود. چنانچه بودجه به میزان کافی نباشد و یا حجم یافته‌ها بسیار زیاد باشد ممکن است فقط آن دسته از آثار را که به لحاظ هنری یا تاریخی دارای ارزش باشند، را انتخاب نمود. در چنین مواردی حتماً بایستی با مشورت و تبادل نظر با باستان‌شناس دست به انتخاب آثار جهت حفظ و مرمت آنها زد و براساس بودجه تعیین شده برای آن اقدام به تصمیم گیری‌های مرمتی و محافظتی نمود.

۵- برنامه ریزی برای حفظ و مرمت یافته‌ها

«تاکید و اهمیت بر این اصل که کار مرمت و حفاری تا آنجا که هر دو جنبه‌هایی از یک کار را نشان می‌دهد به طور جدایی ناپذیری چه از نظر اجرا و چه از نظر بر عهده گیرندگان کار باید بهم بستگی داشته باشند.» (تیلیا ۱۹۷۲)

برنامه حفظ و مرمت یافته‌ها در سه مرحله اجرا می‌شود:

الف) طرح ریزی برنامه پیش از کاوش شامل جمع آوری اطلاعات از شرایط محیطی، آثار باستان‌شناختی و تاریخی موجود در محل کاوش، تامین بودجه مورد نیاز، تهیه تجهیزات و لوازم محافظتی و مرمتی و اتخاذ روش‌های مرمتی و محافظتی مناسب است. (نمودار ۱)

ب) انجام عملیات میدانی در هنگام کاوش که شامل نجات بخشی اضطراری، استحکام بخشی و تثبیت و نمک زدایی در محل، مستندنگاری، نمونه برداری، و... است. (نمودار ۲)

ج) فعالیت‌های پس از کاوش نیز شامل پژوهش و تحقیق در زمینه محافظت آثار؛ محافظت و پاکسازی محوطه کاوش می‌باشد. (نمودار ۳)

الف) طرح ریزی و مدیریت برنامه پیش از کاوش

۱- کسب اطلاعات کافی از شرایط اقلیمی

شرایط محیطی مانند رطوبت نسبی، دما و نور خورشید از هنگامی که اولین کلنگ برای خاک برداری بر زمین زده می‌شود و کاوش آغاز می‌گردد بر میزان استحکام آثاری که از زمین خارج می‌شوند، تاثیر دارد و همین طور می‌تواند منجر به بروز فعالیت‌های خوردگی، تخریب و فساد در مواد شود. به همین جهت بررسی شرایط خاص اقلیمی و زیست محیطی در طرح‌های بلند مدت کاوش و پیش بینی نیازهای محافظتی و مرمتی در شرایط اضطراری که بر اثر تغییرات محیطی در طی زمان کاوش روی می‌دهد؛ ضروری است.

برای این منظور پیش از شروع برنامه کاوش و حتی تصویب و صدور اجازه نامه حفاری در زمانی که بررسی‌های اولیه صورت می‌گیرد، با زمین شناسان و سازمان‌های آب منطقه‌ای برای شناسایی نوع خاک و بافت زمین ارتباط برقرار کرده و با سازمان هواشناسی کشور برای تعیین شرایط آب و هوایی به لحاظ رطوبت و دما در منطقه در طول سال، وزش بادهای موسمی، میزان بارندگی و همچنین تعیین نوع و میزان آلاینده های جوی، هماهنگی نمود. تهیه طرح و نقشه زمین شناسی و نمونه برداری از خاک و آب منطقه برای شناسایی عوامل مخرب نیز از اقدامات اولیه محسوب می‌شود. چنانچه امکان انتخاب شرایط محیطی وجود نداشته باشد؛ می‌توان این شرایط را با پوشاندن محل کاوش و پوشاندن مجدد آثار در معرض خطر در زیر خاک تا زمان یافتن راهکاری مناسب برای خارج ساختن آن از زمین، ایجاد کرد.

۲- پیش بینی نوع آثار

دانستن این که هنگام کاوش چه نوع آثاری با چه نوع موادی در محوطه مورد کاوش به دست خواهد آمد راه گشای اجرای عملیات حفظ و مرمت آنها در طی زمان کاوش خواهد بود. با کسب اطلاع از شرایط فرهنگی حاکم بر تپه و محوطه کاوش می‌توان به نوع شرایط و آسیب‌های آثار در این محدوده پی برده و بر این اساس به طبقه بندی اولویت‌های مرمتی و محافظتی دست زد.

۳- پیش بینی شیوه محافظت مناسب در فعالیت میدانی

بر اساس اطلاعات به دست آمده از شرایط اقلیمی و فرهنگی محوطه کاوش می‌توان به اتخاذ روش‌های صحیح حفظ و مرمت یافته‌ها دست زده و با تعیین روش‌های مناسب درمان از اتلاف وقت و هزینه جلوگیری نموده و نسبت به ارائه یک طرح جامع که برای مرمت‌های بعدی نیز مورد استفاده قرار بگیرد، اقدام نمود.

۴- توجه به محافظت بازدارنده^۷: با شناخت عوامل

مخرب و آسیب‌رسان و برای از میان بردن این عوامل می‌توان با انجام بسته‌بندی اصولی و ایجاد شرایط مناسب محیطی برای نگهداری و انبارداری موقت آثار در انبار هیات، حمل و نقل ایمن و مطمئن آثار کمک به حفظ آثار و یافته‌ها نمود. نکته دیگری که در زمان کاوش

باید مورد توجه قرار بگیرد، نگه داشتن آثار با ساختارهای متفاوت در کنار هم پس از بیرون آوردن آنها از زمین است. قرار دادن آثار ظریف شکستنی در کنار آثاری که سخت تر هستند یا روی هم ریختن آنها از دلایل آسیب و تخریب این آثار پس از خروج از زمین است.

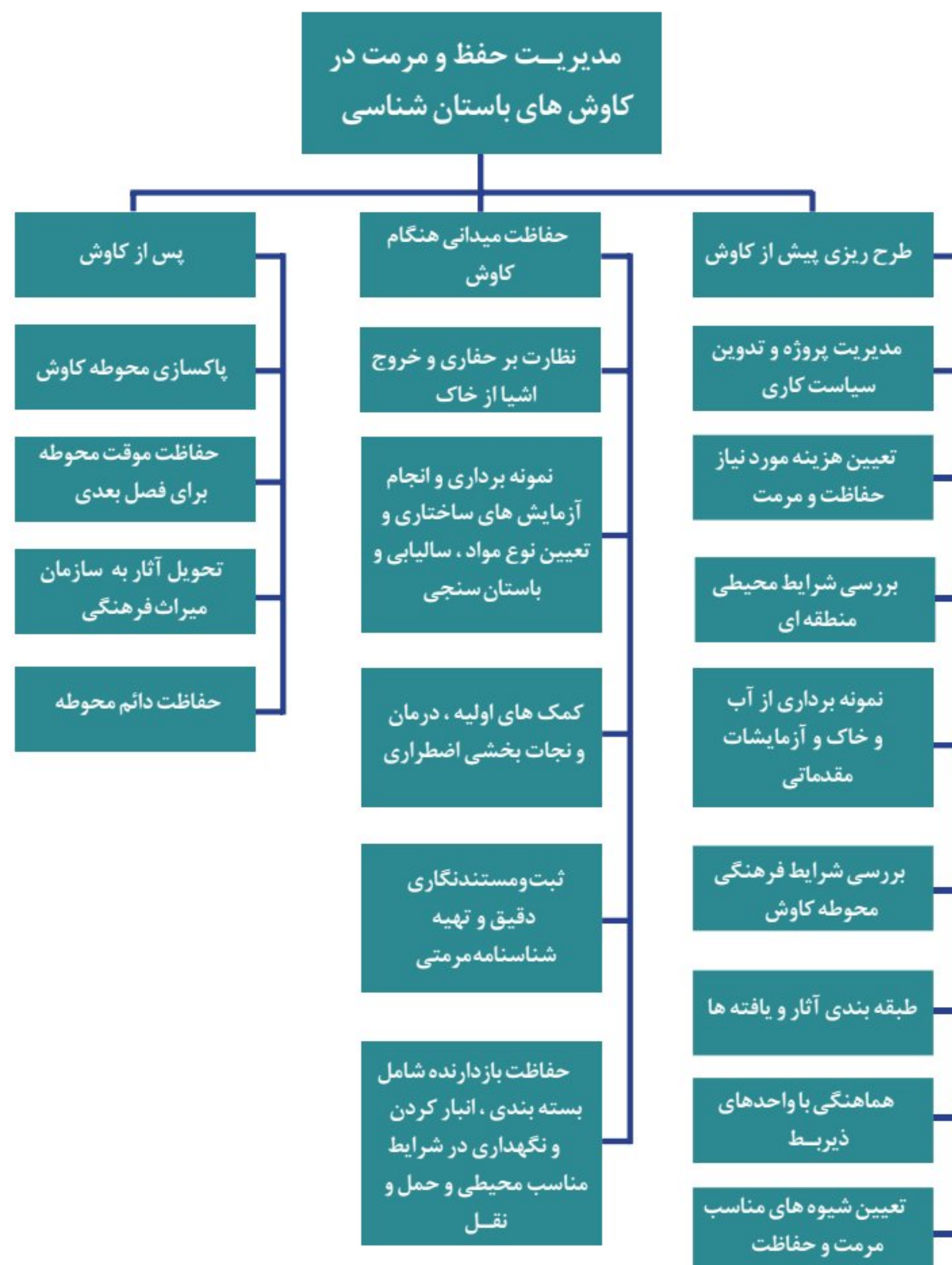
۵- ایجاد کارگاه در محوطه کاوش

برای ایجاد این کارگاه یک مکان سر بسته و محفوظ ارجحیت دارد و در صورت عدم دسترسی به چنین مکانی یک چادر نیز می تواند مورد استفاده قرار بگیرد. فقط کافی است نور مناسبی برای آن تدارک دیده شود و امکان استفاده از آب و برق وجود داشته باشد. ابزار و وسایل مورد نیاز برای تجهیز کارگاه می تواند منحصر به چند صندلی و میز کار که ترجیحاً دارای چند کشو برای قرار دادن لوازم و ابزار کار باشد؛ کمدها برای نگهداری مواد شیمیایی؛ قفسه های دردار و قفل شونده برای نگهداری آثار؛ وجود آب تمیز (ترجیحاً جاری) به مقدار فراوان و آب مقطر به میزان کافی؛ میکروسکوپ دو چشمی با حوزه دید مناسب؛ دوربین عکاسی با لنز و فیلترهای کلوزآپ و میکرو، ترازوی کفه ای برای وزن کردن آثار سنگین و بزرگ؛ ترازوی گرم سنج (بادقت دودهم اعشار برای ساختن مواد شیمیایی و همین طور وزن کردن اشیاء بسیار کوچک)، ظروف پیرکس و پلاستیکی برای ساختن مواد شیمیایی، چراغ الکلی، برای انجام عملیات کافی است.

۶- هماهنگی با واحدهای ذیربط

امکان تماس و ارتباط مستمر با مشاورین مرمتی، مراکز مرمتی منطقه ای و آموزشی مرمت و همچنین سایر متخصصان در سطح ملی و بین المللی که بتوانند خدمات و امکاناتی را در اختیار بگذارند. جمع آوری اطلاعات در باره افراد و موسساتی که در موقع لزوم و در شرایط اضطراری به یاری گروه بشتابند همچون آتش نشانی، بیمارستان، نیروهای انتظامی و ...

نمودار ۱) مدیریت حفظ و مرمت در کاوش های باستان شناسی



ب) محافظت میدانی هنگام کاوش

۱- سازمان دهی^۸

در یک محوطه کاوش وجود یک متخصص مرمت مسوول در برابر نجات بخشی اضطراری، حفظ و نگهداری از یافته‌ها کاملاً ضروری است و در صورت نیاز به یک گروه از مرمتگران متخصص و یا تجربی، مسوولیت هماهنگی این افراد نیز با وی می‌باشد. آگاهی دادن به اعضای گروه کاوش در زمینه حفظ و مرمت یافته‌های باستان‌شناسی به ویژه در هنگام کشف آثار کمک فراوانی برای پیشبرد کار به شمار می‌آید. از دیگر وظایف او در این حوزه بررسی محدودیت‌ها و مشکلات در سر راه حفظ و مرمت یافته‌ها در هنگام کاوش و ارائه راهکارهای مناسب به گروه است.

به دلیل محدودیت زمانی برنامه کاوش و با توجه به این نکته که منابع نیروی انسانی و مدت زمان انجام کار محدود بوده و تجدیدپذیر نیست برای بهره‌وری هرچه بیشتر باید کار را برنامه‌ریزی شده انجام داده و بر الویت‌ها تأکید نمود. نظم در اینجا یک عامل حیاتی محسوب می‌شود. فهرست بندی اولویت‌ها و تقسیم‌بندی براساس میزان اهمیت یافته‌ها و سازماندهی آنها بر این اساس که طرح‌های مهم‌تر به اجرا در آمده و به طور مستمر و پیگیر اجرا شوند. طرح‌های حساس باید پیش از اجرا به مراحل مختلف تقسیم گردند، باید مرحله به مرحله پیش رفت. برای این منظور از انجام هرگونه کاری که با این برنامه همخوانی و ارتباط ندارد، باید خودداری کرد. ایجاد نظم در کار با ثبت برنامه و طرح یک چک لیست برای انجام کارها، کد گذاری اطلاعات و ایجاد استانداردها بدون توجه به طرح یا ماهیت کار - چنانچه برنامه‌ریزی و ثبت شود، کار موثرتر صورت خواهد گرفت.

داشتن اطلاعات کافی از مسوولیت‌های هر فرد برای انجام بهینه کارها، داشتن ارتباط با باستان‌شناس مسوول هیأت (برای برنامه‌ریزی و الویت بندی یافته‌ها جهت حفظ و مرمت براساس هزینه تخصیص یافته) و سایر باستان‌شناسان گروه (بمنظور نجات بخشی اضطراری آثار در هنگام کاوش و بیرون آوردن آثار از زمین)، زمین شناس، استخوان شناس (برای حفظ و مرمت و باز سازی مناسب استخوان‌ها و اسکلت‌ها)، عکاس (تهیه عکس‌های مورد نیاز از یافته‌ها و آثار به هنگام بیرون آوردن اشیاء از زمین)، مرمتگر ابنیه، انباردار (تهیه جعبه‌ها و کیسه‌های مناسب، قفسه‌ها و کمد و ایجاد شرایط مناسب برای نگهداری و روش چیدن اشیاء و یافته‌ها در انبار) و ...

۲- نظارت در هنگام حفاری

از آن جایی که همه یافته‌های به دست آمده از کاوش‌های باستان‌شناسی مورد تجزیه و تحلیل‌های علمی، که از دیدگاه باستان‌شناسی دارای اهمیت است، قرار می‌گیرند؛ بنابراین کلیه مراحل حفظ و مرمت در کاوش بایستی بگونه‌ای برنامه‌ریزی شود که این تجزیه و تحلیل و دیگر آزمایشات علمی به این مدارک با ارزش آسیب نرساند. همچنین بایستی شواهد محیطی با ارزش به دست آمده از خاک یک محوطه کاوش را به خوبی مد نظر قرار داد. دست یافتن به این امر با نظارت مستمر بر چگونگی کشف آثار

در هنگام کاوش و حفاری و با توجه به اطلاعات مرمتی و محافظتی برای خارج ساختن هرچه سالم‌تر آثار و یافته‌ها از زمین میسر می‌شود. در صورت لزوم پوشاندن مجدد و نگهداری آثار سست و شکننده در محل خود و ارجاع عملیات خارج سازی این نوع آثار به مرمتگران می‌تواند اقدام مفیدی برای حفظ آثار باشد. حضور موثر یک مرمتگر در زمان کشف برای نجات و درمان‌های محافظتی مناسب در محل، استحکام بخشی و تثبیت یافته‌ها و تقلیل شوک ناشی از تغییر محیط ضروری است.

۳- تعیین اولویت‌های مرمتی: بر اساس اطلاعات به دست آمده از مطالعات اولیه که در مراحل پیش از کاوش توضیح داده شد؛ می‌توان تعیین کرد که اشیاء موجود در محوطه از چه جنسی بوده و در نتیجه نوع آسیب‌های وارده از کدام نوع می‌تواند باشد. در این صورت می‌توان اشیایی را که برای حفاظت و مرمت ارجحیت بیشتری دارند را سریع‌تر مورد درمان قرار داد.

۴- کمک‌های اولیه^۹ و نجات بخشی اضطراری^{۱۰}

الف) دستکاری^{۱۱}: پیش از اقدام به هر گونه دستکاری و برداشتن شی از زمین ارزیابی شرایط شی، ثبت اطلاعات و عکاسی و یا طراحی از شی قبل از انجام عملیات برداشتن آن یک ضرورت است. توجه به این نکته لازم است که شی یافت شده ممکن است ضعیف و شکننده باشد به ویژه این که امکان تشخیص فوری وضعیت آثاری که در ظاهر مستحکم هستند نیز وجود ندارد. معمولاً این آثار با رسوبات و گل و لای پوشیده شده‌اند و با هر تکان نابجا ممکن است متلاشی شوند. بخصوص احتمال این امر بیشتر در قسمت‌های الحاقی وجود دارد که ممکن است دارای شکاف، پوسیدگی و ترک باشد. بنابراین هرگز نباید اشیاء را از لبه، دسته و یا سایر بخش‌های الحاقی به شی بلند کرد بلکه از قسمت‌های ضخیم‌تر و حتی الامکان با گرفتن از زیر اشیاء برای بلند کردن آنها استفاده کرد. همچنین نباید اشیای نرم و قابل انعطاف را تا کرد و یا اشیاء تا و مچاله شده را باز کرد. حمایت اشیاء با استفاده از خاک اطراف شی به عنوان تکیه‌گاه تا زمانی که حفاری در اطراف شی ادامه دارد نیز می‌تواند در جلوگیری از آسیب و تخریب آن موثر باشد.

ب) برداشتن اشیای سست از روی زمین:^{۱۲} انتخاب بهترین روش برای برداشتن یک شی از زمین و خارج کردن آن از خاک به میزان استحکام، اندازه، وزن و وضعیت شی بستگی دارد. پیش از برداشتن شی از زمین می‌توان با کمک یک کاردک چوبی دور تا دور آن را از مواد اضافه پاک و کلوخه‌های چسبیده به شی را با مرطوب کردن موضعی با الکل یا آب برداشت. پس از آزاد سازی شی از چهار طرف، به گونه‌ای که فقط از زیر به زمین اتصال داشته باشد، ۲ تا ۳ سانتیمتر پایین‌تر از محل اتصال خاک و شی طوری کنده شود که شی از خاک جدا نشود و با همان خاک و با رعایت احتیاط بسته‌بندی شود.

ج) استحکام بخشی و تثبیت^{۱۳}: استحکام بخشی و تثبیت اشیاء با رزین‌های آکریلیکی بدون استفاده از باند و تکیه‌گاه



روش مناسب دیگری برای برداشتن اشیاء سست است. انتخاب نوع استحکام بخش به شرایط و وضعیت شیء بستگی دارد. از این روش برای چسباندن قطعات شکسته شده در جای خود و امکان یک پارچه برداشتن شیء از زمین استفاده می‌شود. پیش از انجام هر عملی دور تا دور شیء را از خاک و کلوخ بایستی پاک کرد. برای استحکام بخشی از امولسیون‌های غیر آبی PVA یا پارالوئید ۱۰٪ در استون یا آکریسول WS24 استفاده می‌شود. از این روش استحکام بخشی برای اشیاء خیس و یا اشباع از آب و همچنین برای اشیایی که باید مورد تجزیه و تحلیل و آزمایشات علمی قرار بگیرند نباید استفاده کرد.



تصاویر ۳ و ۴- استحکام بخشی آثار وابسته به معماری در محل (عکس‌ها از آرشیو دیجیتال هفت تپه)

(د) بانداژ کردن (حمایت فیزیکی اشیاء)^{۱۴}

به هنگام یافت شدن اشیاء بسیار شکننده و سست می‌توان از یک باند یا پارچه مخصوص کمک‌های اولیه و یک ماده چسبناک و محکم شونده استفاده کرد. باند را در چند لایه دور شیء پیچیده و با گچ یا پارالوئید و یا امولسیون پلی وینیل استات PVA، آن را محکم می‌نمایند. ماده استحکام بخش با قلم مو روی شیء کشیده شده و بهتر اینست که با یک حلال مناسب روی آن اسپری شود. برای این منظور ماده استحکام بخشی ارجحیت دارد که در صورت وجود رطوبت نیز با اطمینان بکار رود.

اگر ظرف و خاک اطراف آن خشک است محلول پلی وینیل استات در استون می‌تواند استفاده شود. برای نفوذ بیشتر از یک سانتیمتر در شیء، ابتدا محلول ۳٪ را سه یا چهار بار بکار برده و کم کم می‌توان غلظت آن را ۱۰ تا ۱۵٪ بالا برد. بایست اجازه داد بین مراحل کار، حلال تبخیر شود ولی اجازه خشک شدن کامل به آن نداد.

اگر ظرف و خاک خیس یا نمناک هستند، امولسیون پلی وینیل استات بکار برده می‌شود. امولسیون با آب مخلوط شده و کاملاً نفوذ میکند لیکن مدت بیشتری برای خشک شدن وقت می‌خواهد



تصاویر ۱ و ۲- استحکام بخشی آثار و اشیاء در هنگام کاوش (عکس‌ها از هیات باستان‌شناسی مسجد کبود تبریز)

برای آثار وابسته به معماری نیز می‌توان از چنین روش‌هایی سود جست.

تا محلول آن. شیوه بکار گیری آن نیز همانند استفاده از محلول آن است. بایستی توجه داشت که شی پس از بانداژ کردن کاملاً خشک شود و سپس اقدام به برداشتن آن از زمین نمود.



تصویر ۵- بانداژ کردن سفال‌های ترک خورده (عکس‌ها از هیات باستان شناسی مسجد کبود تبریز)

ه) بلوک‌برداری^{۱۵}:

۱- برای برداشتن اشیاء بسیار سست و از هم گسسته استفاده از یک تکیه گاه مسطح و محکم مانند یک تخته روش بسیار مناسبی است چنین اشیایی را می‌توان با استفاده از روش بلوک‌برداری از زمین خارج نمود. این روش نیز به اندازه، وزن و شرایط شی و خاک اطراف آن بستگی دارد. برای این منظور خاک اطراف شی را بریده و مثل یک بلوک سیمانی از اطراف جدا می‌سازند. سپس اطراف بلوک را مثل قاب با چوب یا ماده مقاوم دیگری احاطه کرده و آنگاه بلوک را از زیر آرام آرام کنده و ورقه ای محکم از فلز یا تخته را در محل بریدگی قرار می‌دهند به طوری که بلوک و قاب‌های دور آن کاملاً بر روی این ورقه سوار شود.

۲- اطراف شی را کاملاً تمیز کرده و سپس آن را با کاغذ فویل آلومینیمی و یا ورقه‌های پلاستیکی کاملاً می‌پوشانند به گونه‌ای که هیچ قسمت با محیط اطراف تماس نداشته باشد. به فاصله ۲ تا ۳ سانتیمتری شی به همان ترتیب قبل قاب‌های چوبی را قرار داده و فضای داخل قاب را با گچ می‌پوشانند و سرانجام یک لایه باند و ماده تقویت کننده دیگر را روی سطح صاف شده گچی قرار داده و مجدداً مقدار دیگری گچ به آن اضافه می‌کنند. در نهایت خاک زیر این مجموعه را کنده و آن را بر روی تخته

چوبی سوار می‌کنند.

به جای چوب از نوارهای گچی نیز می‌توان استفاده کرد در این حال خاک دور شی را با نوارهای گچی پوشانده و پس از خشک شدن آن را از زیر بریده و روی تخته سوار می‌کنند. ولی بایستی توجه داشت که گچ مستقیماً روی شی استفاده نشود و یک ورقه پلاستیکی یا فویل آلومینیمی را قبل از استحکام بخشی دور ظرف پیچید.

۳- روش دیگر استفاده از کف پلی‌اورتان^{۱۶} به جای گچ است. این روش برای برداشتن اشیاء بسیار بزرگ که روش‌های دیگر بلوک‌برداری آنها را بسیار سنگین می‌کند، به کار می‌رود. این ماده بسیار سمی است و پس از آماده شدن مقداری فشار به اطراف ایجاد می‌کند. بنابراین باید حتماً زیر نظر متخصص این فن استفاده شود. با استفاده از روش‌های ذکر شده در بالا ابتدا چهارچوب محکمی دور شی ایجاد کرده و سپس شی را با چند لایه از ورق آلومینیم پوشش داده به گونه‌ای که هیچ سوراخ و منفذی در آن به وجود نیاید. کف پلی‌اورتان از اختلاط دو نوع رزین خاص حاصل می‌شود. پس از آن که کف جامد شد می‌توان شی را با روشی که برای بلوک‌برداری گفته شد، از زمین برداشت.





تصاویر ۶ تا ۱۳- بلوک برداری یک فسیل عاج
(عکسها از Natural-History-Conservation)

(و) نمک زدایی^{۱۷}: در مورد آثاری که در محل باقی می‌مانند و امکان انتقال آنها به آزمایشگاه یا کارگاه نیست، با توجه به شرایط و وضعیت آنها می‌توان از روش‌های متداول نمک‌زدایی استفاده نمود. کاغذ بدون اسید بعد از خرد کردن در آب مقطر خمیر شده و سپس به ضخامت چند سانتیمتر بر روی سطوح کشیده می‌شود. پس از خشک شدن خمیر را از روی سطح کنده و در صورت نیاز می‌توان این عمل را مجدداً تکرار کرد. بر اثر این عمل آب به داخل منافذ نفوذ کرده و نمک‌های موجود در آن را حل نموده و با تبخیر شدن همراه خود به سمت سطح می‌کشاند و در نتیجه نمک‌ها وارد خمیر می‌شود.



۵- مستند نگاری

نگرانی عمده باستان‌شناسان مساله نگهداری و تفسیر و ثبت یافته‌ها است. هیچ شی از هیچ بخش و مکانی به تنهایی گذشته را احیا نمی‌کند. بنابراین تمامی مراحل کاوش از استخراج اشیا و آثار تا ثبت و تجزیه و تحلیل و انتشار گزارش، از ابتدا تا انتها باید با دقت کامل در یک حفاری سازمان یافته انجام گیرد. با روش‌های حفاری جدید حفار نه تنها اشیا را کشف می‌کند بلکه ارتباط اشیا را با یکدیگر و با محیط اطراف نشان می‌دهد و با بازیابی اطلاعاتی از گذشته، اتفاقاتی را که در جوامع گذشته برای یک اثر افتاده است را مجسم می‌کند مانند چینه‌شناسی هر اثر پیدا شده و وضعیت آن در زمین دفن، ارتباط کامل آن با سایر اشیا و ردیابی مواد پیدا شده همراه با آن. ثبت این اطلاعات با دقت زیاد در میدان کاوش، ثبتی وابسته به قراین را برای اشیا آماده می‌سازد. از آن جایی که کاوش باستان‌شناسی با طبیعت ویران‌گرانه‌ای همراه هست، مستند نگاری نقش تعیین کننده‌ای را در حفاری بازی می‌کند. نظیر کار مرمت همه مراحل باید با دقت با اسناد و مدارک، طراحی و عکاسی مستند نگاری شود. فقط یک بار حفاری اتفاق می‌افتد و مفهوم یک اثر باستان شناختی با این اسناد حفظ می‌شود. این مفهوم به شدت برای

تصویر ۱۴- نمک زدایی در محل
(عکس از هیات باستان‌شناسی مسجد کبود تبریز)

باستان‌شناسان با اهمیت است.

ثبت تمامی اطلاعات نوشتاری یا تصویری که در نتیجه پژوهش‌های مختلف در مورد یک اثر یا یک مجموعه آثار کسب شود را مستند نگاری می‌نامند که شامل مدارک معاینات، بررسی‌ها، روش‌های درمان، ثبت درمان‌ها و چکیده توصیه‌های مورد استفاده در آینده برای نگهداری می‌باشد. بدیهی است که یک چنین مستندنگاری نه تنها برای مطالعات باستان‌شناسی بلکه برای انجام فعالیت‌های محافظتی و مرمتی آثار و یافته‌ها نیز کار برد موثری دارد. ثبت دقیق و موشکافانه، برچسب زدن و عکاسی آثار به همان سرعتی که حفاری می‌شوند، گرچه می‌تواند طاقت فرسا باشد ولی نایستی از آن چشم پوشی کرد. چنانچه این مرحله از قلم بیفتد برای سامان بخشی و اصلاح کردن آثار در آینده مشکلاتی به وجود خواهد آمد.

الف) ثبت یافته‌ها: ثبت دقیق یافته‌ها و مکان اصلی آنها بخشی اساسی کار حفاری است که بدون آن رابطه باستان‌شناختی یافته‌ها گم می‌شود. در زمان کشف یک شماره مرجع برای هر یافته که منحصر به همان یافته باشد، اختصاص داده می‌شود تا توسط آن شماره مشخص شوند و در دفتر ثبت روزانه درج شده همراه با سایر مشخصات ضروری به ثبت می‌رسند.

ب) تهیه شناسنامه مرمتی: تهیه شناسنامه مرمتی برای کلیه آثار و اشیاء شامل ثبت دقیق اطلاعات تصویری و نوشتاری حاصل از معاینات و آزمایشات، تجزیه و تحلیل داده‌ها، مطالعه مواد مربوطه، نمونه‌های برداشته شده از اثر تاریخی، جزییات ترکیبات و مواد متشکله، شرایط شی و... همراه با طراحی از وضعیت موجود و طرح آسیب شناسی و عکس‌های مربوط به آن است. در این شناسنامه علاوه بر اطلاعات باستان‌شناسی، شرح وضعیت ظاهری اثر و اطلاعاتی در باره ابعاد و اندازه و توصیف تزیینات آن، نوع مواد سازنده اثر و نحوه آسیب دیدگی و رسوبات و محصولات خوردگی، تعداد قطعات و کمبودهای آن، وزن شی قبل و بعد از مرمت، آزمایشات انجام گرفته، نوع مواد مورد استفاده در عملیات حفظ و مرمت اشیاء، عکس اثر قبل و بعد از مرمت، طرح‌های آسیب شناسی نیز درج می‌شود.

هر فعالیت محافظتی که برای یک شی خاص تعیین شده باید کاملاً ثبت شود، چنان که هنگام ورود شی به یک آزمایشگاه حفظ و مرمت، جزییات تاریخیچه جدید شی از زمان کشف و خروج از زمین به مرمتگر ارائه می‌شود. آثار مهم بایستی یک برگه مخصوص در دفتر ثبت داشته باشند. چنانچه میزان زیادی از اشیاء مانند قطعات سفالی یا استخوان به دست آمد، می‌توان آنها را در شماره‌های کوچک تر بر حسب نوع ماده در یک برگه ثبت گروه‌بندی نمود، به ویژه زمانی که آنها یک روش محافظتی و درمانی خاصی را متحمل می‌شوند. به این ترتیب همه جزییات در برگه مخصوص درمان ثبت می‌شود.

ج) عکاسی: رابطه شی با محیط اطراف و به همان صورتی که در زمین دفن شده و یا ارتباط قسمتی از آن با بخش‌های دیگر

از اهمیت زیادی در باز سازی بعدی برخوردار بوده و حتی می‌تواند نکات مبهم زیادی را روشن نماید. بنابراین همه اشیاء ویژه‌اشیایی که دچار از هم گسیختگی شده‌اند و اشیاء شکستنی می‌بایست پیش از هر گونه جابه‌جایی در محل خود عکاسی شوند. پس لازم و ضروری است هنگامی که یک شی که از نظر استحکام و یکپارچگی ضعیف بوده و یا از هم گسیخته است کشف می‌شود، تا زمانی که کاملاً از زیر خاک بیرون آورده می‌شود، چندین بار در مراحل مختلف از آن عکس تهیه شود. یک عکس خوب و واضح همراه با اشل اندازه‌گیری و سایر مشخصات مربوط به محل پیدایش شی هم برای باستان‌شناسان و هم برای مرمتگران بسیار ارزش است. بنابراین بهترین امکانات و بالاترین استانداردها برای عکاسی بایستی بکار گرفته شود.

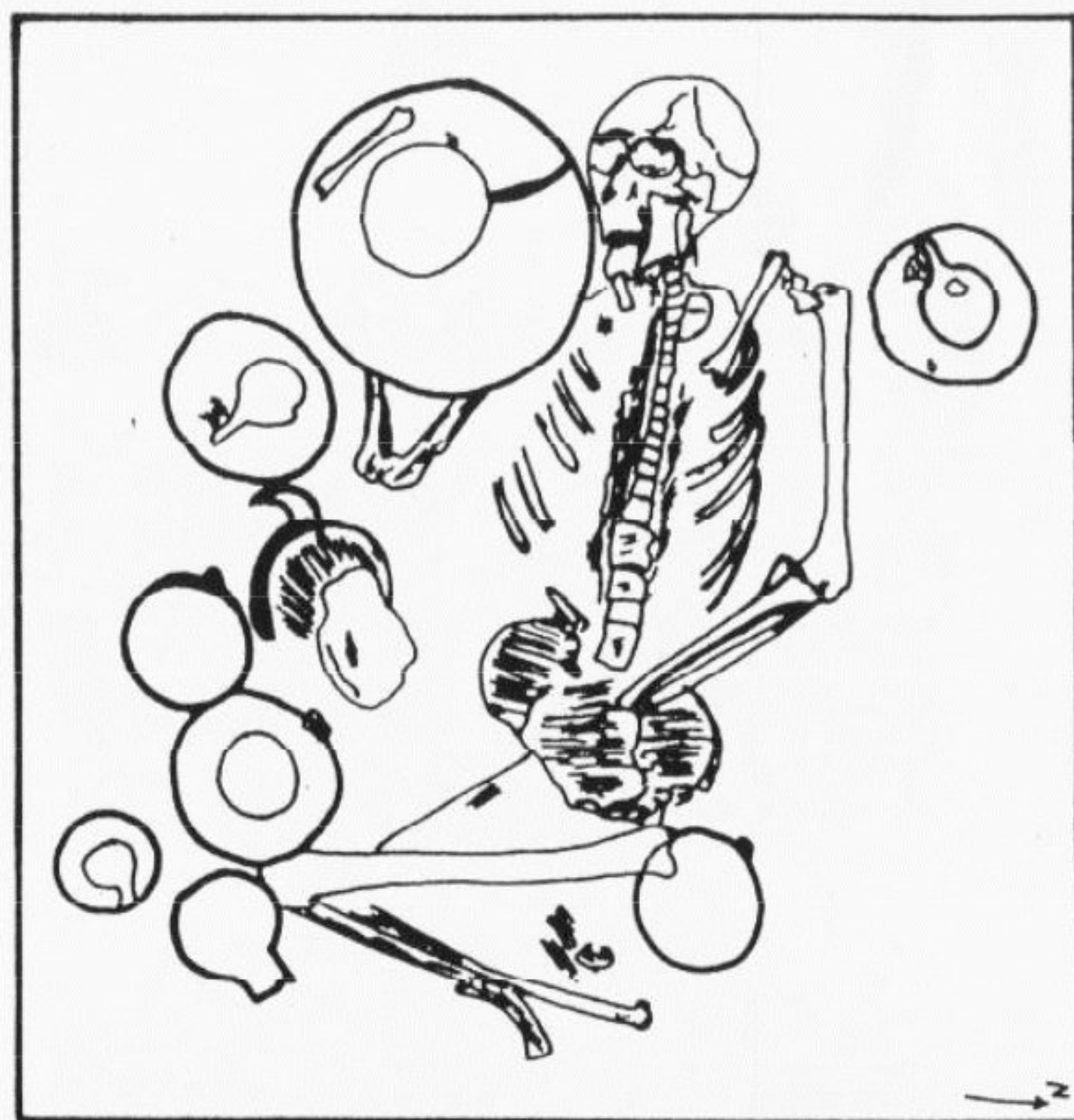
عکاسی برای مستند نگاری آثار و یافته‌ها چه برای فعالیت‌های درمانی و چه برای مستند کردن کار کاوش، در تمام مراحل عملیات، بخش جدانشدنی کار کاوش را تشکیل می‌دهد و کمک بسیار موثری در نشان دادن و نظرات کاوشگر است. در جریان کاوش سه نوع عکس رنگی و یا سیاه و سفید تهیه می‌شود که عبارتند از: عکس‌های روزمره یا گزارشی، عکس‌های مایل و عکس‌های عمودی. عکس‌های روزمره در هنگام کاوش تهیه شده و آنها را می‌توان با هر دوربینی گرفت. امروزه بیشتر از دوربین‌های ۳۵ میلیمتری و دیجیتالی استفاده می‌کنند. تهیه این سری عکس‌ها نیز در هر شرایط آب و هوایی امکان پذیر است.

عکس‌های مایل و عمودی برای انتشار گزارش نتایج کاوش و آثار یافت شده در طی آن تهیه می‌شوند. برای تهیه این عکس‌ها نور محوطه در ساعات مختلف مورد مطالعه قرار گرفته و بهترین زمان مشخص می‌گردد. نورهای شدیدی که هنگام طلوع و غروب خورشید ایجاد می‌شوند و نور غیر مستقیم مانند زمانی که ابرهای سبک و پراکنده‌ای آسمان را پوشانده باشد، برای عکاسی بسیار مناسبند. برای این منظور علاوه بر دوربین‌های مخصوص به وسایلی از قبیل برج عکاسی و فیلترهای مختلف، لنزهای متعدد زوم، تله و واید نیز نیاز است. بهترین دستگاه دوربین نیز دوربین‌های قطع بزرگ با ابعاد ۶*۹ و ۶*۶ است. جهت تهیه اسلاید نیز دوربین‌های ۳۵ میلیمتری با لنزهای قوی استفاده می‌شود. اشل‌های اندازه‌گیری در اندازه‌های مختلف، نمایش جهت جغرافیایی شمال، ثبت محل کارگاه، ترانشه، عمق و سایر اطلاعات مورد نیاز در عکاسی از سازه‌ها و بناها و آثار به دست آمده پیش از خارج ساختن آنها از زمین یا برداشتن لایه، ضروری است.

برای عکاسی از اشیاء نیز بهترین زمان ساعت ۹ الی ۱۱ صبح است و بهترین مکان نیز مرز بین سایه - آفتاب و همچنین استفاده از جعبه نور است. لنزهای ماکرو و فیلترهای کلوزآپ برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند. در هنگام عکاسی باید دقت کرد که حتماً اشل اندازه‌گیری، شماره ثبت شی و اطلاعات مربوط به مکان و زمان یافت شدن آن در کنار شی قرار گیرد.

د) طراحی و نقشه برداری: برای نشان دادن موقعیت

آثار یافت شده پیش از آن که از جای خود برداشته شوند، اقدام به طراحی از یافته‌ها و برداشتن نقشه محل یافت آثار می‌نمایند. هم چنین از کلیه آثار به دست آمده نیز پس از خروج از زمین طراحی کاملی صورت می‌گیرد.^{۱۸}



طرح ۲۱: گور ۷۹/۱۱، ظروف، اسکلت و یک سنگ روی ظرف، ترانسه D کارگاه ۳.



طرح ۲۲: گور ۷۹/۱۲، ظروف، اسکلت و قاب‌های تزئینی، ترانسه D کارگاه ۳.

تصویر ۱۵- طراحی از وضعیت آثار کشف شده (طرح از گزارش سال ۱۳۷۹ فصل دوم کاوش مسجد کبود تبریز)

مختصری از شی و شرایط انباری مناسب آن، نکات ایمنی و تاریخ بسته‌بندی آن و هر نوع هشدار ضروری دیگر بر روی بسته‌های حاوی یافته‌ها نیز الصاق می‌شود و در یک فهرست کلیه مسائل و مشکلات آثار یافت شده برای باز بینی و بررسی مجدد همراه با تخصیص یک کد برای آنها نوشته می‌شود این کد در برچسب‌ها نیز به کار می‌رود. اجرای این کار نه تنها در وقت مرمیگران صرفه جویی می‌کند، بلکه از گم شدن و بهم ریختگی یافته‌ها در هنگام باز بینی و بررسی مجدد جلوگیری می‌نماید.

باید توجه داشت که برچسب‌ها و نوشته روی آنها در شرایط نوع انبار و بسته‌بندی یافته‌ها باقی بمانند. به عنوان مثال استفاده از برچسب‌هایی که چسب و نوشته آن به رطوبت حساس است، در مورد اشیایی که می‌بایست خیس بسته‌بندی شوند، بکار برده نشود. در این موارد یک برچسب ضد آب که با قلم سیاه و ضخیم نوک نمدی و جوهر با پایه الکلی ضد آب علامت گذاری شده، باید به اثر الصاق شود.

۶- نمونه برداری

برای انجام آزمایشات دستگاهی و شیمیایی مورد نیاز برای تعیین سالیابی و تشخیص نوع مواد سازنده، رسوبات، نمک‌ها و خاک و ... می‌بایست به نمونه برداری از یافته‌ها اقدام نمود. موادی که

ه) تعیین روش‌های مناسب شماره گذاری

بر روی آثار: باستان‌شناسان برای ثبت سفال‌ها معمولاً از شیوه سفال‌نویسی استفاده می‌کنند و بطور معمول برای نوشتن بر روی سفال روان نویس یا راپید بکار برده و محلول چسب و استون را برای تثبیت آن بکار می‌گیرند. این روش را می‌توان در مورد سفال‌های قطعه که صرفاً ارزش مطالعاتی دارند بکار برد، ولی این روش در آثاری که جنبه تاریخی یا هنری بارزی دارند بدل به یک عامل مخرب شده و پاک کردن آن برای مرمیگران مشکلاتی ایجاد می‌کند. بهترین روش استفاده از برچسب‌های آماده است که در بازار نیز موجود می‌باشد. این برچسب‌ها را می‌توان بسته به شرایط شی بسته‌بندی شده انتخاب نمود. لیکن باید توجه داشت که این برچسب‌ها سطح نقاشی شده آثار و لعاب‌های صدفی شده را تخریب نکنند.

برای ثبت کلیه اقداماتی که بر روی شی انجام گرفته و مواد شیمیایی خاصی که در این عملیات بکار برده شده است (مانند چسب‌ها و حلال‌ها و...) و یا حتی عملیات خاصی که لازم است تا بعدها روی آن صورت بگیرد می‌توان از انواع برچسب استفاده نمود. این یک اقدام احتیاطی برای ایمنی و سلامت اشیاء و همینطور صرفه جویی در وقت مرمیگران است. یک برچسب ثانویه نیز با شماره یافته، شرح

برای نمونه برداری انتخاب می‌شوند، نبایستی آلوده به هیچ نوع ماده شیمیایی به ویژه قارچ کش‌ها باشد. حتی از تماس دست با آنها نیز بایستی خودداری شود. برای نمونه برداری از خاک اطراف و داخل یافته‌ها برای تعیین وجود آثار آلی از قبیل بقایای پارچه، مواد غذایی و غیره نیز بایستی به همین شیوه عمل شود. نمونه‌ها را باید در محل مخصوص نگهداری نمود.

۷- آزمایشات و آنالیزهای دستگاهی

برای انجام معاینه و آزمایشات بر روی آثار و اشیاء، روش‌های مختلفی وجود دارد مانند:

الف) شیوه‌های مبتنی بر استفاده از ملزومات اپتیکی برای تعیین استحکام ظاهری و رنگ و استحکام لایه‌های حاصل از خوردگی و لایه‌بندی آنها.

ب) استفاده از روش‌های شیمی کلاسیک.

ج) روش‌های مبتنی بر شیوه‌های ریز ساختارنگاری همچون طیف سنجی نور مرئی، جذب و نشر اتمی. تجزیه عنصری XRF، تشخیص ترکیب XRD، رادیوگرافی FT-IR، XRA، کروماتوگرافی، وزن سنجی حرارتی، آنالیز حرارتی و لیزر.

رادیوگرافی از آثاری که دارای توده زنگار و رسوبات فراوانی در سطح خود است، می‌تواند اطلاعات بسیاری در باره شکل و ساختار این توده به دست دهد. بدیهی است که امکان رادیوگرافی همه آثار وجود ندارد و در بیشتر موارد حق تقدم باید به گرفتن عکس از اشیایی که شکلشان مبهم است، داده شود.

۸- بسته‌بندی

با رعایت این نکته که در یک بسته‌بندی نامناسب امکان تخریب و از بین رفتن شیء بسیار زیاد است بایستی دقت کافی مبذول داشت تا با اجرای نکات ایمنی و محافظتی خطر از بین رفتن و آسیب دیدن شیء به حداقل برسد.

همچنین باید توجه داشت که: اگر چه در محوطه کاوش، درمان یا بسته‌بندی یافته‌ها با دقت فراوان انجام گرفته باشد، این همه با یک کار ساده مانند باز کردن بسته‌ها برای مطالعه، ترسیم و یا عکاسی می‌تواند به هدر رود. بنابراین همیشه باید به خاطر داشت که بعد از انجام مطالعه و بررسی کار بسته‌بندی را انجام داد.

در هنگام بسته‌بندی توجه به شرایط شیء مورد بسته‌بندی مانند خیس یا خشک بودن، بزرگی یا کوچکی، نوع مواد تشکیل دهنده ساختار آن که می‌تواند از نوع مواد آلی، معدنی یا ترکیبی از این هر دو باشد، میزان استحکام و یک پارچگی شیء، شکنندگی و آسیب دیدگی آن ضروری است.

برای بسته‌بندی و همچنین جلوگیری از ضربه دیدن اشیاء به ویژه اشیاء کوچک و شکستنی می‌توان از دستمال‌های کاغذی، کاغذهای نازک بدون اسید، انواع کف‌های پلیمری^{۱۹} از نوع پلی‌اتیلن یا پلی‌اتر یا پلی‌استایرنی مناسب و بی‌اثر در ضخامت و ابعاد مختلف، لایه‌های پنبه‌ای و کاغذ روزنامه استفاده کرد. هنگامی که از پنبه به عنوان لایه ضربه گیر استفاده می‌شود باید توجه داشت که در تماس مستقیم با شیء به کار نرود زیرا سطح متخلخل و پوسته پوسته شده

اشیاء به الیاف پنبه گیر کرده و باعث تخریب و جدا شدن قطعات ریز می‌شود. به کارگیری کاغذ روزنامه مجاله شده نیز برای ایجاد لایه ضربه گیر مناسب است ولی برای اشیاء خیس نباید به کار برده شود زیرا نوشته‌ها و رنگ روزنامه و همچنین مواد مضر موجود در آن به شیء آسیب می‌رساند.

جعبه‌های چوبی و یا کارتن‌های مقوایی و کیسه‌های پلی‌اتیلنی با اندازه‌ها و ضخامت‌های مناسب برای محافظت فیزیکی اشیاء به کار برده می‌شوند. در تمام شرایط اندازه جعبه یا کیسه بسته‌بندی با اندازه یافته‌ها بایستی متناسب باشد، نه خیلی بزرگ و نه خیلی کوچک. از ظروف درپوش دار پلاستیکی با اندازه‌های متفاوت نیز برای این منظور می‌توان استفاده کرد. مزیت استفاده از این ظروف در حمل و نقل سهل و ایمن آنها بوده و بادوام‌تر نیز هستند، فقط این ظروف گران‌تر از بقیه انواع لوازم مورد نیاز برای بسته‌بندی هستند. (تصاویر ۱۶ و ۱۷)

آثار شکننده در کاغذهای نازک بدون اسید یا دستمال کاغذی یا کف پیچیده شده و داخل پاکت‌های پلی‌اتیلنی گذاشته و تمام پاکت‌ها را در جعبه‌های پلی‌اتیلنی با چفت‌های خود بسته‌شده قرار داده و فضاهای خالی آن برای جلوگیری از ضربه دیدن در هنگام حمل و نقل با کف پوشانده می‌شوند. هم چنین آثاری که از ترکیب چند ماده مختلف ساخته شده‌اند، بایستی جداگانه بسته‌بندی شده و بر اساس نیاز، محیط جعبه مرطوب یا خشک نگهداری شوند. در صورت امکان هر قطعه در جعبه‌های پلاستیکی همراه با کاغذ نازک بدون اسید و فوم استایرنی بسته‌بندی شده و چنانچه رطوبت نسبی موجود بیشتر از حد ضروری بود به همراه شیء سلیکا ژل نیز بسته‌بندی شود و اگر امکان ندارد که هر شیء در جعبه جداگانه‌ای قرار گیرد، اشیایی که استحکام بیشتری دارند را می‌توان در یک پاکت یا یک کیسه پلاستیک کوچک قرار داده و کیسه‌ها را در جعبه مقوایی محتوی مقداری سلیکا ژل چیده شده و سپس در یک کیسه پلی‌اتیلن ضخیم به همان روش گفته شده در بالا بسته‌بندی می‌شوند.

آثاری که بایستی خشک نگهداری شوند مانند غیر فلزات در کیسه‌های کاغذی یا پلی‌اتیلنی سوراخ‌دار برای جلوگیری از تعریق، گذاشته شده و فلزاتی که باید خشک بمانند، در شرایط کاملاً خشک و در جعبه‌ای کاملاً محکم و عایق هوا به همراه سلیکا ژل بسته‌بندی شوند، زیرا حتی میزان خیلی کم رطوبت نیز می‌تواند سبب خوردگی شود. سرب و آلیاژ آن نیز در شرایط ویژه‌ای دور از بخارات مضر مواد آلی به کار رفته در جعبه‌های مقوایی بسته‌بندی، باید نگهداشته شوند.

موادی که بایستی خیس نگه داشته شوند مانند بعضی از فلزات، مواد آلی و شیشه که سخت، مقاوم و خیس هستند را در کیسه پلی‌اتیلنی سوراخ‌دار گذاشته و در جعبه ضد آب قرار می‌دهند. همچنین اشیاء خیسی که در طول مدت زمان کاوش بایستی خیس باقی بمانند را در سه کیسه پلی‌اتیلنی پیچیده و



تصویر ۱۷- وسایل بسته‌بندی مناسب

(عکس از Natural-History-Conservation)

۹- انبارداری

کلیه یافته‌ها پس از خارج شدن از زمین بایستی خیلی سریع در محیطی که گرما، سرما، و رطوبت نسبی آن کنترل شده است، قرار گیرند. ماندن آثار در محیط فاقد شرایط مطلوب، اغلب آسیب‌های جبران ناپذیری در پی خواهد داشت. برای انبار کردن آثار فلزی و یا هر گونه موادی که خشک به دست می‌آیند محیط هر چه خشک‌تر باشد بهتر است. به آثاری که کمتر در معرض خطر قرار دارند می‌توان اجازه داد تا در محیط تازه خود به توازن و تعادل با محیط جدید برسند. ضرورت ندارد آثاری را که کمتر در معرض آسیب و تخریب قرار دارند، در جعبه‌های سر بسته نگهداری کرد. در صورت بسته بندی بایستی جعبه‌های سر بسته را از گرما و سرمای بیش از حد حفظ نمود و جعبه‌های حاوی یافته‌های مرطوب را در محلی تاریک و خنک نگه داشت.

چنانچه حفاری بیش از یک فصل به درازا بکشد، بایستی آثار هر فصل، جداگانه انبار شوند. گاهی ممکن است که یک تا چند سال قبل از این که عملیات محافظتی و مرمتی انجام شود، اشیاء در انبار باقی بمانند. در این مرحله هر چند که در هنگام حفاری، مراقبت زیادی اعمال گردد، در بعضی از مواد فساد و تخریب مجدداً شروع می‌شود به ویژه آن که شرایط انبار نیز دور از استانداردهای یک محیط مطلوب باشد. در این حال بهتر است که یافته‌ها ابتدا مورد محافظت و مرمت قرار گرفته سپس بسته بندی و انبار شوند. آثار هنری با ارزش مانند طلا و نقره را باید در قفسه‌های قفل شونده امن انبار کرد و اطلاعات مربوط به کشف و موقعیت قرار گیری آنها در محوطه تا کمترین حد ممکن به بیرون درز پیدا کند.

ساختمانی که برای انبار انتخاب می‌شود بایستی تنها به عنوان انباری برای یافته‌های باستان‌شناسی به کار رود و نزدیک به محلی باشد که کارگاه مرمت و محل مستندنگاری آثار در آن قرار دارد. ارتباط محیط انبار با نور و هوای خارج باید قطع شده و از نفوذ باران و رطوبت کاملاً ایمن باشد. استفاده از قفسه حتی به صورت

درون ظرف آب قرار داد. استفاده از سیلیکا ژل در بسته بندی آثار خیس و مرطوب مانع از رشد کپک‌ها و خوردگی بیشتر در اشیاء می‌شود. اگر امکان استفاده از سیلیکاژل وجود ندارد، در آن صورت می‌توان از پاکت‌های کاغذی و یا جعبه‌های چوبی و مقوایی استفاده نمود.

هشدار: کیسه پلی اتیلن می‌تواند صدمه جدی بزند مگر آنکه همراه با سیلیکا ژل استفاده شود. اگر سیلیکا ژل موجود نیست از کیسه پلی اتیلن برای انبار کردن اشیاء خیس استفاده نشود. چنانچه زمان نقل و انتقال اشیاء فرا رسیده است، همه یافته‌های بسته بندی شده در جعبه‌های کوچک را در جعبه مقوایی بزرگ‌تری روی هم چیده به نحوی که هر کدام از جعبه‌های بزرگ با جعبه‌های کوچک‌تر پر شده و هر شکاف یا فضای خالی نیز با روزنامه‌های مچاله شده یا کف پلاستیکی برطرف شود بگونه ای که همه جعبه‌ها در جای خود قرار بگیرند. قبل از بستن درپوش با یک لایه اضافی از روزنامه یا کف روی همه را پوشانده تا هنگام بسته شدن با ریسمان، با فشار ملایم همه را در جای خود نگه دارد. این فشار نباید آنقدر زیاد باشد که آثار بسته بندی شده فشار بیش از اندازه‌ای را تحمل کنند و نه چنان شل باشد که امکان حرکت کردن و غلتیدن در جعبه را داشته باشند. در نهایت جعبه مقوایی بزرگ را درون یک کیسه پلی اتیلن بزرگ بسیار بادوام که در عین حال شامل یک کیسه پلی اتیلنی به اندازه کف دست که سوراخ سوراخ شده و با سیلیکاژل پر شده قرار داده و دهانه کیسه را هم هر چقدر که ممکن است محکم نموده و دقت شود تا بعداً پاره یا سوراخ نشود.



تصویر ۱۶- استفاده از جعبه های تجارتي معمولی برای بسته بندی

(عکس از نشنال پارک سرویس NPS)

کاملاً ساده برای انبارها اهمیت به سزایی دارد و باید فضای کافی برای چیدن اشیا بر حسب توالی کشف و ارتباط با لایه‌ها داشته باشد. هم چنین برای جدا سازی اشیا مختلف بر حسب نوع مواد سازنده آن نیز فضای کافی داشته باشد. همچنین از قفسه‌های کشویی برای نگهداری اشیا کوچک تر می توان استفاده کرد. موضوع مهم دیگر این است که انبار امکان نصب سیستم‌های الکتریکی و ایمنی را داشته باشد.



تصویر ۲۰- انبار مناسب برای یافته‌ها در کنار محوطه کاوش.



تصویر ۱۸- قفسه کشویی مناسب برای نگهداری آثار بسیار کوچک و نمونه‌های باستان‌شناختی. (عکس از نشنال پارک سرویس NPS)



تصویر ۲۱- قفسه امن برای نگهداری آثار کوچک.



تصویر ۱۹- نحوه مناسب نگهداری آثار در انبار. (عکس از Natural-History-Conservation)



تصویر ۲۲- قفسه مناسب برای اشیا بزرگ.



تصویر ۲۳- قفسه مناسب برای نگهداری اشیاء سفال

تصاویر ۲۴ و ۲۵- نگهداری نامناسب اشیاء بسته‌بندی شده در انبار.

۱۰- حمل و نقل

لازم به گفتن نیست در هنگام حمل و نقل اشیاء و بسته‌ها باید بالاترین میزان دقت را چه در زمان حمل آثار به کارگاه و انبار محوطه کاوش و چه به هنگام بارگیری و انتقال آنها به آزمایشگاه، موزه و یا انبار سازمان میراث فرهنگی، به ویژه با ماشین به کار بست.

نمودار ۲) فعالیت های میدانی حفاظتی و مرمتی آثار



ج) مرحله پس از کاوش

۱- فعالیت‌های پژوهشی

فعالیت‌های پژوهشی در زمینه تحلیل داده‌های محافظتی و مرمتی اشیای یافت شده در کاوش (اطلاعات ساختاری و نوع مواد، رسوبات، آسیب‌ها و...)، حفظ و نگهداری آثار و محوطه، کمک به سایر مرمتگران باستان‌شناسی و در اختیار قرار دادن تجربیات و اطلاعات بدست آمده، انتشار اطلاعات و گزارش فعالیت‌های حفظ و مرمت یافته‌ها در هنگام کاوش یکی دیگر از وظایف مرمتگر باستان‌شناسی است.

۲- ارائه مشاوره در خصوص نحوه نگهداری یافته‌ها در موزه.

مسئولیت نگهداری و کنترل آثار در مراحل بعدی نیز بر عهده مسئول محافظت و مرمت گروه کاوش است. در نتیجه ارتباط وی با مسئولین آزمایشگاه‌ها و موزه‌ها و ارائه مشاوره در خصوص نحوه نگهداری آثار و انبارداری دائمی آنها نیز از وظایف وی می‌باشد.

۳- طرح دستورالعمل مرمتی

اشیا بسته به ماهیت وجودیشان محافظت و نگهداری خواهند شد. در مورد اشیایی که در نتیجه حادثه‌ای در زمان ساخت و یا حتی سال‌ها بعد از آن در هنگام استفاده تغییراتی در آنها صورت گرفته و از شکل اولیه خود خارج شده‌اند، تغییری در فرم آنها نباید داد و فقط مراحل نظافت و استحکام بخشی و تثبیت در مورد آنها باید انجام شود. لیکن باید دانست که بازسازی اشیای کاربردی با اشیای هنری دارای تفاوت‌هایی در شیوه و روش کار است. برای تشخیص فعالیت‌هایی که بر روی شی باید انجام گیرد، همکاری مرمتگر و باستان‌شناس و همچنین مسئول موزه الزامی است. چون هدف بازسازی رسیدن هر چه بیشتر به وضعیت اولیه شی و استحکام بخشیدن به آن است.

۴- تحویل آثار به سازمان میراث فرهنگی و گردشگری ایران

سازمان میراث فرهنگی و گردشگری کشور مسئول و حافظ کلیه آثار در ایران است و کلیه آثار کشف شده به این سازمان تحویل داده می‌شود. هیأت باستان‌شناسی با دریافت گزارش آنرا مطالعه کرده و برای استنتاجات خود از آن استفاده می‌نماید. میراث با برداشت از اهمیت و وضعیت و گزارشات ارائه شده نسبت به اثر تصمیم‌گیری می‌نماید. با ورود شی به موزه در دفتر کل موزه یا سازمان میراث فرهنگی محل ثبت و ضبط می‌شود. اغلب اوقات شی در اختیار موزه قرار گرفته و در انبار نگهداری می‌شود و یا به طور دائم در موزه جهت بازدید مردم به نمایش گذاشته می‌شود. (نمودار ۳)

۵- محافظت موقت و دائمی محوطه کاوش

استحکام بخشی و حفظ و مرمت بقایای برجای مانده در محوطه کاوش و پاکسازی محل کاوش نیز از زمره فعالیت‌های مرمتگران است. کاری که می‌توان در این مرحله انجام داد؛ محافظت موقت از

تپه‌ها در بین فصول حفاری، پر کردن مجدد محوطه کاوش یا دفن مجدد آن، پر کردن مجدد بخش‌های اصلی، استحکام بخشی و پوشاندن دیوارها و آثار باقی مانده در محل، زدن سقف و جان پناه‌های دائمی یا موقت، بر روی محوطه برای محافظت دائمی یا طولانی مدت از آن. گذشته از آن بدون وجود قوانین مدون و لازم الاجرائی که کلیه دستگاه‌ها، نهادها، سازمان‌ها و ادارات دولتی و یا غیردولتی ضرورت آن را درک کرده و آمادگی پذیرش چنین قوانینی را داشته باشند، اجرای چنین برنامه‌هایی با مشکلات و دشواری‌های فراوان روبرو خواهد شد. در هر حال باید جلوی هر فعالیتی که به محوطه‌ها آسیب برساند یا از ارزش و اهمیت تاریخی-فرهنگی آنها بکاهد گرفته شود.

الف) پوشاندن دیوارها

در کنار دیوارها با فاصله‌ای حدود ۱۰ سانتیمتر یک رج دیوار آجری ایجاد کرده به طوری که تمام سطح دیوارهای اصلی را دربرگیرد. سپس برای محافظت سطوح تزئینی دیوارها سطح روی آنها را بعد از استحکام بخشی فیزیکی با پارچه‌ای مانند گونی پوشانده و حد فاصل دود دیوار را با شن و ماسه نرم بادی یا پوکه‌های صنعتی فاقد نمک پر کرده و سطح روی این مجموعه را با کاهگل می‌پوشانند (استانلی پرایس) (تصاویر ۲۶ و ۲۷).



تصاویر ۲۶ و ۲۷- پوشش دهی دیوارها و کف. (عکس‌ها از آرشیو دیجیتالی هفت تپه)

ب) دفن مجدد^{۲۰}

در یک مفهوم کاملاً آزاد، حفظ و نگهداری محوطه‌های باستان‌شناختی آرمانی دست نیافتنی است. زیرا در هر صورت، روند فرسودگی همه مواد به طور مداوم در حال پیشرفت است. با این همه روش‌هایی وجود دارد که می‌تواند روند آسیب‌دیدگی محوطه‌ها را که ناشی از عوامل فرهنگی و طبیعی است به تاخیر بیاورد. استحکام بخشی و محافظت این محوطه‌ها در کند کردن این روند موثر واقع شده و تا حدودی موجب محافظت آنها شوند. یکی از این روش‌ها دفن آگاهانه و عمدی دوباره محوطه‌ها در زمین است. قابل ذکر است که این موضوع پدیده جدیدی نبوده و به طور طبیعی نیز بسیار اتفاق می‌افتد. همانند دفن شدن شهرهای «هرکولانوم» و «پمپی» با سیل گدازه‌ها و یا محوطه «ماری اسپرینگ» در «آریزونا جنوبی» که تدریجاً با رسوبات آبرفتی پوشانده شده‌اند. در اینجانب پوشش‌های طبیعی کارکردی همانند پوشش‌های مصنوعی ایجاد شده به دست بشر را دارند. لایه لایه بودن نهشت‌های باستانی خصلتی است که از دفن شدن سکونت‌گاه قبلی، اشغال مجدد و یا سیل و زلزله و مانند آنها، زیر لایه‌ای از رسوبات و خاک ایجاد می‌شود. این روند در چندین لایه به تناوب ایجاد می‌شود. لایه‌های اولیه که در سطح پایین‌تری قرار دارند توسط لایه‌های بالایی از تغییرات حاصل از فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی در سطح زمین دور می‌مانند. تغییرات فرهنگی و محیطی به آهستگی و با آهنگی تدریجی ادامه می‌یابد. بنابراین در بیشتر موارد رسوبات بعدی به طور شیمیایی و بیولوژیکی هماهنگ با سطوح پایین‌تر هستند و تخریب سطوح پایین‌تر خیلی سریع نخواهد بود. دفن یا پوشاندن آگاهانه چنین محوطه‌هایی به مثابه دور نگاه داشتن ذخایر فرهنگی از آسیب‌های طبیعی و مکانیکی است (تصویر ۲۸). برای انجام این امر لایه‌های مختلفی از مواد مختلف به کار می‌رود:

یک تور یا شبکه پلاستیکی با سوراخ‌های ریز و یا گونی که بر روی تمامی سطح دیوارها، کف و سایر قسمت‌ها کشیده می‌شود و یک لایه شن و ماسه نرم بادی فاقد نمک با ضخامت کم روی سطوح افقی ریخته شده و سپس گل ورز داده شده یا کاهگل مخلوط با آفت‌زداها روی همه سطوح افقی کشیده می‌شود. برای سطح تزئینی دیوارها به روش توضیح داده شده در قسمت قبلی انجام می‌شود و سرانجام روی همه با خاک پوشانده شده به طوریکه سطح ترانشه از سطوح مجاور نیز بالاتر باشد. باید توجه داشت که فاصله بین دیوارهای اصلی و دیوارهای ایجاد شده با ماسه نرم بادی پر شوند. روی سطح پر شده از خاک محوطه را می‌توان با چمن کاری و حتی کاشت گل‌ها و گیاهانی که ریشه کوتاه دارند پر نمود (استانلی پرایس).

ج) سپر محافظتی

تخریب آثار و یافته‌های باستان‌شناسی که به طور اصولی تحت محافظت قرار نمی‌گیرند، باستان‌شناسان را به باقی گذاشتن کشفیات خود در همان محل کاوش ترغیب می‌نماید. چنین مسأله‌ای مشکلات فراوانی را به دنبال دارد که دور بودن متخصصان از محوطه باستان‌شناختی و در نتیجه عدم بازبینی به موقع، عدم کنترل

شرایط محیطی و مانند آنها از زمره چنین مشکلاتی است. برای پوشش محوطه‌هایی که قرار است بخشی از یافته‌ها به عنوان شق جدایی ناپذیر آنها باقی بمانند، استفاده از شیشه چند لایه برای پوشاندن آنها مفید و کارآمد است. شیشه چند لایه همراه با تهویه هوا و پالایش نور از تشعشعات مضر، کارکردی همچون سپر محافظتی داشته و ساختار لایه لایه آن نقش محافظتی در برابر ارتعاشات و تحمل بار اضافی دارد و یک اتاق محافظتی کاملاً مناسبی را ایجاد می‌کند (تصویر ۲۹). لیکن بایستی توجه داشت که این نحوه محافظت با ایجاد محیط گلخانه‌ای می‌تواند خود به عاملی برای تخریب آثار بدل شود (تصویر ۳۰).



تصویر ۲۸ - سپر حفاظتی



تصویر ۲۹ - سپر حفاظتی و اثرات تخریبی گلخانه‌ای آن (عکسها از آرشیو دیجیتالی هفت تپه)

د) جان پناه و حفاظ موقت

جان پناه‌ها را معمولاً با همان مصالح و شیوه‌های معماری محلی موجود در منطقه می‌سازند. این جان پناه‌ها در اندازه‌ای ساخته می‌شوند تا سطح مورد محافظت را در برابر شرایط جوی و اثرات باد و باران به پوشانند. این جان پناه‌ها بایستی دمای مناسبی را نیز برای آثار ایجاد نموده و در عین حال آنها را در مقابل تأثیرات رطوبت به خوبی حفظ نمایند و از جاری شدن آب باران و برف روی سطوح عمودی جلوگیری کنند. همچنین در صورت نیاز به بازدید باید به توان این جان پناه‌ها را از هم باز کرده و دوباره سوار نمود (استنلی



تصاویر ۳۰ و ۳۱- دو نوع مختلف جان پناه
(عکس‌ها از آرشیو دیجیتال هفت تپه)

آثار از کشف تا نمایش	نمودار ۳) آثار از کشف تا نمایش
	کمک‌های اولیه در محل کشف
	مستند نگاری، ثبت، طراحی، عکاسی
	آزمایش‌های اولیه برای تشخیص جنس و آسیب‌ها
	نمونه برداری برای و انجام آزمایش‌های تکمیلی
	درمان‌های حفاظتی و مرمتی
	بررسی‌های باستان‌شناسانه
	بسته بندی و انبار کردن موقت
	تهیه گزارش و ارائه آن به سرپرست گروه
	تحويل شی به سازمان میراث فرهنگی استان مربوطه
	حمل اثر به آزمایشگاه موزه
	تکمیل عملیات حفاظت و مرمت
	انبارداری دائمی و نمایش در موزه

- 1-Archaeological Conservation.
- 2-Arch.Site Cons.
- 3- Arch.Collection Cons.
- 4- Cons.in Field or in Excavation.
- 5-In situ Conservation.
- 6- Marie, Berdacou
- 7-Pereventive Conservation
- 8- Organization
- 9-First Aid for Finds
- 10- Emergency Rescue
- 11- Handling
- 12- Lifting
- 13- Consolidation
- 14- Bandaging
- 15- Blok Lifting
- 16-Polyurethan Foun
- 17 Soluble Salt Removal
- 19- Foun
- 20- Reburial

۱۸- از یادداشت‌های کوروش محمدخانی کارشنا ارشد باستان‌شناسی با تشکر از ایشان.

Conservation Management Plan , Spennemann
. Drik H.R & look. David W , 1995 . html .

Conservation and Archaeology in Great
Britain and the United States:A Comparsion.
Johnson,J.S.1990 JAIC 1993, Volume 32, Num-
ber 3, Article 4.

حفاظت و مرمت در کاوش‌های باستان‌شناسی، نیکلاس استانلی
. پرایس، مترجم میر محسن موسوی، دانشگاه هنر، تهران ۱۳۷۸

Historical and Philosophical Issue in the Con-
servation of Cultural Heritage . 1996. edited by
N, Stanley Price . M, Talley. J r , Alessandra .A,
M , Vaccaro .The Getty Conservation Institute .
Los Angeles. Marie, Berdacou. Introduction to Ar-
chaeological Conservation .

بررسی و مرمت در تخت جمشید و دیگر اماکن باستانی فارس ،
. آن بریت تیلیا، مترجم کرامت الله افسر، ایزمئو، رم، ۱۹۷۲

a) A Conservation Manual for the Field Archae-
ologist , Catherine Sease , Institute of Archaeol-
ogy , University of California , Los Angeles , 1994
, pp 21-28 . b) First Aid for Finds (APractical Guide
for Archaeologists) , David Leigh and others , Sec-
ond edition 1978,RESCUE publication & Depart-
ment of Archaeology University of Southampton
.c)http://www.cr.nps.gov/aad/collection.htm

International Site Burial : A Technique to Pro-
tect Agianst Natural or Mechanical Loos, Robert .
Torne ,htm , National Park Service 1989.html

In-Situ Pereservation of Archaeological Artfacts
, Juli Sors. 2003, html , Eurekalert .

حفاظت و مرمت شیشه‌های تاریخی

وحید پورزرقان

دانشجوی کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی

دانشکده‌ی مرمت دانشگاه هنر اصفهان

Email: Vahid_poorzarghan@yahoo.com

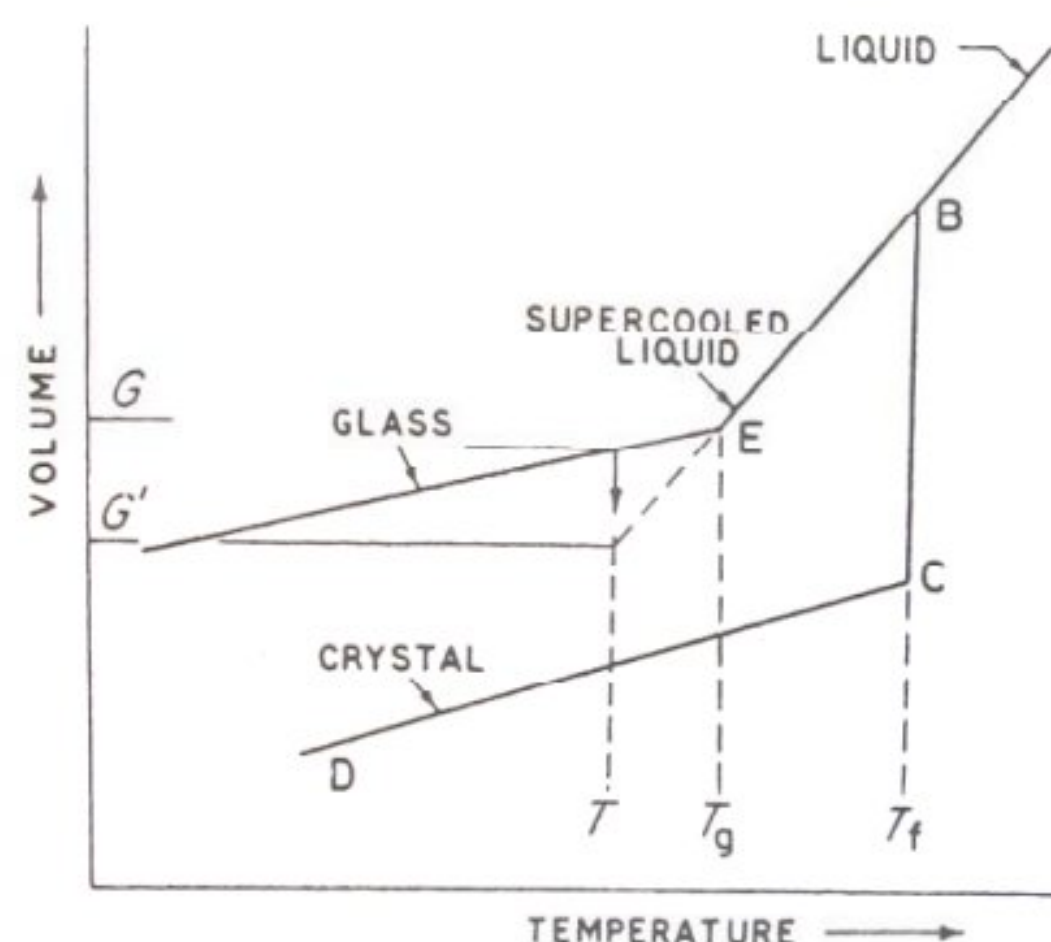
چکیده

در ادوار مختلف تاریخی از شیشه به عنوان ابزار جنگی، اشیاء و ظروف تزئینی استفاده شده است. آثار شیشه‌ای به دلیل ماهیت آسیب پذیرشان بسته به شرایط قرارگیری در محوطه‌های باستان شناسی و حتی در موزه‌ها دچار آسیب‌های جدی از قبیل آسیب‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی می‌شوند. از این رو استحکام بخش‌ها و پوشش دهنده‌ها در حفاظت و مرمت شیشه‌های تاریخی از اهمیت خاصی برخوردارند. نتایج حاصله بر روی رزین‌های اپوکسی که برای استحکام بخشی و وصالی این آثار به کار رفته نشان دهنده‌ی مقبولیت رزین هگزاتال در بین دیگر استحکام بخش‌ها می‌باشد. روش جدید سل - ژل (پوشش دهنده‌ی محافظ با بنیان سیلیکونی) با آنکه هنوز مراحل آزمایشگاهی خود را طی می‌کند، می‌تواند راهکار مناسبی برای حفاظت و پوشش دهی آثار شیشه‌ای در مرمت‌های آینده باشد.

کلید واژگان: حفاظت، مرمت، شیشه‌ی تاریخی، آسیب، درمان

مقدمه

از دوران‌های بسیار دور شیشه‌های طبیعی خصوصاً اَبسیدین (obsidian)، پومیس (pumice) و پرلیت (pearlit)) که از سرد شدن گدازه‌های آتشفشان به وجود آمده، وجود داشته است و انسان از این طریق با نقش ذوب حاصل فرآیند شیشه با شفافیت و رنگ‌های گوناگون آشنا بوده است؛ به طوری که در دوران باستان تجارت وسیع و گسترده‌ی سنگ‌های طبیعی به صورت مهره، منجوق، قطعات تزئینی و ابزار نوک تیز برای دفاع و شکار بین قبایل و مردم تمدن‌های باستانی ساکن کناره‌ی شرق مدیترانه، مصر، سوریه و بین‌النهرین دلیل این ادعاست. طبیعی است آغاز شیشه‌گری خاستگاه منطقه‌ای است که علاوه بر دانش فوق‌دارای مواد اولیه‌ی فراوان و طبیعی مانند ماسه و قلیا در کنار یکدیگر باشند که با شواهد تاریخی، بین‌النهرین، اولین تمدنی است که تجربه‌ی ذوب شیشه را دارد و با توجه به اینکه تمدن بین‌النهرین مربوط به ۳۰۰۰ ق.م است، ۵۰۰۰ سال از قدمت شیشه‌گری در جهان می‌گذرد. با توجه به اینکه آریایی‌ها حدود ۲۰۰۰ ق.م از شمال کناره‌های رود سیحون واقع در شمال خراسان مهاجرت بزرگ به طرف اروپا، هند و ایران را شروع کردند در منطقه‌ی ماوراءالنهر و رود جیحون در شمال شرقی (پارت‌ها)، مرکز (مادها) و جنوب غربی (پارس‌ها) ساکن شدند و شهر نینوا که از مراکز مهم شیشه‌سازی بین‌النهرین بود مدتها زیر حکومت امپراطوری آشور بود که بعد به تصرف ماد در آمد. اگرچه ساکنان بومی ایران با سفالگری، ریخته‌گری مس، برنز و طلا آشنا بوده‌اند، اما شیشه‌سازی و انتقال این مهارت به قبایل آریایی و امپراطوری ایران از طریق شیشه‌گران نینوا صورت گرفته است. ناگفته نماند که از هزاره‌ی دوم ق.م از چغازنبیل در خوزستان و قلعه‌ی کوتی در گیلان مقدار زیادی مهره‌های استوانه‌ای به دست آمده است (برداشت آزاد از: دقت، ۱۳۷۸، صص ۴-۸).



تصویر ۱- نمودار درجه-دما مربوط به حالات مایع، بلور و شیشه (مارقوسیان، ۱۳۸۶، ص ۴)

با سرد کردن مایع از حالت اولیه ی A، حجم به تدریج و به صورتی یکنواخت در امتداد خط AB کاهش می یابد.

اگر سرعت سرد کردن آهسته باشد تبلور قاعدتاً در دمای انجماد T_f انجام خواهد شد. در این دما حجم به طور ناگهانی از نقطه ی B تا C کاهش می یابد. از آن پس با کاهش دما حجم جامد در امتداد خط CD کاهش خواهد یافت. اگر سرعت سرد کردن به اندازه ی کافی بالا باشد، عمل تبلور در دمای T_f انجام نخواهد شد. در این حالت حجم مایع ابر سرمایش یافته (supercooled) در امتداد خط BE به کاهش خود ادامه می دهد. در دمای معینی که با T_g نشان داده می شود، منحنی حجم-دما به صورتی محسوس تغییر شیب می دهد و تقریباً به موازات خط CD که مربوط به جامد بلوری است ادامه می یابد. T_g به دمای استحاله یا انتقال به شیشه موسوم است. ماده ی مربوط را فقط در زیر دمای T_g می توان شیشه نامید. موقعیت نقطه ی E، نقطه ای که مربوط به دمای T_g است، با سرعت سرد کردن ماده تغییر می یابد. بنابراین بهتر است که از محدوده ی انتقال سخن گفت نه از دمای انتقال. در T_g معمولاً گرانیروی ماده بسیار است و در حدود 10^{13} پواز می باشد. اگر دمای شیشه در T که کمی زیر دمای T_g قرار دارد ثابت نگه داشته شود، حجم آن که ابتدا دارای مقدار G است به آهستگی کاهش یافته و سرانجام به مقدار G' بر روی خط نقطه چین که ادامه ی همان خط BE است خواهد رسید. سایر خواص شیشه نیز در حوالی T_g با زمان تغییر می کند. این فرآیند که طی آن شیشه به حالت پایدارتری می رسد، به تثبیت شدن موسوم است. در بالای دمای T_g این پدیده وابستگی خواص به زمان مشاهده نمی شود. در نتیجه ی وجود اثرات تثبیتی، خواص شیشه تا حدودی به سرعت سرد کردن آن بستگی خواهد داشت، به ویژه به سرد کردن از محدوده ی انتقال (برداشت آزاد از: مارقوسیان، ۱۳۸۶، صص ۲-۴، عباسیان، ۳۷۰، صص ۳۲-۳۵).

مواد تشکیل دهنده ی شیشه

شیشه از اختلاط بعضی از اکسیدها تهیه می گردد و خواص هر شیشه بستگی به نسبت، مقدار و نوع اکسیدهای سازنده ی آن دارد. این اکسیدها عبارتند از:

گذشت زمان و رشد و نزول شیشه در طول دوره های تاریخی باعث باز شدن جایگاه ثابتی در بین دیگر آثار تزئینی شده است. آثار شیشه ای در زمان سلجوقیان به اوج خود رسیده و باعث ارزش دو چندان به این آثار در بین دیگر آثار در این دوره شده است. حال گذشت زمان و قرار گرفتن آن تحت شرایط محیطی مختلف باعث به وجود آمدن آسیب هایی بر روی این آثار شده اند. این عوامل باعث فرسوده شدن و از دست دادن استحکام ساختاری شیشه ها و کم رنگ نشان دادن ارزش های هنری و زیباشناختی این آثار شده اند. شیشه مانند دیگر آثار در طول زمان بر اثر عوامل و شرایط محیطی دچار تخریب و آسیب شده و تأثیر این عوامل هر چه قدر بر روی شیشه ها کم باشد گذشت زمان می تواند باعث جبران این کمبود شود و باعث می شود که شیء در طول زمان، فرآیند زوال و تخریب خود را طی کند. مهمترین این عوامل، رطوبت است که شرایط را برای دیگر عوامل آسیب رسان مانند میکرو ارگانیزمها و تبادل یونی در ساختار شیشه فراهم می نماید. در این نوشته به مباحثی از قبیل فن شناسی شیشه های تاریخی و عوامل آسیب رسان بر روی آن ها در محوطه های باستانی (خشکی و زیر آب) همچنین مناسب ترین روش های حفاظت و مرمت از آثار شیشه ای در موزه ها پرداخته شده است.

شیشه یک جامد آمورف است. ماده ای را آمورف گویند که از نظر ساختاری دارای نظم پر دامنه نباشد. یعنی اجزای تشکیل دهنده ی آن (اتم، یون یا مولکول) در مقیاس چند برابر اندازه ی خود از نظر چیده شدن در فضا دارای تناوب و نظم و ترتیب نباشد. مطابق این تعریف ماده ی آمورف و شیشه دارای تعریف یکسانند. این تعریف بسیار عام، با وجود سادگی خود مورد قبول برخی از دانشمندان شیشه نیست. آکادمی ملی علوم آمریکا تعریف دقیقی برای شیشه پیشنهاد کرده است: شیشه ماده ای است که از نظر آزمایش با اشعه ی X آمورف (بی شکل، غیر بلوری) باشد و از خود رفتار ویژه ی انتقال به حالت شیشه ای بروز دهد. انتقال به حالت شیشه ای پدیده ای است که یک فاز آمورف جامد هنگام حرارت دادن به نمایش می گذارد و آن عبارت است از تغییرات کم و بیش ناگهانی برخی از خواص مانند ظرفیت گرمایی و ضریب انبساط حرارتی از مقادیری که خاص جامدات بلوری است به مقادیری که ویژه ی مایعات است. دمای این تغییرات ناگهانی به دمای انتقال به شیشه یا T_g موسوم است. همانگونه که ملاحظه شد، طبق تعریف بالا، وجود پدیده ی انتقال به شیشه یکی از الزامات وجود حالت شیشه ای است (برداشت آزاد از: عباسیان، ۱۳۷۹، ص ۱۴۵).

ارتباط بین بلور، مایع و شیشه را می توان به آسانی با یاری نمودار حجم-دما (تصویر ۱) نشان داد.

اکسیدهای شبکه ساز (آنیونی/اسیدی): اکسیدهایی هستند که پایه و اساس شیشه را تشکیل می دهند و ایجاد فاز شیشه ای می کنند؛ مانند SiO_2 ، B_2O_3 که از قدرت پیوندی زیادی برخوردارند و ماهیت اسیدی دارند.

اکسیدهای دگرگون ساز (کاتیونی/قلیایی): این اکسیدها با وارد شدن داخل شبکه ی پیوندهای Si-O-Si ساختمان شبکه را قطع کرده و در حفره های شبکه سازی جای می گیرند و یونهای O^{2-} اطراف آن را احاطه می کنند. این اکسیدها (Na_2O ، K_2O) به عنوان کمک ذوب حرارتی یا روان کننده عمل می کنند و باعث کاهش ویسکوزیته می شوند. در شیشه های سیلیکاتی قلیایی با اضافه شدن مقدار برابر از هر نوع قلیایی، مقاومت شیشه تغییر خواهد کرد. اضافه نمودن اکسیدهای قلیایی خاکی مانند CaO و MgO مقاومت شیمیایی شیشه را بالا برده و از کریستالیزاسیون و هیدرولیز آن جلوگیری می کنند. اتصال در شبکه به علت داشتن ظرفیت ۲ در یون کلسیم محکم تر از اتصال Na-O می باشد. بنابراین ملاحظه می شود که اغلب شیشه های معمولی دارای ترکیباتی از $\text{Na}_2\text{O-CaO-SiO}_2$ می باشد. به طور کلی هر قدر نسبت اصلاح کننده های کلسیم و پتاسیم بیشتر باشد، شیشه دارای پایداری بیشتری خواهد بود. هر قدر درصد سیلیس بیشتر باشد مقاومت آن نسبت به استخراج (خارج شدن از شبکه) بیشتر خواهد بود (برداشت آزاد از: دقت، ۱۳۷۸، ص ۳۳، مارقوسیان، ۱۳۸۶، صص ۳۸۲-۴۰۷).

اکسیدهای واسطه: اکسیدهایی نظیر آلومینیوم و آهن به عنوان واسطه عمل می کنند و شیشه را وارد یک حالت تشکیل دهنده (Forming) یا تغییر دهنده (Modifying) می نمایند و دارای قدرت متوسط هستند. نوع و مقدار تغییر دهنده ها باعث وارد آوردن آسیب جدی به ماهیت استحکامی زیاد یک شبکه ی سیلیکاتی ناخالص می گردد. اکسید آلومینیوم به دلیل خواص آموتر می تواند به عنوان پایدار کننده یعنی جلوگیری کننده از هیدرولیز شدن به عنوان سازنده ی شبکه مورد استفاده قرار گیرد (دیویسون، ۲۰۰۶، صص ۳-۶، نیوتن، ۱۹۸۹، صص ۵-۷).

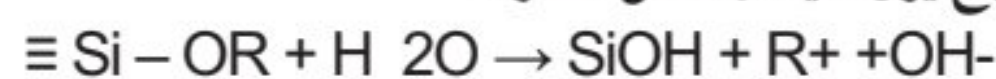
آسیب شناسی شیشه های تاریخی

از جمله مهمترین عواملی که باعث تخریب و از بین رفتن شیشه های تاریخی می شود می توان آسیب های ناشی از حضور در محیط های مرطوب، آسیب های ناشی از ضعف شبکه، آسیب های ناشی از مدفون بودن و عوامل محیطی از جمله اسیدها و اکسیدهای قلیایی خاکی را برشمرد.

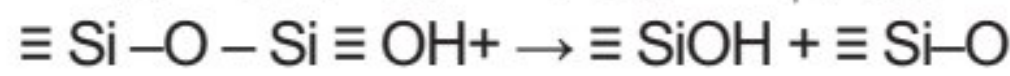
آسیب های شیشه در محیط های مرطوب

وجود رطوبت به روش های گوناگون باعث تخریب می شود. «طبق نظریه ی چارلز خوردگی شیشه های سیلیکاتی-قلیایی و سیلیکاتی-قلیایی آهکی توسط آب از طریق سه واکنش زیر انجام می پذیرد:

الف) نفوذ پروتن های آب به شبکه ی شیشه و جابجایی یونهای قلیایی و استخراج یون قلیا در داخل محلول



ب) شکست باند سیلیسیم-اکسیژن توسط گروه هیدروکسیل



ج) اکسیژن های پل نشده حاصل از واکنش قسمت (ب) توسط مولکول های آب، ایجاد گروه هیدروکسیل می نمایند و بعد دوباره واکنش (ب) تکرار می شود.



مولکول سیلیکات هیدراته با از دست دادن آب به سیلیس تبدیل می گردد.



این نوع واکنش کاملاً شناخته شده است و همان واکنشی است که باعث تبدیل اسید سیلیسیک محلول در آب به سیلیس آمورف نامحلول می گردد.» (مارقوسیان، ۱۳۸۶، ص ۳۳۰)

آسیب های شیشه که با عناوین مختلف از جمله شیشه های گریان، ترکهای طولی و عرضی، سیاه شدن، پوسته شدن، حفره-دار شدن، قوس و قزحی، کدر شدن و غیره که نتایج حاصله از واکنش های شیشه با آب می باشد، با توجه به ساختار شیشه و محیط و PH محیط و اینکه واکنش تا چه مراحل پیشرفت کند علائم و آثار جانبی بر جای می گذارد که معمولی ترین آنها قوس و قزحی است که در بیشتر شیشه های باستانی به همراه تخریب های دیگر دیده می شود.

۱-۱: شیشه ی بیمار (گریان): در ترکیب شیشه، یون های قلیایی (سدیم، پتاسیم و منیزیم) با بار مثبت در شبکه ی یون های سیلیکات با بار منفی راخنشی می نماید. هرگاه یون های قلیایی از حدمعینی کاهش یابند، تحریک آنها بیشتر خواهد شد و در اثر مجاورت با رطوبت تحت عمل دیفوزیون قرار گرفته از شیشه خارج شده و فوراً با دی اکسید کربن هوا ترکیب و کربنات سدیم و پتاسیم تشکیل می گردد که بسیار جاذبه الرطوبه است و جذب رطوبت از محیط باعث شده که پیوسته خیس به نظر برسد. از این رو به آن شیشه ی گریان یا عرق ریز می گویند (برداشت آزاد از: دیویسون، ۲۰۰۶، ص ۱۴۵). (تصویر ۲)



تصویر ۲- شیشه ی گریان

(ت.م ۱۳۸۶/۱۱/۱۵ <http://www.Ancienttouch.edu>)

۱-۵: قوس و قزحی شدن: در واقع همان لایه ی شیشه ی هیدروژنی است که به صورت سیلیکای هیدراته و در اثر تداخل اشعه ی نورانی انعکاس می یابد. Brewster اثبات کرده است که با پر کردن و تزریق آب، قوس و قزح ناپدید و با خشک شدن آب از سطح دوباره ظاهر می گردد (برداشت آزاد از: دیویسون، ۲۰۰۶ ص ۱۴۶). (تصویر ۴)



تصویر ۴- قوس و قزحی شدن شیشه

(ت.م ۱۳۸۶/۱۱/۱۵ <http://www.Ancienttouch.edu>)

۱-۶: سیاه شدن: در شیشه های تاریخی لایه نمکی بارها دیده شده که رنگ آن ها سیاه و قهوه ای تیره و کاملاً مات شده اند. نقصان و کاهش یون $Fe(II)$ و $Mn(II)$ سبب کم رنگ یا سفید شدن می شود و در پیشرفت نمکی شدن این یون ها از باند شبکه ی سیلیکا آزاد شده و هیدراته می شوند. سطح، شروع به ترک خوردن و باز شدن و آب شروع به سوراخ کردن می کند. اتم ها دارای بار مثبت هستند و یون هیدروکسید آزاد می کنند. اکسیداسیون در شرایط قلیایی بالا در بین لایه های خیس و خشک سریع انجام می گیرد. یون منگنز $Mn(II)$ هیدراته شده ی زرد کم رنگ و یون هیدراته شده ی آهن سبز کم رنگ تبدیل به $MnOH$ و $FeOH$ قهوه ای تیره می شوند و در نتیجه در حفره ها لایه های سیلیکات هیدراته شده ی نمک باقی می ماند. ساختار مجدداً باز شده و کاتیون ها هیدراته می شوند و هیدرولیز انجام می گردد و اکسیدهای آبدار جدا شده، ته نشین و خارج می گردند (برداشت آزاد از: دقت، ۱۳۷۸، ص ۵۷).

عیوب ساختاری شیشه های تاریخی

شیشه های سیلیسی که در ساختار آنها تمام سیلیسیم ها توسط چهار اتم اکسیژن محاصره شده و این چهار وجهی های حاصله تشکیل مجموعه ی شش عضوی می دهند (در سه بعد) یک نوع ساختار ایده آل است. هر نوع انحراف از این حالت ایده آل نوعی عیب محسوب می شود. به طور کلی عیوب در ساختار شیشه ی سیلیسی می تواند دارای ماهیت های متفاوتی به قرار زیر باشد:

الف) برخی حلقه ها ممکن است دارای کمتر از شش وجه باشند.
ب) نوعی عیب متداول در شیشه های سیلیسی کمبود آنیون اکسیژن است که منجر به نوعی غیر استوکیومتری می شود. در نتیجه برخی از اتم های سیلیسیم دارای همسایه های اکسیژنی کمتر خواهند

۱-۲: ترک های طولی و عرضی: وقتی یک شیشه از زمین خارج می شود، دارای رطوبت و موادی است که به سطح آن چسبیده اند. در نقطه ی اتصال آن دو نوع تجزیه (آنالیز) روی می دهد:

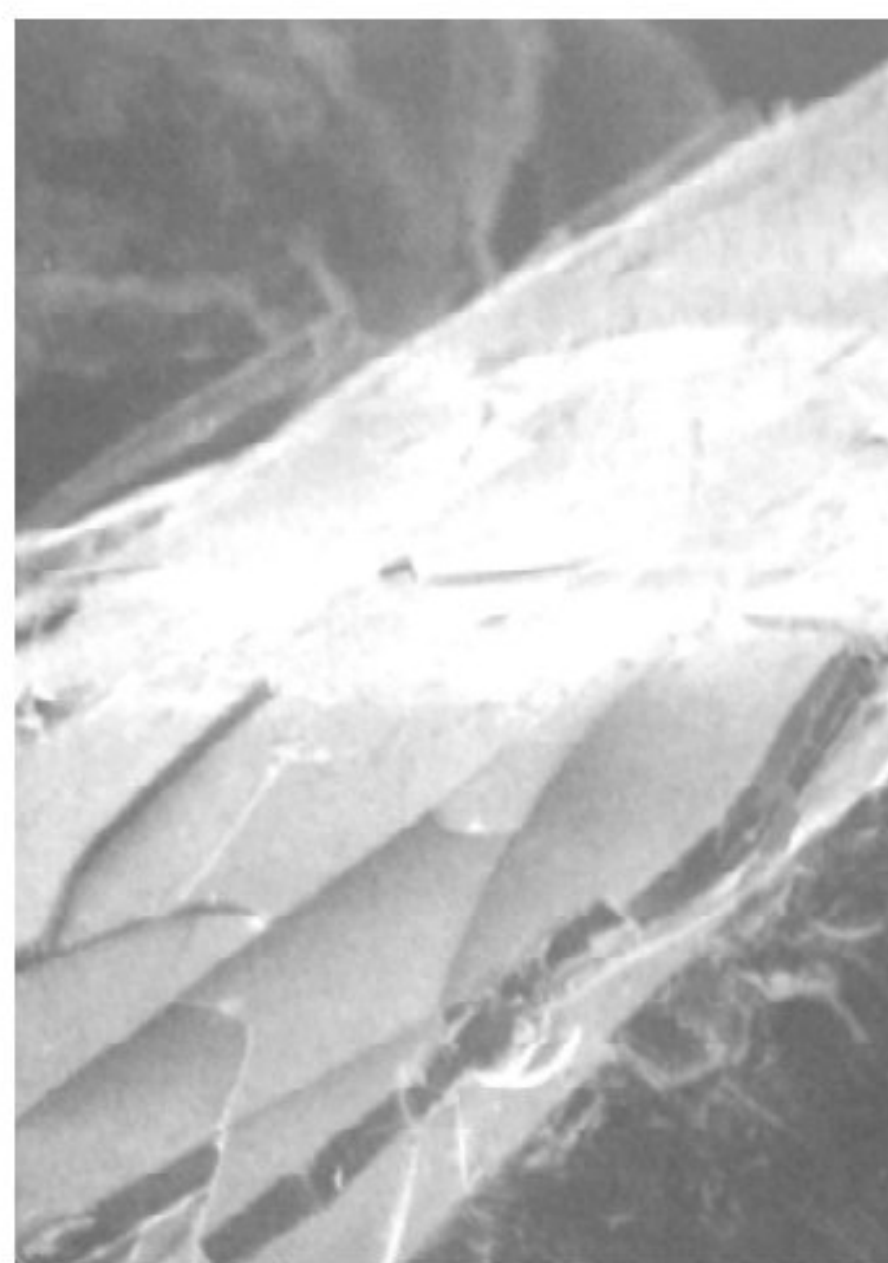
۱-۲-۱: آنالیز اسیدی: یون هیدروژن در این فرآیند باعث جدایش زنجیره ی شیمیایی بین اکسیژن و سیلیکون می شود.

۱-۲-۲: آنالیز قلیایی: توسط یون های هیدروکسید ساختار سیلیکون در ترکیبات تخریب می شود و باعث ترک طولی و عرضی می گردد.

ترک خوردن به شکل کریستالی فرآیند دیگری است که طی آن کریستال های موضعی در ساختمان شیشه ایجاد می گردد. طی عمل کریستال شدن، شیشه منقبض شده و ترک می خورد. ترک ها معمولاً از ناحیه ی کریستالین به ناحیه ی شیشه ای می باشد، در واقع وقتی که شیشه ی مذاب به طور ناگهانی سرد می شود به دلیل بالا بودن ویسکوزیته، اتم ها فرصت کافی برای این که به صورت یک شبکه ی کریستالین آرایش یابد را ندارد؛ اگر چه با اضافه کردن اصلاح گرهای شبکه، ویسکوزیته کاهش پیدا نموده در قسمت هایی از شبکه کریستال تشکیل می گردد و باعث کاهش استحکام مکانیکی شیشه می شود.

۱-۳: کدر شدن: تبادل یونی کاتیون ها و H^+ توسط آب ایجاد نمک های مختلفی در سطح شیشه می نماید که با تابش نور و دما واکنش تسریع شده و بعضی از اکسیدهای داخل شیشه مانند اکسیدهای مس از آن خارج و در نتیجه ایجاد کدری و رنگ باختگی می شود.

۱-۴: پوسته و حفره ای شدن: یون H^+ با شعاع یونی کوچکتر از کاتیونهای جایگزین شده باعث انقباض در سطح شیشه می گردد که ابتدا به صورت حفره سپس در اثر تکرار استخراج سیلیکا، سطح به صورت پوسته و لایه ی هیدروژنی در می آید. این واکنش در $PH=9$ نقطه ی بحرانی صورت می گیرد. (تصویر ۳)



تصویر ۳- پوسته ای و حفره ای شدن (برگرفته از: اچ، تیننت، ۱۹۹۹، ص ۸۹)

بود. این وضعیت به ویژه هنگامی که ذوب سیلیس در محیط احیایی انجام شود احتمال وقوع خواهد داشت. در این صورت فرمول سیلیس به صورت SiO_{2-x} در می آید که در اینجا X معرف مقدار اکسیژن غایب است.

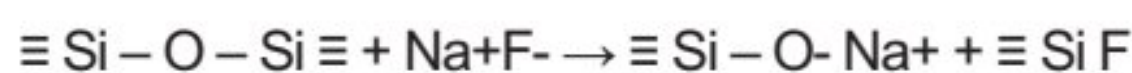
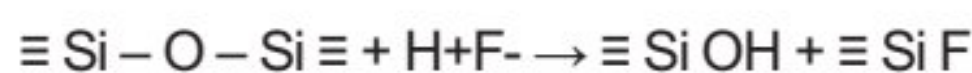
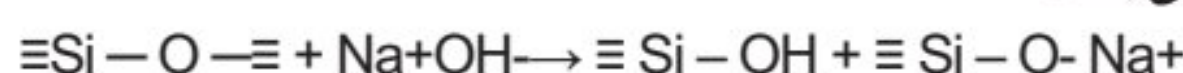
این امر منجر به تشکیل شیشه ی به اصطلاح احیائی می گردد که بسیاری از انواع شیشه ی سیلیسی، کم و بیش این حالت را نشان می دهند.

ج) حضور گروه OH در شیشه خود نوعی عیب محسوب می گردد و این به علت حضور پل های هیدروژنی بین چهار وجهی های SiO_4 می باشد. تمام عیوب فوق، بدون در نظر گرفتن وجود ناخالصی ها، ساختار و خواص فیزیکی شیشه ی سیلیسی را تحت تأثیر قرار می دهند (برداشت آزاد از: مارقوسیان، ۱۳۸۶، ص ۳۰۰، عباسیان، ۱۳۷۰، ص ۳۵، تویسرکانی، ۱۳۸۶، صص ۷۰-۷۵).

آسیب های ناشی از شرایط اسیدی و بازی

۱- شرایط اسیدی

سیلیس در اثر محلول هایی چون فلوئورین، اسید هیدروفلوئوریک و محلول های قلیایی به شدت آسیب می بیند که سرعت آسیب پذیری سیلیس به فرم کریستالین به مراتب کمتر از سیلیس به فرم آمورف می باشد. واکنش های دیپلیمیزاسیون سیلیس به صورت زیر می باشد:



علت اساسی واکنش های فوق، ابتدا شکست پیوند اکسیژن-سیلیسیم است. این پیوند قوی قطبی است $\text{Si}^{\delta+} \dots \text{O}^{\delta-}$ و افزایش بار مثبت بر روی Si عاملی است جهت جذب نوکلوفیلی مانند OH^- و F^- . لذا در این گونه واکنش ها حمله ی OH^- به عامل Si^+ می باشد (برداشت آزاد از: ترنس مالونی، ۱۳۷۹، ص ۱۶۰، ریسمانچیان، ۱۳۷۶، ص ۷۸، مارقوسیان، ۱۳۸۶، ص ۳۳۹).

۲- شرایط قلیایی (اثر اکسیدهای قلیایی خاکی در استخراج قلیا)

روند اصلی تخریب شیشه در حضور آب، شستشوی قلیایی یون ها می باشد. با افزایش اندازه ی کاتیون های قلیایی، مقاومت کاهش می یابد و به همین دلیل شیشه های پتاسی مقاومت کمتری نسبت به اندازه ی سودایی نشان می دهند و به این دلیل شیشه ی پنجره-های قدیمی دو قرن ۱۹ و ۲۰ دارای تخریب بیشتری شده اند. در شرایط قلیایی PH بیشتر از ۹ پیوند Si-O شکسته و منجر به لایه ی هیدرات سیلیکا روی سطح شیشه می شود (برداشت پراکنده از: استانی فورس، ۱۹۹۹، صص ۷۵۷-۷۵۹).

«یکی از عیوب مهم قلیایی ها در ترکیب با SiO_2 حلالیت آنها در

آب است.» (عباسیان، ۱۳۷۰، ص ۳۷۲)

افزایش مقدار CaO از ۱۰ درصد مولی باعث کاهش سریع در استخراج قلیا Na_2O می شود. اندازه ی شعاع یونی اکسیدهای تشکیل دهنده ی شیشه نقش بسیار مهمی در تخریب آن دارند، به طوری که در تعویض یونی H^+ با قلیا به دلیل کوچک بودن یون H^+ به نسبت قلیایی ها پس از جایگزین فضاهای خالی در شبکه افزایش یافته و این امر منجر به انقباض و جمع شدن لایه-ی سطحی شیشه می گردد و به همین جهت شیشه های پتاس که دارای یون بزرگتر نسبت به یون سدیم است، دارای نیمی از استحکام شیشه های سودایی است و از طرفی اکسید کلسیم با یون بزرگتر باعث استحکام شیشه شده و در نتیجه در صورت استخراج نیز تخریب بیشتر خواهد شد. اکسید آلومینیوم به دلیل خواص آمفوتر می تواند به عنوان پایدار کننده یعنی جلوگیری-کننده از هیدرولیز شدن به عنوان سازنده ی شبکه مورد استفاده قرار گیرد. اکسید آلومینیوم Al_2O_3 در ترکیبات شیشه باعث بالا بردن مقاومت شیمیایی آن می گردد. اگر نسبت مولی اکسید آلومینیوم به اکسید سدیم بیشتر از یک شود، یون Al^{3+} به عنوان تغییر دهنده ی شبکه در شیشه موجب خوردگی می شود (برداشت پراکنده از: ریسمانچیان، ۱۳۷۶، صص ۵۷-۶۷).

اکسیدهای رنگی می توانند نقش مهمی در شیشه ها از لحاظ ایجاد مقاومت و یا آسیب خوردگی در آن ها داشته باشد (برداشت آزاد از: دیویسون، ۲۰۰۶، ص ۱۹۳).

در مورد شیشه های قلیایی-سیلیکاتی میزان مقاومت با افزایش یون قلیایی کاهش پیدا می کند و این نوع شیشه به شیشه های مریض معروف است. بریل (Brill) تعدادی از شیشه های مریض را مورد آنالیز قرار داده است و علت را کاهش میزان کلسیم به میزان ۳/ تا ۴/۷۱ درصد وزنی بیان کرده است. در پی بررسی، نمونه هایی از شیشه های فرسوده ی قدیمی توجه او را جلب کرد. در ابتدا میزان تخریب را یک لایه ی نازک سیلیکا حدس زد، ولی بعد از چند ماه متوجه میزان شدید تخریب در اثر خشک شدن اشیاء شد. او می گوید اشیاء قرن ها آب گرفته که با محیط به تعادل رسیده، وقتی به محیط بیرون راه پیدا کردند در خلال چندین ماه در اثر کاهش رطوبت و دهیدراته شدن، علائم تخریب در آنها مشاهده شد (برداشت آزاد از: نیوتن، ۱۹۸۹، ص ۱۴۴).

در شیشه ها با مقدار زیاد پتاس برای خنثی نمودن گداز آور به آنها سنگ چخماق اضافه شده است. این عمل باعث به وجود آمدن ترک ها و خوردگی های ریز در سطح شیشه شده است. برای برطرف نمودن این عیب از اکسید سرب استفاده شده است (برداشت آزاد از: ترنس مالونی، ۱۳۷۹، صص ۹۷-۹۹).

سیلیکات هیدراته رفتار و خاصیتی مانند سیلیکا ژل دارد، یعنی ماده ای است هائروسکوپ که باعث جذب و دفع آب می شود و تکرار این امر باعث ترک و تخریب شیشه های تاریخی می شود (برداشت پراکنده از: ریسمانچیان، ۱۳۷۶، صص ۵۷-۶۷).

علاوه بر موارد ذکر شده چگونگی ساخت نیز می تواند فرآیند تخریب را تسریع نماید، به عنوان مثال نحوه ی سرد کردن شیشه

در پنجره های خانه های قدیمی در طول خیابان Beacon در بستن، ماساچوست آمریکا دیده شده است (برداشت آزاد از: دیویسون، ۲۰۰۶، ص ۱۹۸).

۶- میکروارگانیسم ها (Micro-organisms)

رشد مواد آلی بر روی شیشه های انبار شده در شرایط رطوبتی و بی توجهی به پنجره های قرون وسطی ممکن است با خوردگی شیشه ارتباط داشته باشد.

میکروارگانیسم ها مانند خزه ها، قارچ ها و جلبک ها به شیشه های تمیز نمی توانند حمله کنند. آنها به منبع غذایی نیاز ندارند و غذای خودشان را به وسیله ی فتوسنتز به دست می آورند، که احتیاج به گرد و غبار، و یا حفره هایی بر روی شیشه که می توانند مکانی برای تجمع آنها فراهم سازند، دارند.

گل سنگ ها احتمالاً نمی توانند به طور مستقیم به شیشه حمله کنند، ولی خوردگی به وسیله ی رطوبتی که در خود نگه می دارند می تواند باعث تسریع در تجزیه ی شیمیایی شیشه شود.

(تصویر ۵)

بررسی شده که باکتری سیلیکوفاز (Silicophage) ممکن است به خوردگی شیشه های مدفون شده کمک کند، ولی هنوز جزئیات روشنی در این زمینه وجود ندارد (برداشت آزاد از: دیویسون، ۲۰۰۶، ص ۱۹۴، نیوتن، ۱۹۸۹، ص ۱۵۴).



تصویر ۵- رشد میکروارگانیسم ها بر روی شیشه
(ت.م ۱۳۸۶/۱۱/۱۵ <http://www.Ancienttouch.edu>)

حائز اهمیت است، چرا که ثابت شده است شیشه اگر به آرامی سرد شود از دوام و استحکام بیشتری برخوردار است. وقتی شیشه سرد می شود یک لایه ی سیلیکاتی غنی روی آن تشکیل می شود که غلظت و تراکم این لایه یا فیلم بستگی به ساختار و نحوه ی ساخت آن دارد که نقش مهمی در تخریب پذیری دارد.

۳- مساحت شیشه

مساحت شیشه یکی از عوامل مهم خوردگی شیشه می باشد، زیرا میزان اجزایی از شیشه که در طی عمل تجزیه آزاد می گردد متناسب با مساحتی از شیشه که در معرض محلول قرار گرفته است؛ در واقع هر چه نسبت تغییر SA به V افزایش یابد استخراج سیلیس نیز افزایش می یابد. همچنین میزان قلیای استخراج شده با افزایش SA به V افزایش می یابد (برداشت آزاد از: دیویسون، ۲۰۰۶، ص ۱۹۷، نیوتن، ۱۹۸۹، ص ۱۸۰).

۴- اثر دما بر استخراج قلیا

مقدار قلیایی که از یک شیشه خارج می شود در مدت معینی از زمان با بالا رفتن حرارت افزایش می یابد. به ازای یک زمان معین هر ۸ تا ۱۵ درجه ی سانتیگراد افزایش حرارت بر اساس ترکیبات شیشه و نوع یون قلیایی تقریباً استخراج دو برابر می -گردد.

$$\log t_1 = \log t_2 + (T_2 - T_1) \cdot 23/4$$

t_1 = زمان برای خوردگی در دمای T_1

t_2 = زمان برای خوردگی در دمای T_2

T_1 = دمای محیط (دمای اولیه)

T_2 = دمای که بالا برده شده است (دمای ثانویه)

و همچنین تابع حرارتی استخراج قلیا بر حسب معادله ی (Arh-nius) به صورت زیر بیان می شود:

$$A = Be^{-E/RT}$$

A = میزان واکنش مخصوص است که با حرارت تغییر می کند

B = ثابت سرعت

R = ثابت گاز

T = حرارت مطلق

E = انرژی اکتیواسیون تعریف شده است که به عنوان کمترین انرژی که یک سیستم باید برای واکنش که اتفاق می افتد به دست آورد (برداشت آزاد از: دیویسون، ۲۰۰۶، ص ۱۹۷).

۵- آفتاب زدگی (Solarization)

در سال ۱۸۷۵م فرادی یک گزارش علمی از تأثیر آفتاب زدگی بر روی شیشه ارائه داد که مشخص گردید شیشه هایی که بی-رنگ هستند برای مدت زیادی که در معرض نور خورشید قرار می گیرند، یک ته رنگ ارغوانی در آنها مشاهده می شود. این پدیده که به اسم آفتاب زدگی می شناسیم، نخست نشان می دهد که این تغییر رنگ در اثر تأثیر متقابل Mn_2O_3 و Fe_2O_3 می باشد که منجر به ایجاد Mn_2O_3 و Fe_2O_3 می شود. تأثیر آن به خصوص در پنجره ی خانه ها در قرن ۱۹م که به رنگهای زرشکی فام مشاهده شده به عنوان مثال

۷- لکه‌ی سیاه

شیشه‌های پیدا شده از حفاری‌ها ممکن است یک لایه‌ی سیاه روی سطح آنها وجود داشته باشد. این تاریکی یا تیرگی ممکن است به دلایل زیر باشد:

- (۱) اکسیداسیون یون‌های آهن و منگنز موجود در شیشه.
- (۲) فعالیت باکتری‌های احیاء کننده‌ی سولفور که تولید سولفور هیدروژن در شرایط بی‌هوازی می‌کند.
- (۳) ندرتاً به دلیل ایجاد سولفید سرب.

این موارد در شیشه‌هایی روی می‌دهد که در ترکیب آنها سرب زیادی وجود داشته باشد که در شیشه‌های قرون وسطی غیر معمول است.

شیشه‌های پتاسی که در ساختمان‌های شمال اروپا در قرون وسطی استفاده شده است، بر روی این شیشه‌ها بیشتر لکه‌های موضعی و حفراتی مشاهده شده است.

اثر تاریکی بر روی شیشه‌ها به دلیل اکسیداسیون یون‌های آهن (III) و منیزیم (II) موجود در ساختار شیشه می‌باشد که از ماسه و خاکستر چوب راش که در ساختار آنها استفاده شده است می‌باشد. ته رنگ صورتی یون منگنز (II) هیدراته شده و ته رنگ سبز یون آهن (II) تبدیل به قهوه‌ای تیره (MnOH) و (FeOH) شده است. فرآیندهای اکسیداسیون در شرایط قلیایی در فصل مشترک لایه‌ی شسته شده‌ی شیشه خیلی سریع است. اکسیدهای آهن و منیزیم تنها در PH خیلی پایین قابل حل است و به طور کلی در PH برابر با ۹ یا ۸ غیر قابل حل هستند و حضور آنها در سطح شیشه نتیجه‌ی نشست کاتیونهای قلیا است (برداشت آزاد: دیویسون، ۲۰۰۶، ص ۱۸۶، نیوتن ۱۹۸۹، ص ۱۹۰).

شیشه‌های مدفونی که بر روی آنها طراحی شده است را می‌توان با استفاده از روش بتا-بک اسکاتر (Beta-bakscatter) مشاهده کرد و طرحهایی که بر روی آن رسوبات و لکه‌های سیاه قرار دارند با وضوح روشن و طبیعی مشاهده نمود (برداشت آزاد از: کنایت، ۱۹۸۹، ص ۲۰۷).

شیشه در سایت‌های آبی

رسوب لایه‌ی کربنات بر روی شیشه‌هایی که در محیط‌های آبی وجود داشته‌اند، مشاهده شده است. بیشتر کربنات‌ها در آب دریا به صورت نامحلول هستند که از دی‌اکسید کربن هوا مشتق شده و به شکل کربنات هیدروژن (H_2CO_3) است. زمانی که میزان CO_2 کاهش یابد به همان نسبت PH افزایش پیدا می‌کند. در جاییکه CO_2 به طور آزاد در محلول وجود ندارد آب دریا بیشتر قلیایی از ۷/۵ است. اگر دما، شوری یا PH آب دریا افزایش یابد، کربنات‌ها نشست خواهند کرد، همانند کلسیم، منیزیم و یا کربنات استرانسیم. کربنات‌ها می‌توانند بر روی ماده‌های غیر آلی نشست کنند (برداشت آزاد از: کارمونا و دیگران، ۲۰۰۵، صص ۹۸-۱۰۰).

دریا از چهار طریق می‌تواند باعث نشست پوشش‌های کربناتی گردد:

- (۱) به صورت فیزیکی (به وسیله‌ی رشد میکرو ارگانیسم‌ها)

(۲) بیوشیمی (به وسیله‌ی فعالیت میکروبیولوژیک‌ها که باعث پایین آوردن PH می‌گردند)

(۳) شیمیایی-فیزیکی (به وسیله‌ی محلول و نشست دوباره‌ی کربنات‌ها) (تصویر ۶)

(۴) الکتروشیمیایی (نشست روی کاتد و نواحی آند به خصوص فلز) کاهش باکتری سولفیت یک نقش مهم در نشست کربنات‌ها بازی می‌کند. به دلیل پایین آوردن PH، این لایه در دریا سخت شده و توسط لکه‌های آهن می‌تواند به شدت ایجاد لکه کنند. سولفید هیدروژن به وسیله‌ی باکتری احیاء سولفیت، باعث آزاد شدن سولفید هیدروژن می‌گردد و سولفید هیدروژن می‌تواند با یونهای آهن در آب واکنش دهد و رسوب سولفید آهن ایجاد شده با کربنات کلسیم نشست دهد (برداشت پراکنده از: دیویسون، ۲۰۰۶، صص ۱۸۷-۱۹۰).



تصویر ۶- رسوبات کربنات بر روی شیشه در سایت‌های دریایی (ت.م. ۱۳۸۷/۲/۲۰، <http://www.hfmgv.org/explore/artifact/glass/asb۰۱۳۸۷/۲/۲۰>)

۷- حفره و پوسته شدن سطح

حفره‌ای و پوسته‌ای شدن روی سطح شیشه‌هایی که در معرض آب و یا هوا قرار داشته‌اند، بر روی شیشه‌های قرون وسطی مطالعه شده است. تخریب شیشه نتیجه‌ای از ایجاد حفره و پوسته در سطح بوده که در ابتدا ملاحظه شده است و دو پدیده‌ی متفاوت را به وجود می‌آورد. پیشنهاد شده که حفره‌ها و چاله‌ها تنها در شیشه‌های پتاسی به وجود می‌آید و پوسته شدن در شیشه‌های سودایی ایجاد می‌شود، ولی در واقع این طور نبوده است. به نظر می‌رسد که ایجاد سطح پوسته‌ای در حقیقت باعث ایجاد حفره‌هایی در سطح شده است. استنباط شده است که شیشه‌های (York minster) بدون تخریب بوده است، به دلیل اینکه محتوای سیلیس این شیشه‌ها بیشتر از ۶۰ درصد مولی بوده است. شیشه‌های پوسته شده معمولاً دارای کمتر از ۶۰ درصد مولی سیلیس بوده است. حفره‌ها و پوسته‌های ایجاد شده روی شیشه عموماً در دامنه‌ی بین ۵۷ تا ۶۳ درصد محتوای سیلیس به وجود می‌آیند (برداشت پراکنده از: دیویسون، ۲۰۰۶، صص ۱۹۰-۱۹۲).

روش های درمان و مرمت

عوامل کمپلکس دهنده

برای برداشتن شوره ها و رسوبات شیشه که از سایت های باستانی به دست آمده با استفاده از دو روش شیمیایی و فیزیکی به برداشتن آنها اقدام می کنند. برای پاک کردن رسوبات که در سطح شیشه های تاریخی وجود داشته بیشتر از عوامل کیلیت ساز (Chelating agents) مانند پلی فسفات ها، اسید های آمینو کربوکسیل و اسید های هیدروکسی کربوکسیلیک استفاده شده است. عوامل کمپلکس دهنده ی بالا پیوند چند گانه با یون فلزی تشکیل می دهند. موادی که توسط کیلیت دهنده ها برداشته می شوند، رسوباتی هستند که از کربنات کلسیم، سولفات کلسیم و ترکیب آنها با سیلیکات ها می باشند. یون های فلزی که باید برداشته شوند همان یون هایی هستند که در ترکیب شیشه وجود دارند مانند کلسیم. در هنگام تمیز کردن با این محلول ها باید توجه داشت که شیء کمترین زمان را در تماس با محلول داشته باشد (برداشت آزاد از: ریسمانچیان، ۱۳۷۶، ص ۷۶).

پلی فسفات ها برای نرم کردن آب جهت کلسیم و منیزیم معرفی شده اند و هنوز به عنوان پاک کننده های تجاری به طور وسیع استفاده می شوند، یکی از پلی فسفات های استفاده شده کالگون است که اثر آن بر روی شیشه ها متناقض به نظر می رسد. فرنزل (Frenzel) سال ۱۹۷۵ م استفاده از کالگون (Calgon) را پیشنهاد کرد، ولی بعد از ۴ سال فرودی کرافت استفاده از آن را متوقف کرد، زیرا که محلول به صورت لغزنده به زیر لایه ی تزئینات نقاشی رفته و باعث آسیب لایه های نقاشی شده است. اسید های هیدروکسی کربوکسیلیک که بستگی به PH دارد به دو صورت عمل می کنند. در PH کمتر از ۱۱ این گونه اسید ها با قلیایی ها کمپلکس می دهند و جهت حمل کردن یون های کلسیم مقدار زیادی کمپلکس نیاز دارند و در PH بالاتر از ۱۱ موثرتر از EDTA و پلی فسفات ها برای حل کردن کلسیم می باشند. در PH برابر ۷ اسید گلوکانیک جهت برداشتن عناصر مس و لکه های آهن با اثر تقریباً کمی بر روی اصلاح گره های شیشه موثر است. کمپلکس های کربوکسیلیک در PH بالا به خصوص برای شیشه مضر می باشد. همچنین EDTA که جزء گروه اسید های آمینو-کربوکسیلیک می باشد باعث استخراج سرب در شیشه های سه جزئی (سیلیس، سرب، پتاس) می گردد. چنانچه عوامل کمپلکس دهنده در آب باشند، سرعت خوردگی شیشه افزایش خواهد یافت. عوامل کمپلکس دهنده در شرایطی می توانند سرعت خوردگی را کاهش دهند. مثلاً اتانول در سطح شیشه های سیلیکاتی هیدراته، جذب شده تولید اتیل سیلیسکات غیر محلول می نماید و اتیل سیلیکات به عنوان یک لایه ی محافظ عمل می کند (برداشت پراکنده از: دیویسون، ۲۰۰۶، صص ۱۹۹-۲۰۳، نیوتن ۱۹۸۹، صص ۱۷۴-۱۸۲).

امروزه از جدیدترین روش غیر تخریبی، لایه برداری توسط لیزر استفاده می شود که عمومیت نیافته است. این روش تجزیه و آزمایش در سال ۱۹۹۷ م بر روی نمونه های شیشه ی آسیب دیده از هر نوع تخریب قرون وسطی در مدرسه ی عالی مونستر (Munster) انجام گرفت^۳ (برداشت آزاد از: دقت، ۱۳۷۸، ص ۶۱).

چسب ها و استحکام بخش ها

پوسته های تشکیل شده روی شیشه را می توان با ماده ی ((C-luttu که در ماده ای فرار نظیر استون یا الکل محدود است با برس نرم تثبیت نمود. بعضی اوقات برای این کار از سیانوآکرلیک استفاده می شود. این ماده برای شیشه بسیار سخت بوده و برق و جلای نامطلوبی را ایجاد می کند (برداشت آزاد از: دقت، ۱۳۷۸، صص ۷۱-۷۵).

پوشش های حفاظتی شیشه باید دارای شرایط زیر باشد:

(۱) افزایش مقاومت شیمیایی و فیزیکی شیشه

(۲) مقاومت در برابر نور

(۳) حفظ کننده ی شفافیت شیشه

(۴) دارای انعکاس کم

(۵) برگشت پذیری

یکی از جدیدترین روش های پوشش دهی (Coating) شیشه، روش سل-ژل^۴ (Sol-gel) می باشد. پایداری پوشش های سل-ژل به کار رفته بر روی شیشه بالا می باشد و به نظر می رسد که هم سطح پوشش دهنده و هم سطح اورژینال، حالت طبیعی شیشه را دارند.

در آزمایش های صورت گرفته مشخص گردیده که پوشش دهندگی با ترکیب (90SiO₂, 10ZrO₂) دارای انعکاس کم و پایداری نسبتاً خوبی می باشد. تأثیر حفاظتی به طور مستقیم با دمای استفاده شده برای تراکم افزایش می یابد که دمای ۲۵۰ تا ۴۰۰ درجه ی سانتیگراد، بهترین دما برای تراکم حرارتی بوده است و اساس حفاظتی خوبی به دست آمده است. کریستاله شدن بعضی فاز های پوشش دهنده ی سیلیکاتی خالص در لایه ی پوشش دهنده ها مشاهده نشده است. پوشش دهنده ی سیلیکاتی خالص برای پوشش دهندگی مناسب می باشد و بعضی از ترک های این پوشش دهنده ها، به دلیل ناصاف بودن سطح شیشه بوده و زمانی که تراکم حرارتی با دما مطابقت داشته باشد این ترک ها کاهش پیدا می کنند (برداشت آزاد از: کارمونا، ۲۰۰۶، صص ۱۳۲۶-۱۳۲۸).

روش سل-ژل برای شیشه هایی که در ترکیب آنها یون های سرب به کار رفته آزمایش گردیده است و نتایج نشان می دهد که پوششی مناسب برای سطح این شیشه ها می باشد (برداشت آزاد از: ویلی گاس، ۲۰۰۷، ص ۱۴۱).

روش غیر آبی سل-ژل، که بیشتر از روش سیلان ها مرسوم شده است می تواند به عنوان یک استحکام بخش مناسب برای لعاب ها و شیشه ها باشد (برداشت آزاد از: برادلی، ۱۹۹۹، ص ۷۷۰).

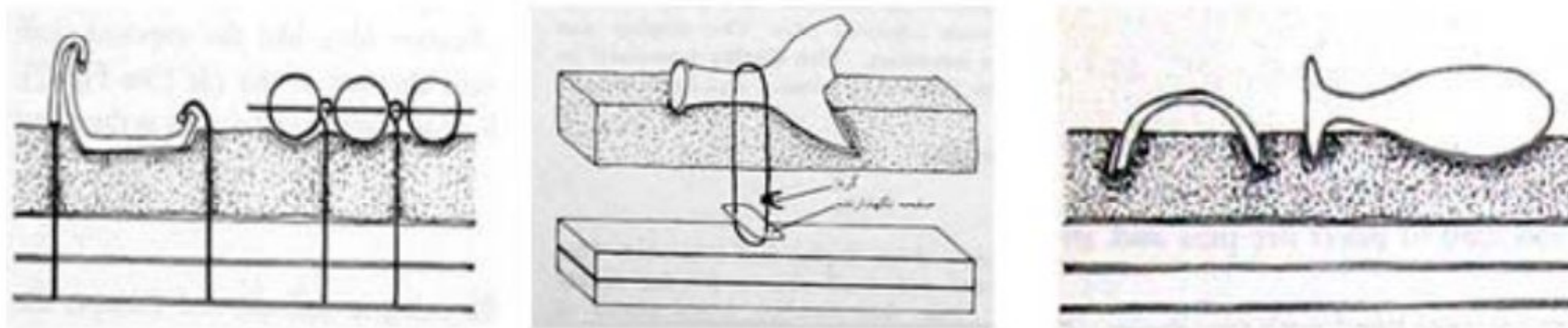
یکی از چسب های مورد استفاده برای چسباندن شیشه ها پارالوئید ((B-72 می باشد. این چسب برای شیشه هایی که در موزه قرار خواهند گرفت مناسب نمی باشد و بیشتر برای چسباندن شیشه هایی که در حین حفاری از زمین خارج می شوند مناسب می باشد. چسب سیانوآکريلات بعد از استفاده در PH محیط های قلیایی متلاشی می گردد. توصیه شده که برای چسباندن موقت تکه های شیشه قبل از وصال دائم، آنها را با رزین اپوکسی از سیانوآکريلات که بسیار نرم است و داخل ترک ها و کمبود ها را می پوشاند و به سرعت خشک می

شود استفاده شود (برداشت پراکنده از: دقت، ۱۳۷۸، صص ۷۱-۷۵).

اپوکسی های بیس فنول آ (Bis phenol A) زمانی که با عامل های انیدریدی ترکیب شوند، پیوندهای عرضی در ۸۰ درجه ی سانتیگراد تشکیل داده و حالتی پایدار و بدون زرد شدگی دارند. تغییر رنگ کم در طول زمان بر روی شیشه ها محسوس است. عیب اپوکسی های آلیفاتیک حساسیت آنها در برابر رطوبت است. از اپوکسی-رزین ها برای استحکام بخشی شیشه هایی که از سایت های باستان شناسی به دست آمده اند استفاده شده است، ولی زرد شدگی رزین را نمی توان از سطح برطرف نمود. اپوکسی-رزین های امریکایی ابلباند ۱-۳۴۲ (Ablebond 342-۱) استفاده ی گسترده ای برای چسباندن شیشه ها در انگلستان و آمریکا داشته است. عیب این محصول ها تمایل داشتن هاردنر به کریستاله شدن در دمای اتاق است و قبل از مخلوط کردن با رزین هاردنر باید گرم شود. دیگر رزین های استفاده شده آالدیت (AY 103/HY 956) و آالدیت (Araldit 2020) است که آالدیت ۲۰۲۰ برای چسباندن شیشه ها به کار می رود (برداشت پراکنده از: دیویسون، ۲۰۰۶، صص ۲۱۱-۲۱۳، نیوتن، ۱۹۸۹، صص ۱۷۴-۱۷۹).

در آزمایشی که به وسیله ی فیلتر UV بر روی تخریب چسب ها در سطح شیشه های قدیمی انجام گرفت، مشخص گردید که بعد از پیر سازی و کاربرد فیلتر UV اثری از تخریب فیزیکی بر روی شیشه ها وجود نداشته است و هر ترک و یا خراشیدگی بر روی سطح شیشه نتیجه ی استفاده از چسب ها یا زدودن آنها به صورت تخریب فیزیکی بوده است (برداشت آزاد از: ک. استاینی فورس، ۱۹۹۹، صص ۷۶۰). در حال حاضر مناسب ترین چسبها و استحکام بخش ها در مرمت و حفاظت ساخته های شیشه ای آالدیت ۲۰۲۰ و هگز تال (Hxtal-1) و هیپوتک (Hpo-TEK 301-۲) می باشد.

روش حفاظتی که برای جلوگیری از شکستگی در انبار و موزه ی ویکتوریا و آلبرت برای اشیاء شیشه ای و سرامیکی طراحی شده است روش (Plastazot-LD) می باشد، روش بسته بندی بر روی فوم نرم بوده که هم برای نمایش اشیاء شیشه ای و هم برای نگهداری در انبارهای موزه مناسب می باشد (برداشت آزاد از: جونیتا، ۱۹۹۹، صص ۷۹۳-۷۹۶).



تصویر ۷- نحوه ی بسته بندی اشیاء شیشه ای و سرامیکی در موزه ی ویکتوریا و آلبرت (برگرفته از: جونیتا، ۱۹۹۹، صص ۷۹۶).

قدردانی

در پایان از زحمات و راهنمایی های دلسوزانه ی استاد محترم درس پروژه ی مرمت یک، آقای دکتر پدرام و همکاری های دیگر دوستان که در تکمیل این مقاله یاری نمودند، کمال تشکر را می نمایم.

پی نوشت

۱) یعنی مایعی که به زیر دمای انجماد آمده اما انجماد حاصل نکرده و در نتیجه از نظر ترمودینامیکی در وضعیت فرا پایدار قرار دارد.

۲) Diffusion حرکت مولکول ها در داخل یک محلول از منطقه ای که دارای غلظت بیشتری است به سمت منطقه ای با غلظت کمتر جهت حصول همگنی در سراسر محلول؛ به عبارت دیگر مهاجرت اتمها در یک جامد، مایع، گاز است حتی در یک ماده ی خالص اتم ها جای خود را تغییر می دهند.

نتیجه گیری

حفاظت، نگهداری و مرمت شیشه های تاریخی به عنوان قسمتی از میراث فرهنگی کشور که در گذشته به عنوان اشیاء تزئینی و همچنین وسایل روزمره کاربرد داشته اند، با توجه به جایگاه ارزشمند این گونه آثار حفاظت و مرمت آن در بین حفاظت گران امری لازم و ضروری می باشد. آسیب پذیری این آثار بیشتر تحت شرایط مرطوب و پارامترهای دیگر محیطی می باشد که باید کنترل شود. مناسب ترین راهکار و روش حفاظتی برای این گونه آثار با توجه به پیشرفت تکنولوژی و فن آوری، روش نانو (سل-ژل) می باشد که به صورت لایه ی پوشش دهنده بر روی این آثار می باشد و می تواند جواب گوی برخی از مشکلات مرمتی مورد استفاده برای آثار شیشه ای باشد.

James&James. London

11. Navsarro. juanita; (1999), «moving display ; Four methods. used for mounting ceramic and glass objects in drawers «11 Th Triennial meeting Lyon 29 August – 3 September .1999. Icom. Vol, 2. James&James. London

12. Knight , Barry; (1989). «Imaging the design on corroded mediaeval windo glass By Beta – Back-scattering radiography », study in conservation. IIC,V.34,N.4 London

13. Staniforth , Sarah ; (1999). «Apreliminary investigation into the effect of self – adhesive ultraviolet absorring film on window glass «; 12 Triennial meeting Lyon 29 August – 3 September .1999. Icom. Vol 2. James&James. London

منابع اینترنتی

1. <http://www.ancienttouch.edu>
2. <http://www.hfmvgv.org/explore/artifact/glass/asb>
3. <http://www.science direct ./> «chemical degradation of glasses under simulated marin medium ». Carmona.n and another. April 2007: ت.م 12/2/1387

۳) این روش که موفقیت آمیز بود، توسط افراد زیر انجام گرفت: مهندس فیزیک کریستف الانیک (Christoph olainech) از دفتر فن آوری لیزر، پروفیسور دکتر کلاوس دیک من (Klus Dick man) سرپرست آزمایشگاه فن آوری لیزر در حوزه ی فن آوریهای فیزیک، این گروه از نظرات مشورتی حوزه ی مرمت برخوردار بوده اند.

۴) تهیه کردن ماده ی شفاف شیشه ای در دمای پایین تر از دمای ذوب شیشه. این ماده به عنوان پوشش دهنده ی نازک حفاظتی برای شیشه مورد استفاده قرار می-گیرد و ضخامت آن بین ۲۰۰ nm تا ۵۰۰ nm می باشد.

۵) <http://www.talasonline.edu> / ت.م ۱۳۸۷/۲/۱۲

منابع

۱. ترنس مالونی، افساچی، (۱۳۷۹)، «صنعت شیشه»، محمد رضانی، انتشارات گوتنبرگ، چاپ دوم، تهران
۲. تویسرکانی، حسین، (۱۳۸۶)، «اصول علم مواد»، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، چاپ ششم، تهران
۳. دقت، اشرف، ۱۳۷۸، «تحلیل علمی آسیبهای شیشه ی معبد چغازنبیل و طرح حفاظتی آن»، پایان نامه ی کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشکده ی مرمت، دانشگاه هنر اصفهان
۴. ریسمانچیان، فرزانه، (۱۳۷۶)، «تحقیق فرسودگی شیشه های تاریخی»، پایان نامه ی کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشکده ی مرمت، دانشگاه هنر اصفهان
۵. عباسیان، میر محمد، (۱۳۷۰)، «مبانی شیمی، فیزیک شیشه، سرامیک»، انتشارات گوتنبرگ، چاپ اول، تهران
۶. مارقوسیان، واهاک، (۱۳۸۶)، «شیشه: ساختار، خواص و کاربرد»، تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ دوم

7. Davison ; Sandra (2006), «Conservation and restoration of glass» Butterworth Heinenemann , London

8. H.tennent, Norman, (1999), «the conservation of glass and Ceramic» James&James, London

9. Newton; Roy.g (1989),»conservation of glass»; Butterworths, London

10. Bradley. Susan and another. (1999), «A novel inorgain polymer for conservation of glass and ceramic object», 11 Th Triennial meeting Lyon 29 August – 3 September .1999. Icom. Vol, 2.

بررسی علل خشکی در چرم و درمان چرم های خشک شده

معصومه فمی تفرشی*، غلام رضا وطن خواه**

* دانشجوی کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی - تاریخی، دانشکده

مرمت، دانشگاه هنر اصفهان

** عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اصفهان

چکیده

این مقاله مروری بر علل خشک شدن چرم دارد و چگونگی برخورد با آثار چرمی خشک شده را مورد بررسی قرار می دهد. این آسیب می تواند در مرحله ی آماده سازی چرم یا در هنگام مدفون بودن آن و حتی در اثر نگهداری و مرمت نادرست رخ داده باشد. در این مقاله، مواد نرم کننده ی چرم، بررسی شده اند و مزایا و معایب آنها بیان گردیده است. باید توجه داشت که نمی توان برای همه ی آثار چرمی یک روش درمان واحد را پیشنهاد نمود. بنابراین تنها با بررسی نتایج به دست آمده، سعی گردیده که به نتایج بهتری در برخورد با این گونه آثار دست یابیم. کلید واژگان: چرم خشک شده^۱ PEG، BML^۲، دباغی، نرم کننده، درمان حفاظتی

مقدمه

بعد از خشک کردن، پوست آب خود را از دست داده و سخت و شکننده می گردد. برای بازگرداندن این خاصیت، باید قدرت لغزش کلاف های کلاژن بر روی یکدیگر دوباره ایجاد شود. این عمل به طرق مختلفی انجام می شود، مثلاً با مالش دادن پوست به مدت طولانی یا با استفاده از روغن های مختلف، و یا هر دو روش با هم. در بسیاری از نقاط جهان، لگد مال کردن پوست در تغار و یا طشت های بزرگ به طور سنتی معمول بوده است. اسکیموها پوست را با جوییدن نرم می کردند. شکی نیست که این عمل نه تنها عملی مکانیکی است، بلکه آنزیم ها نیز در نرم شدن پوست تأثیر می گذارند. استفاده از موادی مانند روغن کرچک و یا روغن پاچه ی گاو که با اسید سولفوریک ترکیب شده باشد، نتیجه ی بهتری را عاید می کند. این روغن ها را غالباً به صورت شیره ای قابل جذب در آورده و به روی پوست می کشیدند تا در بافت پوست نفوذ کرده و آن را چرب کند. بدین ترتیب تا حدودی آبی که پوست در موقع خشک شدن از دست داده، جایگزین می شود. برای نرم کردن پوست از زمان های بسیار قدیم، زاج^۳ معمول بوده که به روش زاج یا زاغ زدن به پوست موسوم بوده است (پلندریت، ۱۳۷۶، ص ۲۸).

عوامل خشکی و شکنندگی در آثار چرمی

در مرحله ی آماده سازی چرم، بعد از جدا نمودن پوست حیوان، می بایست آن را تحت عملیاتی به چرم تبدیل نمود. در شرایط عادی، پوست کنده شده از حیوان، سریعاً طعمه ی مناسبی برای رشد کپک ها و باکتری ها می شود، ولی با برداشتن چربی ها، گوشت و رگ ها، مواد غذایی مورد نیاز این موجودات از بین رفته و با خشک شدن پوست، از فساد و گندیدن آن جلوگیری می شود (پلندریت، ۱۳۷۶، ص ۲۸). با عمل خشک کردن، مولکول های طویل بافت پوست منقبض و به یکدیگر نزدیک شده، ساختمان پوست فشرده و متراکم و در نتیجه اتصال های شیمیایی که آن را با گروه های پپتید، اسیدی، قلیایی و غیره پیوند می داد، از بین رفته و پیوند های جدیدی بین مولکول ها به وجود خواهند آورد. این اتصال نزدیک بین مولکول های مجاور، ساختمان پوست را سخت، شکننده و غیر قابل انعطاف می سازند (نیک پور، ۱۳۷۶، ص ۳۷). این عمل نه تنها باعث کاهش ابعاد فیزیکی می گردد، همچنین می تواند باعث جمع شدگی فیزیکی چرم نیز گردد. بنابراین متدهای خشک کردن چرم در کاهش این عوارض بسیار مؤثر است (رحمتی، ۱۳۷۵، ص ۱۱). خشک شدن زمانی آغاز می گردد که میزان رطوبت به ۲۵٪ برسد. این مقدار آب موجود در پوست با پیوندهای شیمیایی به اسیدهای آمینه و پپتیدهای موجود در پوست متصل شده و خارج ساختن آن از پوست موجب سختی و شکنندگی می گردد. درحقیقت هدف عملیات دباغی جلوگیری از خشکی و شکنندگی پوست و حفظ نرمی و قابلیت انعطاف چرم پس از خارج شدن آب آن می باشد (نیک پور، ۱۳۷۶، ص ۳۸). بنابراین چرم را دباغی می کنند. قبل از مرحله ی دباغی، در مرحله ی موزدائی آهک به کار برده می شود، آهک به داخل پوست نفوذ کرده و برای مراحل بعدی می بایست این آهک از پوست خارج گردد، زیرا در غیر این صورت در مورد چرم های دباغی شده با کروم، وجود مواد قلیایی باعث سخت شدن چرم و تغییر رنگ آنها می شود (صراف، ۱۳۷۲، ص ۲۵).

گروه دوم چرم های خشک، اغلب حالت ورقه ورقه ای داشته، فیبرهای آن شکسته شده اما سخت می باشند، یا متلاشی شده با تکه های شکننده می باشند (ویلز، ۱۹۹۸، ص ۵۱).

چرا چرم های خشک ثبت و حفظ شوند؟

بنابراین چرم ها می توانند اطلاعاتی درباره ی فرهنگی که به آن متعلق اند، همچنین نوع حیوان اهلی، روش های دباغی موجود در آن زمان را به دست دهند. چرم در دوره های مختلف زندگی بشر مورد استفاده قرار می گرفته است (ویلز، ۱۹۹۸، ص ۵۴).

درمان چرم های خشک و شکننده^۵

در برخورد با آثار چرمی نظیر دیگر آثار تاریخی به منظور حفظ آنها، نکاتی را باید در نظر گرفت. حفاظت از این گونه آثار برحسب تنوع گونه ها، چگونگی تهیه و آماده سازی و نوع مواد مصرفی متفاوت خواهد بود. بنابراین حفظ این گونه آثار نیاز به بررسی دقیق در تمامی جوانب را دارد. در برخورد اولیه با این آثار آزمایشاتی چند بر روی آنها انجام می-شود تا بر حسب ویژگی های آن، نحوه ی برخورد مشخص گردد.

تحقیقات زیادی بر روی حفاظت چرم های تاریخی خشک صورت گرفته است و سه عامل PH، رطوبت و میزان چربی و ارتباط این عوامل با یکدیگر در مورد نمونه های مختلف بررسی و دستورالعمل های مشخصی در زمینه ی حفظ این گونه آثار منتشر شده است.

در یک روش، طبق اصول کمترین مداخله، بعضی چرم های خشک به منظور حفاظت از آنها، استحکام بخشی می شوند. در بعضی موارد هیچ کاری نمی بایست انجام شود. در ابتدا گرد و خاک سطحی می بایست از سطح چرم پاک گردد. برای انواع مختلف چرم خشک، نمی توان یک درمان واحد را اختصاص داد. این کار بیشتر از کاربرد تکنیکی یک روش استاندارد حفاظت، به بررسی نیاز دارد.

در برخورد اول، می بایست چرم را بررسی کرده و آسیب آن و در نهایت، با توجه به نیاز شی، این که چه چیزی می خواهیم؟ برای مثال می خواهیم تمیزکاری، استحکام بخشی یا افزایش نرمی داشته باشیم. گاهی ما نتیجه ای را که می خواهیم به شی تحمیل می کنیم، به منظور اینکه می خواهیم آن را نمایش دهیم در حالی که به نیازهای حفاظتی شی توجه نداریم.

در برخورد دوم، به گردآوری اطلاعات پیرامون شی و شرح نیازهای آن می پردازیم و شرایط چرم را ارزیابی می نماییم. اینکه چگونه چرم خشک شده است؟ چرا خشک شده است؟ چه مدت است که خشک شده است؟ قدمت و منشأ چرم چیست؟ آیا درمان پیشین داشته است؟ تخریب ساختاری یا لکه بر روی سطح آن دیده می شود؟ به چه شیوه ای دباغی شده است؟ در هنگام مدفون بودن و بعد از حفاری چه میزان تخریب شده است؟ محدودیت ها چه چیزهایی هستند؟

این سؤالات تنها نمونه های کوچکی از انواع سؤالاتی است که باید پرسیده شود.

یکی از معیارهای اصول دباغی، آرام خشک کردن چرم به منظور تهیه ی چرم نرم است. این معیار برحسب استفاده از مواد دباغی مختلف نیز متفاوت خواهد بود. مثلاً تاننهای گیاهی ممکن است باعث خشک شدن کامل چرم گردند. در دباغی گیاهی اگر چه لیف چرم ممکن است آب گریز باشد و گروه های فعال پروتئین با مواد دباغی پیوند حاصل کرده باشند، اما خود تانن های گیاهی مولکول های آب دوستی هستند که در نتیجه در طول خشک شدن، سخت می گردند. بنابراین تغییر آهسته برای چرم های دباغی شده ی گیاهی ضروری است، چرا که آب داخل پوست به طرف سطح پوست حرکت می کند بدون اینکه باعث سخت و خشک شدن چرم گردد (رحمتی، ۱۳۷۵، ص ۱۲).

همچنین در طول زمان مدفون بودن نمونه های چرم، نرم کننده های موجود در بین لیفه ها از بین رفته و لیفه ها متورم و چسبناک می گردند. بعد از حفاری و در جریان خشک شدن طبیعی، این لیفه ها تمایل به نزدیک شدن و چسبیدن به یکدیگر را دارند که این امر باعث سخت شدن چرم می گردد (کردستانی، ۱۳۷۵، ص ۱۰۱). همین طور محیطی که چرم در آن قرار می گیرد، بر خشکی چرم تأثیر دارد. درجه حرارت بالای ۳۵-۴۰ درجه ی سانتی گراد موجب از بین رفتن رطوبت موجود در پوست و چرم شده، موجب خشک شدن آن می شود. فساد شیمیایی پوست و فرآورده های آن را افزایش می دهد. در دمای بسیار زیاد چرم حالت ژله ای به خود می گیرد و پوست با از دست دادن آب خود، خشک و شکننده می شود (نیک پور، ۱۳۷۶، ص ۱۱۸). چرم در محیط بسیار خشک نیز به مدت طولانی تبدیل به جسم سخت و سیاه رنگ می گردد. برای مثال، در قبور خشک و از دوران پیش پادشاهی مصر نمونه های بسیاری از آثار پوستی باستانی به دست آمده اند. این پوست ها در اثر خشکی زیاد، سخت و شکننده شده اند (پلندریت، ۱۳۷۶، ص ۲۸). درحالتی که میزان رطوبت چرم اندک باشد، این ماده، سخت، خشک و جمع خواهد شد. همچنان که رطوبت نسبی افزایش می یابد، میزان انعطاف پذیری چرم نیز افزایش می یابد. رطوبت نسبی مطلوب در چرم ۵۰٪ می باشد (رحمتی، ۱۳۷۵، ص ۱۶). علاوه بر رطوبت، میزان چربی موجود در چرم، دارای اهمیت است. نقش اساسی روغن ها، نرم کردن، قابلیت کشش، مقاومت در مقابل نفوذ آب در چرم می باشد. زیرا در غیاب مواد روغنی، چرم دباغی شده با کروم، پس از خشک شدن، سخت و غیر قابل انعطاف می شود (صراف، ۱۳۷۲، ص ۳۹).

رده بندی چرم های خشک شده^۶

چرم های خشک قدیمی را می توان در دو گروه وسیع رده بندی نمود:

اول، چرم های سالم و آنهایی که به خوبی حفظ شده اند. دوم، چرم های متلاشی شده و آسیب دیده، آنهایی که در محیط خشک نگهداری شده و گاه و بی گاه در تماس با رطوبت قرار گرفته اند. چرم های گروه اول به طور شگفت انگیز دارای شرایط خوب هستند. به عنوان مثال چرم هایی که از سایت Qasr Ibrim در محیط خشک شمال سودان به دست آمده اند.

در این مرحله تمام راه حل های ممکن با نتایج آنها باید لیست گردد. نتایج مثبت، منفی و نادانسته ها مشخص گردد.

مرحله ی نهایی شامل انتخاب راه حل مناسب قابل پذیرش و پرسیدن این سؤال که چرا آن روش بیشتر از راه حل های دیگر قابل قبول می باشد، است. یک روش مناسب اینست که اهداف و راه حل عملکرد دوباره بررسی شود. آنگاه اگر هیچ مشکلی وجود نداشت، مرحله ی حفاظت شئی را با احتیاط در پیش بگیریم. همیشه روش مورد انتخاب را بر روی یک ناحیه ی کوچک شئی، تست کرده و نتیجه را می بینیم. نیازها و محدودیت های هر نوع چرم به تصمیم گیری در روش درمان و حفاظت آن کمک خواهد کرد. ضروری است که انواع مختلف دباغی چرم را تشخیص داده و ارزیابی نماییم. برای مثال، چرم های باستانی خشک که از آرامگاه و سایت های زیر خاک به دست می آیند، بسته به شرایط دفن، و اینکه چرم دباغی گیاهی، دباغی با زاج یا دباغی روغنی است، شرایط متفاوتی دارند. در زیر خاک ممکن است در شرایط مرطوب باشند، ولی زمانی که در معرض هوا قرار می گیرند، به سرعت خشک شوند. ایده آل اینست که چرم ها در یک شرایط بی هوازی نگهداری شوند تا زمانی که به محیط آزمایشگاه حفاظت برسند. اگر چرم با زاج یا روغن دباغی شده باشد، نمی تواند آب خود را از دست بدهد. اگر چرم ها به روش دباغی گیاهی^۶، دباغی شده باشند و به طور عمومی دارای شرایط خوب باشند می توانند دوباره مرطوب شوند و شبیه چرم های مرطوب درمان شوند. چرم هایی که آب خود را از دست داده اند را می توان در آب غوطه ور نمود. چرم فقط تا مدت زمانی مشخص می تواند آب جذب کند (معمولاً ۱۲ ساعت یا کمتر). غوطه وری بیشتر توصیه نمی شود. روش غوطه وری آثاری که آب خود را از دست داده اند بر روی چرم هایی که برای کمتر از ۵ سال خشک شده اند، مناسب است (ویلز، ۱۹۹۸، ص ۴۰-۴۳).

در یک نظریه، دو روش برای درمان چرم های خشک وجود دارد. هدف آن حفاظت ساختار فیبری و مرمت، به منظور رسیدن به انعطاف پذیری مناسب می باشد. قبل از درمان سطح چرم می بایست از آلودگی ها پاک گردد.

روش (۱): به کار بردن واکس پلی اتیلن گلیکول که شبیه وازلین است در غلظت مناسب. این واکس باید در حرارت حدود ۴۰ درجه ی سانتی گراد در ظرف مناسب، درون آون الکتریکی یا بر روی هات پلیت قرار گرفته تا ذوب شود. چرم را در واکس گداخته قرار داده و در این دما نگهداشته می شود تا به شرایط رضایت بخش برسد. بعد از درمان چرم به این شیوه می بایست آن را زیر یک محفظه ی شیشه ای قرار داد تا سرد شود.

برای بعضی آثار حمام گرم واکس ممکن است مشکلاتی را ایجاد نماید اما در ادامه پروسه عملی می شود. بعد از شستشو در آب سرد باید در آب مقطر خیسانده شود تا نرم شود. سپس رطوبت از سطح آن زدوده می شود.

روش (۲): چرمی که سخت شده را می توان در یک حمام که شامل ۶ قسمت Bavon ASAK ABP به ۴ قسمت ۱،۱،۱ تری کلرواتان

می باشد، غوطه ور نمود. چرم را در این حالت نگه داشته تا به شرایط قابل قبولی برسد (واترر، ۱۹۸۷، ۱۱-۱۲).

چرم های خشک و شکننده، ممکن است دوباره با یک ماده ی نرم کننده، انعطاف پذیر شوند. روغن سم احشام^۷ و مخلوطی که به عنوان پوشاننده ی چرم موزه ی بریتانیا شناخته شده است (BML)، مورد استفاده قرار می گیرد. چرم های مخمل نما نباید با روغن سم احشام یا BML درمان شوند، زیرا آنها تیره شده و چربی را در خود نگه می دارند. روغن سم احشام روغنی است زرد، چسبناک با عطر کم که از نظر شیمیایی پایدار است. این روغن در شرایط سولفات شده قادر به تشکیل امولسیون در آب می باشد.

یک پوشاننده ی چرم آبدار که نفوذ کمی نسبت به پوشاننده های روغنی و با پایه ی حلالی دارد که برای چرم های نازک و روشن مناسب است. این امولسیون با ذوب کردن ۱۲۰ گرم لانولین بی آب و ۲۰ گرم واکس ژاپنی، تهیه می شود. زمانی که این مخلوط ذوب گردید، در ۵۰ گرم روغن کرچک و ۲۰۰ گرم آبی که ۱۰٪ سدیم استارات دارد حل می گردد. این مخلوط را به هم زده و تکان می دهیم تا سرد گردد (کوهن، ۱۹۸۶، ۱۲۳).

در یک روش انجام شده بر روی چرم های خشک کشف شده از مقابر مصری که در موزه ی لوور نگهداری می شدند، در سال ۱۹۸۰ با گلیسرول و یا تیمول اشباع شده و درمان شدند. بعد از مدتی تغییراتی در این تکه های درمان شده مشاهده گردید. آنها دچار تغییر رنگ شده بودند، بعضی از تکه ها رنگ خود را از دست داده و از قرمز تا سیاه شده بودند (ویلز، ۱۹۹۸، ۴۹).

در گذشته از روغن قرمز ترکی^۸ استفاده می شد اما امروزه از واکس پلی اتیلن گلیکول استفاده می شود. بعد از غوطه ور کردن شئی در دمای ۵۰ درجه ی سانتی گراد، چرم قابل انعطاف می گردد. هر گونه واکس اضافی باید از سطح زدوده شود که معمولاً به کمک هگزان یا گزین انجام می شود و یا نمونه را قبل از واکس زدن در آب مقطر غوطه ور می کنند. در این شرایط اگر رطوبت نسبی محیط کمتر از ۵۰٪ باشد، چرم خشک و شکننده می شود و اگر رطوبت نسبی بیشتر از ۵۰٪ باشد باعث اکسیداسیون روغن و چربی و در نتیجه سختی و تیرگی چرم می گردد. در حفاظت چرم علاوه بر میزان رطوبت نسبی، میزان مشخص و مناسب روغن و رطوبت موجود در آن نیز ضروری است. به دلیل آنکه توزیع مواد نرم کننده در قسمت های فوقانی، مرکزی و تحتانی یکسان نیست، مشکلی که با توجه به این مسئله می باشد، اینست که اغلب در هنگام روغن زدن به دلیل تزریق بیش از حد روغن و عدم موازنه ی دقیق میان رطوبت و روغن موجود در نمونه ایجاد می گردد. برای مثال در مورد چرم های قدیمی که اغلب موازنه ی روغن و رطوبت در آنها به هم خورده است، برای نرم کردن از روغن بیشتری استفاده می شود که در نتیجه رطوبت موجود در چرم به وسیله ی روغن خارج و باعث خشک شدن چرم می گردد و در نهایت به نتیجه ی معکوسی دست خواهیم یافت (کردستانی، ۱۳۷۵، ص ۸۹).

خشک و شکننده شدن چرم ها اغلب به دلیل بالا رفتن میزان

اسید دیته است. به منظور ایجاد انعطاف پذیری در اینگونه آثار اقدامات زیر در نظر گرفته شود:

- ۱- از بین بردن حالت اسید دیته
- ۲- تمیز کردن چرم
- ۳- استفاده ی مناسب از امولسیون های محتوی مواد چرب کننده

نظریه های دیگر در درمان چرم های خشک و

شکننده: (همیلتن، ۲۰۰۰، ص ۲-۳)

درمان شامل اضافه نمودن یک نرم کننده به چرم های خشک شده و شکننده می باشد. گلیسرول که قابل حل در آب و الکل، به عنوان یک رطوبت بخش به چرم عمل می کند.

۱- درمان گلیسرین Smithsonian:

۵۹٪ گلیسرین (گلیسرول)، ۳۹٪ آب و ۲-۱٪ فرمالدئید یا ۲۵٪ گلیسرین و ۷۵٪ الکل.

غوطه وری اثر در محلول تا چرم قابل انعطاف شود (زمانی که از حلال الکل استفاده می شود، مشکل است که بگوئیم چرم انعطاف پذیر شده زیرا الکل چرم را سخت می کند). ممکن برای درمان به چندین هفته زمان نیاز باشد. این درمان چرم را قابل انعطاف کرده، اما از طرفی گلیسرین آب را در خود نگه می دارد و می تواند سبب رشد کپک و قارچ شود. با وجود این حقیقت، درمان گلیسرین Smit-sonian با موفقیت استفاده می شود.

۲- درمان با پوشش دهنده ی چرم موزه بریتانیا (BML)

۲۰۰ گرم لانولین بی آب

۳۰ میلی لیتر روغن درخت سرو (به عنوان قارچ کش عمل می کند)

۱۵ گرم موم زنبور عسل (اختیاری)

۳۵۰ میلی لیتر دی متیل اتر (۲۵-۱۵ درجه ی سانتی گراد) یا ۳۳۰

میلی لیتر هگزان

سه ماده را ابتدا با هم گرم کرده (موم می تواند استفاده نشود، به عنوان یک پرداخت کننده عمل می نماید) و سپس مایع را گداخته و آن را در اتر یا هگزان می ریزیم. اجازه می دهیم تا سرد شود (درحالی که دائماً محلول را تکان می دهیم) باید با احتیاط عمل نمود زیرا اتر و هگزان نقطه ی جوش پائین دارند و بسیار آتشگیرند. محلول را روی چرم مالیده و دو روز صبر می کنیم، سپس چرم را با یک پارچه ی نرم پرداخت می کنیم. چرم خیلی سخت را می توان در محلول BML غوطه ور نمود. BML چرم را تیره می کند، اما آن یک درمان مناسب است که با موفقیت ثبت شده است.

۳- درمان پلی اتیلن گلیکول (PEG)

چرم خشک می تواند با آب یا الکل اشباع شود و با PEG ۱۴۵۰، PEG ۵۴۰، PEG ۶۰۰ یا PEG ۴۰۰ درمان شود. در گذشته، چرم در PEG با دمای ۵۰-۴۰ درجه ی سانتی گراد، درمان می شد. اخیراً در دمای اتاق درمان می شوند زیرا حرارت عموماً برای چرم مضر است.

درمان با PEG شامل غوطه ور کردن چرم در محلول رقیق PEG در آب یا الکل و افزایش غلظت PEG تا حدود ۱۰٪، غلظت نهایی PEG تا ۳۰٪ برای چرم های باستانی کافی است. چرم را در محلول PEG ۳۰٪ به مدت چند روز نگهداری می کنند تا چرم نرم و قابل انعطاف گردد. سطح را سپس از محلول تمیز کرده و PEG اضافی را با آب یا تولوئن پاک می کنند. سپس اجازه می دهند تا چرم به آرامی در شرایط کنترل شده، خشک شود.

چند نوع PEG وجود دارد و هریک دارای ویژگی های خاص خود می باشند.

ترکیب PEG ۵۴۰ (قسمت مساوی از PEG ۱۴۵۰ و ۳۰۰) می باشد. این ماده اندکی رطوبت را در خود نگه می دارد و در رطوبت بالا مرطوب می گردد. به این دلیل، سطح چرم درمان شده با PEG ۵۴۰ گاهی با یک واکس سخت (مخلوطی از ۱۰۰ گرم واکس میکرو کریستالین و ۲۵ گرم واکس پلی اتیلن)، پوشیده می شود.

PEG ۳۲۵۰ بسیار سخت و جاذب الرطوبه می باشد. مشکل اصلی (در بعضی موارد مزیت) چرم درمان شده، این است که سخت می شود. وقتی PEG ۳۲۵۰ به کار برده می شود، واکس را زمانی که هنوز گرم است به کار می بریم و سپس اجازه می دهیم تا سرد شود. PEG ۱۴۵۰ نتایج خوبی به دست می دهد. درمان های متنوع PEG برای حفاظت چرم های خشک بیشتر رایج هستند.

۱۵٪ محلول PEG ۴۰۰ به عنوان یک پیش درمان زمانی که چرم در سرما خشک شده است، مناسب می باشد.

چرم درمان شده با PEG می تواند جاذب الرطوبه، روغنی و رنگ آن تیره شود.

۴- درمان Bavon:

Bavon ASAK ۵۲۰۵ یک امولسیون محلول در آب می باشد، در حالی که Bavon ASAK ABP امولسیون محلول در حلال می باشد. شیمی دقیق Bavon ناشناخته است.

در حفاظت آثار باستان شناسی، Bavon به عنوان یک نرم کننده که چرم را قابل انعطاف کرده و یک ظاهر قهوه ای طبیعی می دهد، به کار برده می شود. چرم خشک شده و خیلی سخت به طور موفقیت آمیزی با غوطه ور کردن آن در Bavon تغلیظ شده، نرم می شود. چرم را در ۶ قسمت Bavon ASAK ABP با ۴ قسمت ۱،۱،۱ تری کلرواتان، غوطه ور می نماییم. سپس چرم را در این شرایط نگه داشته تا به حالت قابل انعطاف برسد، آن گاه آن را زیر محفظه ی شیشه ای قرار داده و اجازه می دهیم تا کاملاً خشک شود.

نتیجه گیری

با توجه به مطالعات صورت گرفته می توان علل خشکی چرم را به این ترتیب بیان نمود:

- ۱- در مرحله ی خشک کردن چرم که سبب می شود آب موجود در چرم از دست برود.
- ۲- دباغی نمودن چرم به صورت ناقص
- ۳- قرار گرفتن چرم در یک محیط خشک
- ۴- اگر رطوبت نسبی محیط کمتر از ۵۰٪ باشد.

منابع

۱. پلندریت، هارولد ج.، (۱۳۷۶)، «حفاظت، نگهداری و مرمت آثار هنری و تاریخی»، مترجم: رسول وطن دوست، تهران: دانشگاه هنر تهران، چاپ دوم
۲. رحمتی، سعید، (۱۳۷۵)، «بررسی و تهیه ی پوشش های حفاظتی چرم»، پایان نامه ی کارشناسی ارشد مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان
۳. صراف، مهناز، (۱۳۷۲)، «حفاظت و ترمیم جلدهای چرمی»، پایان نامه ی کارشناسی مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان
۴. کردستانی، نجمه، (۱۳۷۵)، «بررسی مسائل مربوط به چرم (نرم کردن)»، پایان نامه ی کارشناسی ارشد مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان
۵. نیک پور، صغری، (۱۳۷۶)، «شناخت و حفاظت آثار چرمی»، پایان نامه ی کارشناسی مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان
6. Kuhn, Herman, Conservation and Restoration of works of Art and Antiquities. 1986
7. Watrer, Jhon W, Conservation and Restoration of leather: The treatment of old leather. 1987
8. Wills, Barbara, Leather Wet and Dry: Treatment of Archeological leather in France. 1998
9. <<http://nautarch.tamu.edu/class/anth605/file7.htm>>2008/11/18

- ۵- درجه حرارت بالای ۴۰-۳۵ درجه ی سانتی گراد که موجب از بین رفتن رطوبت موجود در چرم می گردد.
 - ۵- خشک شدن ساختمان چرم به علت روغن مالی زیاد از حد
 - ۶- از دست دادن چربی موجود در چرم
 - ۷- اثر الکل یا الکالین به کار برده شده توسط صحاف بر روی چرم
 - ۸- جذب سولفور دی اکسید از هوا (که باعث به وجود آمدن رنگ قرمز بر روی چرم گشته که خود بر تجزیه و انحلال ساختمان چرم دلالت دارد). شکستگی فیبرهای چرم اغلب سبب شکستگی در الیاف چرم می گردد که به علت از دست رفتن آب و خشکی موجود در چرم به وجود می آید. در صورت بروز تجزیه ی کلی الیاف، اتصالات بین فیبرها از بین رفته و در آن هنگام در اثر فشار انگشت می تواند به پودر تبدیل گردد.
 - ۹- درمان های نادرست که به منظور نرم کردن چرم به کار می رود اما نتیجه ی عکس می دهد.
- باید توجه داشت که تعدادی از این عوامل می توانند، با هم در یک نمونه وجود داشته باشند. بنابراین نمی توان برای همه ی آثار چرمی خشک دلایل فوق را بیان نمود. در برخورد با هر اثر می بایست تصمیمی مبنی بر شرایط و ویژگی های خاص آن اتخاذ نمود. در این مقاله سعی بر آن شد تا علل خشکی چرم و درمان های مختلف آن بررسی گردد. با این حال نمی توان برای همه ی آثار یک شیوه ی واحد را توصیه نمود. برای رسیدن به نتایج بیشتر نیاز بود که به طور عملی و آزمایشگاهی این درمان ها بررسی گردند. امید است در آینده به نتایج بهتری دست یابیم.

تقدیر و تشکر

در آخر لازم است که از سرکار خانم مهندس مجیدی، جناب آقای دکتر فرهمند و جناب آقای مهندس عابد، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.

پی نوشت

- BML: British Musuem Leather Dressing Treatment
- PEG: Polyethylene Glycol
- $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ سولفات پتاسیم و آلومینیوم: (Alum) زاج -
- $NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ یا سولفات آمونیوم و آلومینیوم
- چرم خشک شده: Desiccated leather
- چرم شکننده: Brittle leather
- دباغی گیاهی: Vegetable Tanned
- روغن سم احشام: neats foot oil
- روغن قرمز ترکی: Turkish red oil

بررسی معماری دوره‌ی قاجار

محمد رضا کمالی

دانشجوی کارشناسی ارشد معماری،
دانشگاه هنر اصفهان

چکیده

جایگاه و مرتبه‌ی معماری قاجار در تاریخ معماری گذشته‌ی ایران (قبل از دوره‌ی جدید) می‌تواند محل بحث و تأمل باشد. به طور خلاصه، معماری قاجار ادامه‌دهنده‌ی معماری دوران‌های پیش به خصوص صفویه است. در بسیاری موارد به علت ورود عناصری مانند خیابان و میدان به ایران و همچنین سفر به اروپا و... تغییراتی در معماری قاجار رخ می‌دهد و معماری در این دوران نسبت به این عناصر شکل می‌گیرد. در دوران قاجار عناصر و اشکالی مانند روزن‌های قوسی شکل و هلالی بالای ارسی، سنتوری، حوض خانه و... وارد معماری می‌شوند که از مشخصات معماری این دوره به حساب می‌آیند. بنابراین در دوران قاجار با وجود ورود عناصر جدید مانند خیابان و میدان (به معنای امروزی) شاهد رشد و تکامل معماری هستیم. بنابراین در این پژوهش به معرفی بیشتر معماری قاجار و عناصر رایج در معماری قاجار می‌پردازیم.

کلیدواژگان: معماری، قاجار

مقدمه

در قرن نخست حکومت صفوی شاه عباس، قبیله‌ی قاجار را - که یکی از قوی‌ترین قبایل ترک زبان است - به سه قسمت تقسیم می‌کند، یک قسمت را در مرو، قسمت دوم را در گرجستان و قسمت سوم که به دو شعبه‌ی «یوخاری باش» و «اشقاق باش» می‌شوند، در کنار رود گرگان مستقر کرد (سعیدیان، ۱۳۷۲، ص ۲۲۳).

قاجار یکی از قوی‌ترین قبایل ترک نژاد است که حدود ۷۰۰ سال پیش برای اولین بار نام قاجار در تاریخ ذکر شده است، چرا که اصل ایل قاجار را به ترک بن یافث بن نوح نسبت می‌دهند و گفته‌اند چون از اولاد قاجار نویان بن سرتاق (از بزرگان درگاه و از سرهنگان سپاه هلاکوخان) بوده‌اند به نام جد اعلی شهرت یافته‌اند (سعیدیان، ۱۳۷۲، ص ۲۲۳).

حکومت قاجار را آغا محمد خان پسر دوم محمد حسن خان و برادر حسینعلی خان جهانسوز بنیان نهاد. او در سال ۱۷۹۴م، لطفعلی - خان زند



نارنجستان قوام شیراز

را دستگیر کرده و به قتل رساند و در سال ۱۷۹۶م، تاج شاهی را بر سر نهاد و در آن سال تهران را به سبب موقعیت مرکزی و نزدیکی به ایل قاجار پایتخت قرار داد (دانش نامه، ۱۳۱۶، صص ۱۱۶ و ۱۱۷).

در دوران قاجار اتفاقات و ابداعات زیادی در معماری و هنر ایران زمین رخ داد. یکی از این حوادث ویرانی بناهای به جای مانده از دوران قبل به خصوص دوره صفویه است، دلیل لرد کروزن (سیاح انگلیسی) برای این ویرانی ها متوجه آن است که، شرقی ها از اینکه در خانه ی پدران شان سکنی گزینند، کراهت دارند: «پدران جهت فرزندان بنایی می سازند که چون ممکن است بعداً این بنا کافی برای پسر نباشد و یا طرز ساختمان که تغییر می یابد و وارث را خوش نمی آید، وارثین صرفه را در انهدام و ویرانی می بینند.» (مختاری اصفهانی، ۱۳۸۵، ص ۱۵۶) کاری که شاه عباس نیز درباره ی میراث گذشتگان انجام داد، به طوری که به گفته ی یکی دیگر از سیاحان خارجی به نام تاورنیه: «وقتی شاه عباس اصفهان را پایتخت خود قرار داد، به مسجد جامع قدیم شهر احترام نگذاشت، در صورتی که باید این محل زیبا را که اهمیت و شهرت اصفهان وابسته به اوست مرمت می نمود.» (مختاری اصفهانی، ۱۳۸۵، ص ۱۵۶)

در دوران قاجار به دلیل ورود عناصر جدیدی مانند میدان (به معنای امروزی) و خیابان به عرصه ی معماری، در معماری ایران تغییراتی رخ می دهد و معماری جدیدی به نام معماری خیابانی شکل می گیرد، همچنین معماری در دوران قاجار در بناهای مختلف مانند: پل، گرمابه، مسجد، مدرسه و غیره ادامه ی معماری دوره های پیشین به خصوص صفویه است و البته دارای تغییرات و عناصری می باشد که مختص دوره ی قاجار است. برای پاسخ گویی به سؤالات زیر ابتدا تاریخ دوران قاجار را به طور مختصر بیان کرده و بعد از آن خصوصیات کلی معماری دوره ی قاجار را بررسی کرده و در آخر مروری بر انواع بناها خواهیم داشت.

شیوه ی به کار گرفته شده برای این پژوهش نیز شیوه ی تحلیلی-توصیفی می باشد.

آیا در دوران قاجار رشد و تکاملی در معماری ایران رخ داده است؟

آیا معماری قاجار ادامه دهنده ی راه معماری ایران بوده است؟

تاریخ دوره ی قاجار

«تاریخ دوره ی قاجار از نظر سیاسی به ۳ دوره تقسیم می شود» (دانش نامه، ۱۳۱۶، ص ۱۱۸)

دوره ی اول سلطنت قاجار

این دوره قریب به ۴۰ سال به طول انجامید، آغا محمد خان (۱۲۱۰ تا ۱۲۱۱ق) و فتحعلی شاه (۱۲۱۲ تا ۱۲۵۰ق) به ترتیب سلطنت را در دست داشتند.

در این دوره در غرب وقایعی مثل انقلاب کبیر فرانسه و ظهور ناپلئون اول رخ می دهد. (کیانی، ۱۳۷۹، ص ۹۳) در این دوره دولت قاجار با امضای دو عهدنامه ی گلستان و ترکمن چای قسمت زیادی از سرزمین ایران را به روسیه واگذار کرد.

دوره ی دوم سلطنت قاجار

از سال ۱۲۵۰ تا ۱۳۱۳ق دوره ی سلطنت محمد شاه قاجار و ناصرالدین شاه است، اتفاقات مهم در این دوره عبارتند از عزل و قتل قائم مقام فراهانی، طغیان آقا خان رئیس فرقه ی اسماعیلیه در زمان حکومت محمد شاه (نصیری انصاری، ۱۳۵۰، ص ۲۷۳).

دوره ی سوم سلطنت قاجار

در این دوران مظفرالدین شاه قاجار از سال ۱۳۱۳ تا ۱۳۲۴ق بر ایران سلطنت کرد (کیانی، ۱۳۷۹، ص ۱۳).

الف) عوامل مؤثر در شکل گیری معماری قاجار
در شکل گیری معماری قاجار عوامل متعددی دخیل اند که آن ها را به دو عامل داخلی و خارجی تقسیم می کنیم.

۱- عوامل داخلی

منظور عواملی است که بر گرفته از معماری سنتی ایران به خصوص دوران صفویه است. این اثر پذیری را می توان در خانه های مسکونی، ابنیه ی مذهبی از جمله مساجد، تکایا، حسینیه ها، امامزاده ها و همچنین در بنای قهوه خانه ها، یخچالها و غیره مشاهده کرد.

۲- عوامل بیرونی

عمده ترین عوامل شکل دهنده ی معماری قاجار را عوامل بیرونی تشکیل می دهند؛ منظور عواملی است که از کشورهای بیگانه مخصوصاً کشورهای غربی و روسیه گرفته شده است.

تعدادی از عواملی که باعث رواج معماری غرب در ایران شد عبارتند از:

الف) آمد و شد هیأت حاکمه به اروپا با حضور کنسولگریهای ایران در کشورهای اروپایی و کشورهای نظیر ترکیه و مصر و همچنین سفرهای ناصرالدین شاه به فرنگ که باعث ترغیب و توسعه ی شهر بر اساس اقدامات شهرسازی اروپا شد.

ب) تحصیل کردن معماران ایرانی در فرنگ و حضور معلمان معماری اروپایی در دارالفنون.

ج) ورود کالسکه و اتومبیل در سیستم حمل و نقل شهری (خسروی، ۱۳۷۷) و بین شهری که باعث به وجود آمدن سبک خاصی در معماری دوره ی قاجار به نام سبک معماری خیابانی شد.

د) حضور معماران روسی و ارمنی در ساخت و ساز ساختمان ها به سبک غربی (اعتصام، ۱۳۷۴، صص ۲۹۳ و ۲۹۲).

ب) معماری خیابانی

یکی از عواملی که قبل از دوره ی قاجار در ایران وجود نداشته و از دوران قاجار به بعد در معماری بنا های ایران دیده می شود، معماری خیابانی است.

منظور از معماری خیابانی، احداث خانه ها و مغازه ها در اطراف خیابان است که از دوره ی قاجار وارد معماری ایران گردیده است، و این بدین دلیل بود که معماری دوره ی قاجار مصادف بود با ورود اتومبیل به ایران. خیابان هایی که در این

ج) مروری بر انواع بنا ۱- مساجد

بحث در خصوصیات طرح، معماری و کیفیات فضایی مسجد در محدوده‌ی این گفتار نمی‌گنجد. تنها باید گفت که به لحاظ تاریخی انتظام فضایی مسجد در دوره‌ی صفویه (مانند مسجد شاه اصفهان) با دو گنبد پشت ایوان‌های شرقی و غربی و قرارگیری ورودی در پشت ایوان شمالی صورت تکمیل شده‌ی الگوی مسجد چهار ایوانی گنبد دار را عرضه می‌کند که قبلاً در مسجد عظیم بی بی خانم سمرقند سابقه داشته است؛ هر چند به لحاظ ظرافت اشکال و پختگی و زیبایی تناسبات در عین عظمت، مسجد جامع عباسی قابل مقایسه با بی بی خانم نیست (حاجی قاسمی، ۱۳۸۶، ص ۹۵). استفاده‌ی گشاده‌دستانه از رنگ و نقش و تحقق فضای رنگین کامل در این مسجد هم شواهدی در آثار دوره‌ی تیموری مانند مسجد گوهر شاد مشهد و مدرسه‌ی خرگرد خواب دارد، اما ترکیب مسجد و مدرسه (با اضافه شدن دو حیاط مدرسه به صورتی منسجم با طرح مسجد) در این بنا و نیز ایجاد شبستان‌های پر دهانه با ستون‌های سنگی در دو سوی گنبد خانه - که آن‌ها را همچون تالارهایی وسیع جلوه می‌دهد - هر دو ابداع جدیدی است که در دوره‌های بعد به خصوص دوره‌ی قاجاریه متداول می‌شود.

مساجد دوره‌ی قاجار از لحاظ طرح کلی، یعنی داشتن چهار ایوان، شبستان، گنبد، مناره، محراب، منبر و غیره برگرفته از معماری دوره‌های قبل و اصیل ایران می‌باشد؛ اما یکسری ویژگی‌هایی در سبک معماری مساجد دوره‌ی قاجار دیده می‌شود که باعث وجه تمایز آن از دیگر سبک‌های معماری دوره‌های مختلف می‌شود و آن وجود سه ورودی حجیم و مهم در وسط سه جبهه‌ی غربی، شرقی و شمالی بناست. چنین طرحی در مساجد دوره‌های قبل ایران وجود نداشته است؛ در حالی که نمونه‌هایی از این طرح، در مساجد هند دوره‌ی گورکانیان مشاهده می‌شود؛ همچنین وجود یک جبهه‌ی اصلی، جهت قبله، یک گنبد خانه و سه جبهه‌ی کم عمق تر است که این ویژگی نیز کمابیش در مساجد هند مانند مسجد جامع دهلی دیده می‌شود؛ این بیانگر رابطه‌ی دوره‌ی قاجار با هندوستان است که باعث تأثیر پذیری معماری مساجد ایران از مساجد هندوستان شده است، مانند مسجد امام تهران، مسجد سپهسالار و غیره (کیانی، ۱۳۶۶، ص ۱۰۱).

مناره‌های دوره‌ی قاجاریه عموماً کوتاه و باریک و از نظر قطر و ارتفاع در مقایسه با مناره‌های دوره‌ی صفویه تفاوت فاحشی دارند (کیانی، ۱۳۶۶، ص ۱۰۱). مناره‌ها همچنین دارای دهلیزهای فوقانی عمدتاً کاشیکاری شده و سر پوشیده با سر مناره‌های کوچک گنبدی هاله دار شدند.

معماران قاجار عملکرد غیر مذهبی مناره را با ازدیاد استفاده از آن برای تأکید بر ورودی‌های تزئینی بازاری (بزد) و شهری (قزوین) و کاخ‌ها (تهران) نشان دادند.

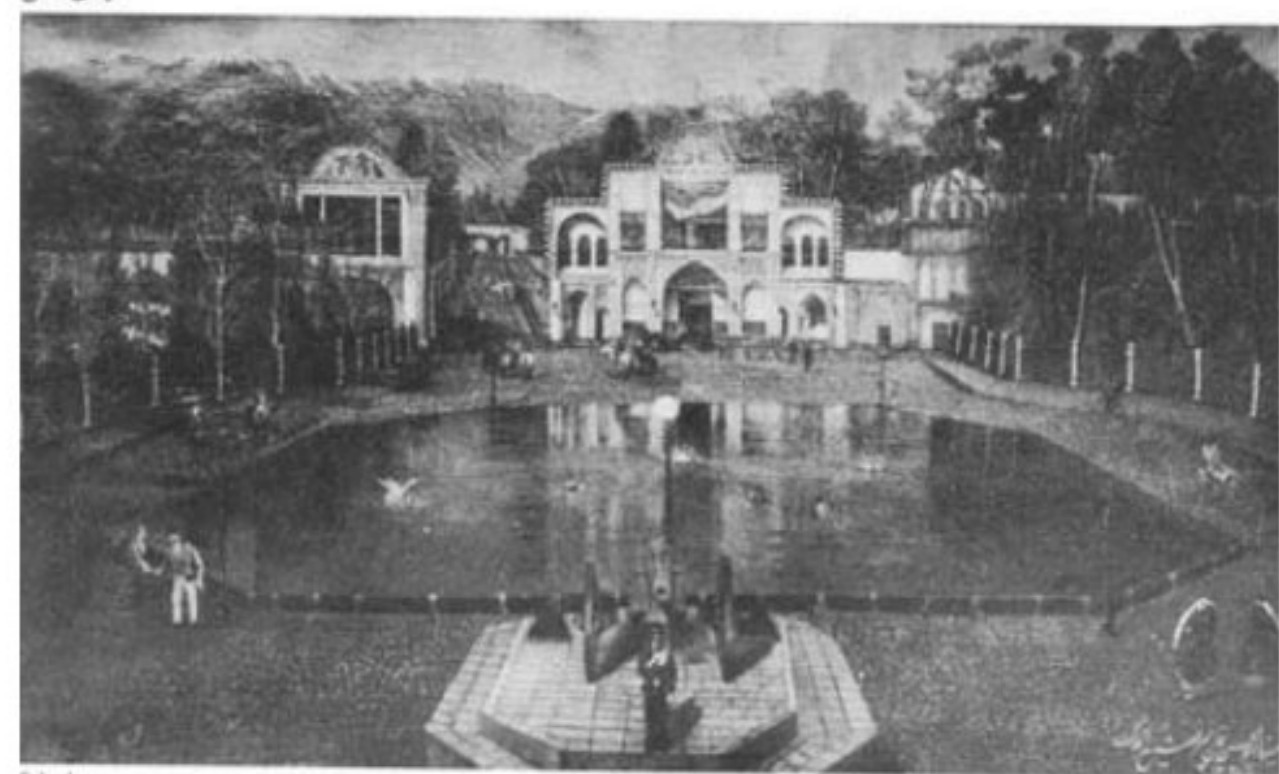
۲- مدارس

مدارس دوران قاجار به نوعی اوج و شکوه معماری مدارس را به

دوره جنبه‌ی عملکردی داشته‌اند عبارتند از بدنه‌هایی به ارتفاع ۲ تا ۳ طبقه که روی کرده به سمت خیابان‌اند، ردیف مغازه‌ها در طبقه‌ی همکف و ساختمان‌های مسکونی در طبقات بالا، حضور ویرین مغازه‌ها و تابلوی تبلیغاتی آنها، بالکن‌ها و پنجره‌های پیش آمده، قوس‌هایی که به صورت طاق نما در سر تا سر طول خیابان دیده می‌شوند، پیاده‌روها، جوی‌های کوچک و یک ردیف درخت و باغچه در حاشیه‌ی خیابان‌ها و در آخر حضور بعضی از عملکردهای عمده تر در جداره‌ی آنها با عقب نشینی و جلو آمدگی خود باعث شکل‌گیری نوعی از معماری مرسوم به معماری خیابانی شد (خسروی، ۱۳۷۷، ص ۱۳۴).

بدین ترتیب خانه‌ها به صورت خطی در کنار هم و در امتداد لبه‌ی خیابان ساخته شدند و نور بسیاری از این گونه ساختمان‌ها از خیابان تأمین می‌شد و تقریباً معماری خانه‌های قدیمی به خصوص شهرهای بزرگ از حالت درون‌گرایی به برون‌گرایی تمایل پیدا کرد.

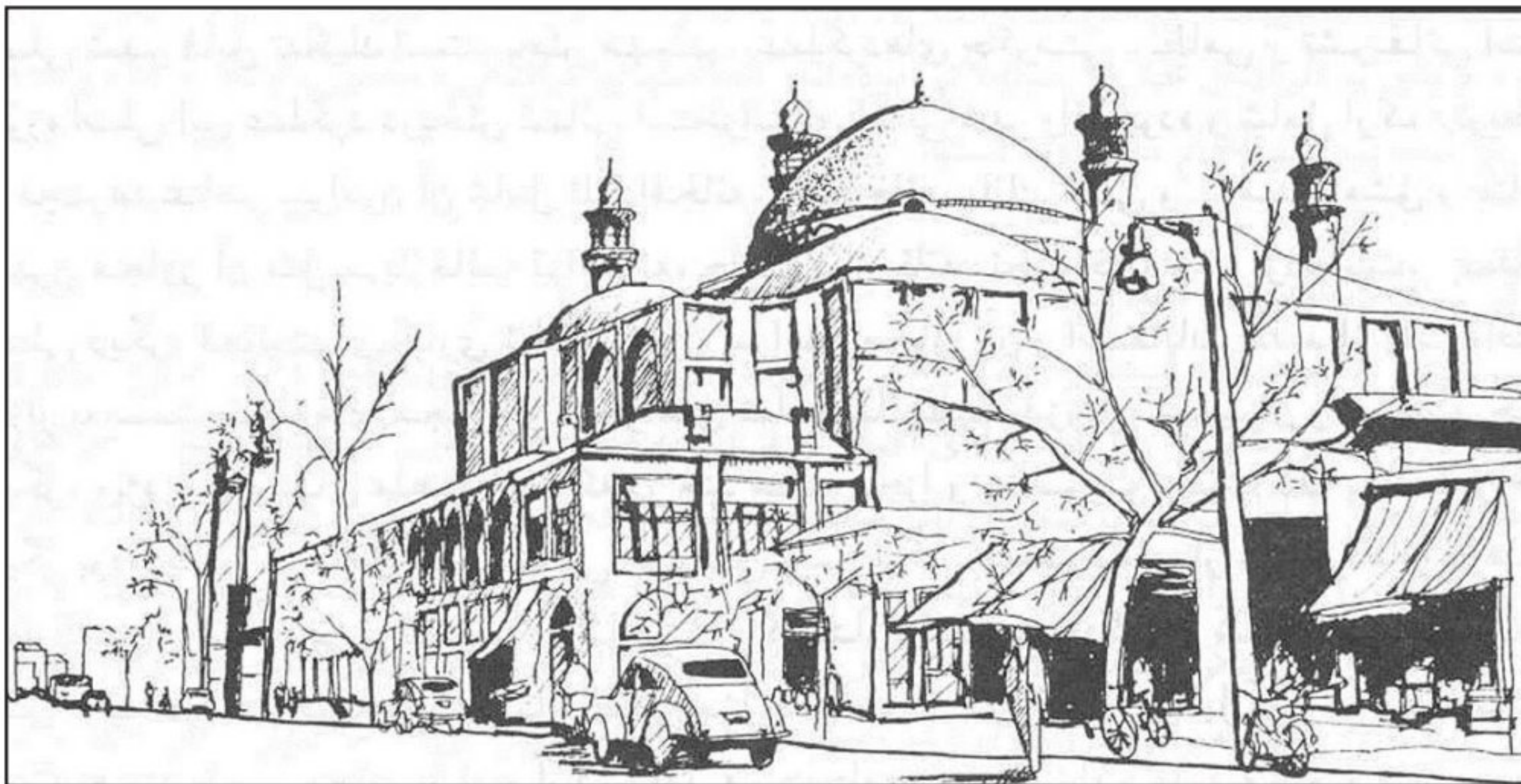
خیابان‌ها و بلوارها در دوره‌ی قاجار وام گرفته از سبک معماری اروپایی (فرانسوی) است؛ یکی از عناصری که خیابان به همراه خود آورد میدان است اما نه میدانی به سبک و شیوه‌ی معماری دوره‌ی صفویه که در میدان نقش جهان اصفهان دیده می‌شود، بلکه سوای آن و با تغییر و تحولات عمده در آن. از جمله‌ی این تغییر و تحولات، به جای عناصری مانند مسجد، بازار، کاخ حکومتی و مدرسه در میدان دوره‌ی صفویه، تلگراف خانه، پست خانه، بانک و عمارت نظمی در میدان دوره‌ی قاجار دیده می‌شود (خسروی، ۱۳۷۷، ص ۱۳۴). (تصویر ۱)



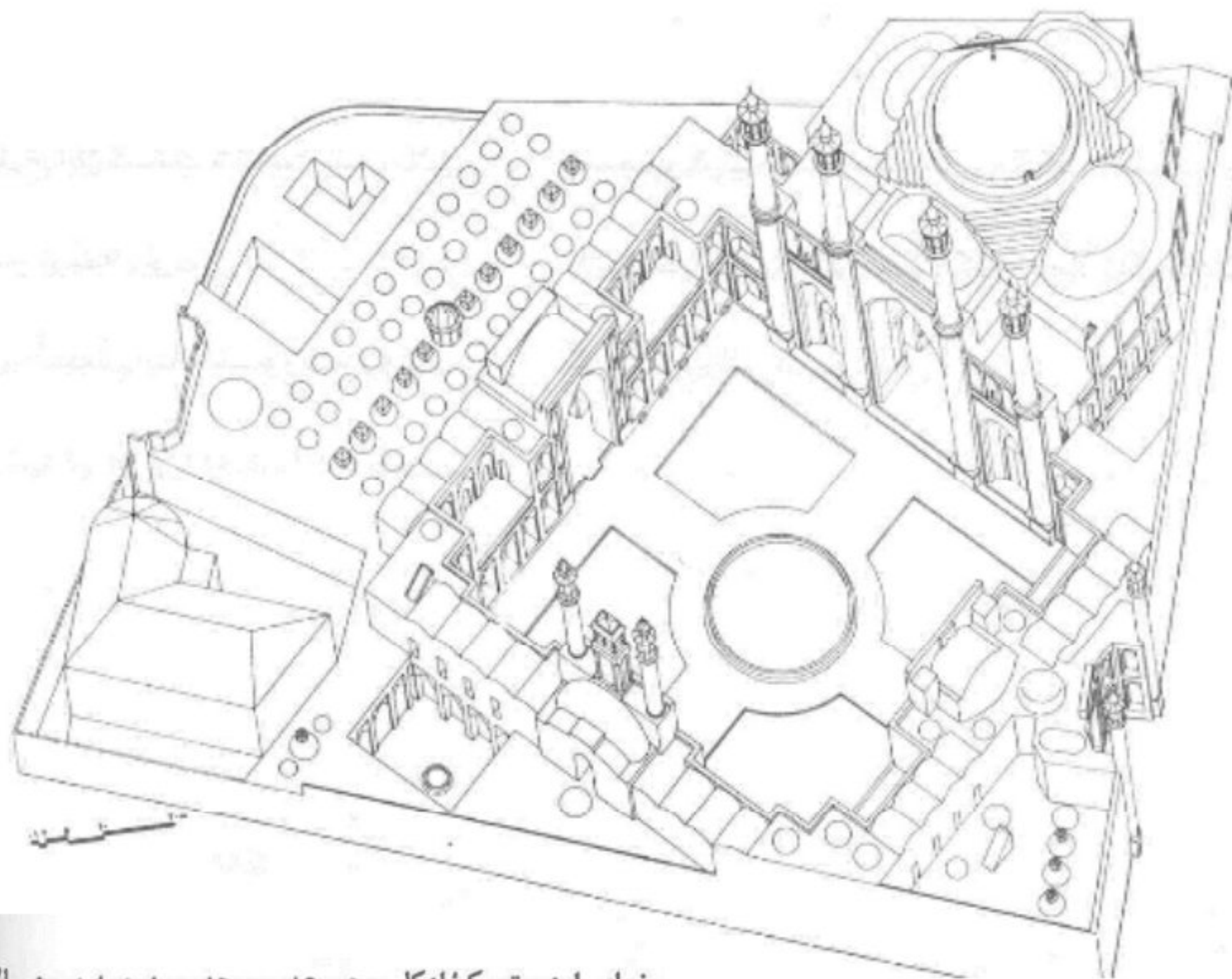
تصویر ۱: میدان ارگ

نمایش می‌گذارند، از جمله مدارس دوره ی قاجار مدرسه ی سپهسالار است (تصویر ۲ و ۳) که نمونه ی کاملی از معماری مدارس دوران قاجار و قرن سیزدهم هجری قمری است (بزرگ نیا، ۱۳۸۳، ص ۳۷).

در این مدرسه حیاط های کوچک هشت ضلعی در کنج صحن، مشکل شکل قدیمی گوشه های حیاط را به زیبایی حل کرده است. در میان صحن، به جای حوض، نهري مستقیم جاری است که در دو سوی آن سکوهایی برای نشستن طلاب ساخته شده است. پوشیده شدن بقیه ی سطح حیاط با انواع درختان و گیاهان، صورتی باغ مانند و با طراوت و مصفا به حیاط بخشیده است. نکته ی دیگر ترکیب آگاهانه ی مصالح متعدد یعنی کاشی، گچ، سنگ مرمر و چوب با نقوش و رنگ های گوناگون در نماهای صحن است که چهره ای صمیمی و با نشاط به آن ها بخشیده است. البته این ترکیب مصالح در نما های مدارس دوره ی صفویه، همچون مدرسه ی چهار باغ اصفهان نیز دیده می شود.



تصویر ۲: مسجد - مدرسه ی سپهسالار



تصویر ۳: مسجد - مدرسه ی سپهسالار

- نمای ایزومتریک از کل مجموعه مسجد - مدرسه سپهسالار

۳- باغ ها

از جمله پل های ساخته شده در دوران قاجار عبارتند از: پل های باقر آباد ورامین، پل نیو اردبیل، پل های وینار و مزرعه ی تبریز، پل ساروق تکاب و پل خاتون خوی و غیره.

۵- گرمابه ها

ساخت حمام (گرمابه) در معماری ایران دارای سابقه ای چندین هزار ساله است و قدمت آن طبق حفاری های باستان شناسی صورت-گرفته در تخت جمشید به دوره ی هخامنشی می رسد و این روند در دوره ی اسلامی ادامه پیدا کرده و تا اواخر دوره ی قاجار و حتی حال حاضر ما شاهد ساخت گرمابه هایی به سبک و شیوه ی سنتی در معماری ایران هستیم.

دوره ی اوج و رونق معماری حمام ها مربوط به دوره ی صفویه است، از جمله می توان به حمام گنجعلی خان و حمام خسرو آقا اشاره کرد. در دوره ی قاجار نیز حمام های باشکوهی ساخته شده است، از جمله حمام ابراهیم خان را می توان نام برد؛ در باب چگونگی طرح و معماری این گرمابه ها ابن اخوه آورده است: بدان که اثر طبیعی گرمابه، گرم شدن به وسیله ی هوای آن و خیس شدن به وسیله ی آب آن است؛ سرای اول خشک کننده و خیس کننده و سرای دوم گرم و نرم کننده و سرانجام سرای سوم گرم و خشک کننده است (ساریخانی، ۱۳۸۲، ص ۱۲۸).

محل نظافت خانه از دوره ی صفویه به بعد وارد گرمخانه شده است و قبل از دوره ی صفویه محل نظافت خانه در میان در بوده است (ساریخانی، ۱۳۸۲، ص ۱۳۳).

جام خانه نیز در گرمابه ها عنصری بوده برای تأمین نور گرمابه از طریق سقف، این عنصر از ویژگی های عمده ی معماری دوره ی قاجار است.

طرح کلی گرمابه ها در سراسر ایران یکسان بوده و تنها تفاوتی که گرمابه های اقلیم سرد با گرمابه های اقلیم گرم داشته اند در عمق آنهاست که در اقلیم سرد به علت سردی هوا، عمق گرمابه بیشتر است (ساریخانی، ۱۳۸۲، ص ۱۳۴).

معماری حمام ها در دوره ی قاجار به طور کلی ادامه ی معماری گرمابه های دوره ی صفوی است.

۶- بازارها

ساخت بازار در معماری ایران دارای سابقه ی چند هزار ساله است و طبق منابع مکتوب، قدمت ساخت بازار به قبل از اسلام می رسد؛ حتی خود واژه ی بازار یا (وازار) یا (واکار) ریشه ی زبان پهلوی دارد؛ اما بیشترین آثار معماری که از بازار ها در معماری ایران باقی مانده مربوط به دوره ی صفویه و قاجاریه است که سنت و سبک معماری بازار های دوره ی قاجار ادامه ی سبک و شیوه ی معماری دوره ی صفوی است و تنها نوآوری آن را می توان در ساخت تیمچه و جام خانه دانست.

از بناهای مرتبط با بازار های متعلق به دوره ی صفوی همچون کاروانسراهای درون شهری و سراها، که معماری مجموعه ی بازار ها با آن ها تکمیل می شود، تنها تعداد محدودی باقی مانده و بقیه در

قدمت ساخت باغ در معماری ایران به دوره های قبل از اسلام (باغ های پاسارگاد) می رسد و دستیابی به نظم حاکم بر باغ ایرانی همراه با شکل گیری فرهنگ ایرانی حاصل شده است، گرچه این نظم نیز مبتنی بر دیدگاه های دین زرتشت و دین اسلام و سپس فرهنگ ایرانی بوده است؛ به هر حال سنت باغ سازی در معماری ایران تا اواخر دوره ی قاجار و حتی در زمان حال حاضر در قالب طرح ها، شکل ها و اشل های جدید ادامه داشته است و دارد؛ گرچه سنت باغ سازی در اواسط دوره ی قاجار به خصوص دوره ی حکومت ناصرالدین شاه قاجار، تحت تأثیر معماری فرنگ (غربی) قرار گرفته است و طراح اکثر باغ های (پارک های) ایرانی، ایتالیایی ها بوده اند؛ اما در کنار این عامل، استفاده از تجربه ی ساخت باغ های ایرانی توسط مهندسين داخلی نیز بی تأثیر نبوده است.

سنت باغ سازی ایران تا اواخر دوره ی قاجار ادامه داشت، اما از آن دوره به بعد، فضای سبز موجود در شهر ها به دلیل عدم توجه در بهره گیری از این سنت نیکو (رعایت اصول باغ سازی ایرانی) و روی آوردن به تقلید از غرب و احداث پارک های بی ثمر و کم درخت از ایجاد سایه بر سر شهر نشینان عاجز هستند چه رسد به تصفیه ی هوا و کاهش آلودگی (دیبا، ۱۳۷۴، ص ۳۸).

در این قسمت به باغ فین کاشان هم اشاره ای می کنیم. فین باغی بسیار قدیمی است که صفویان در حفظ، احیا و تکمیل و بازسازی آن نقش عمده داشته اند. کوشک میانی این باغ را از بنا های دوره ی شاه عباس اول می دانند. این باغ یکی از معدود باغ های تاریخ ماست که تا امروز به حیات خود ادامه داده و خصوصیات کامل یک باغ ایرانی را در آن می توان لمس و ادراک کرد.

وجود درخت های بلند چنار برای ایجاد سایه از ویژگی های باغ های ایرانی دوره ی صفویه است که در معماری باغ سازی دوره ی قاجار نیز دیده می شود.

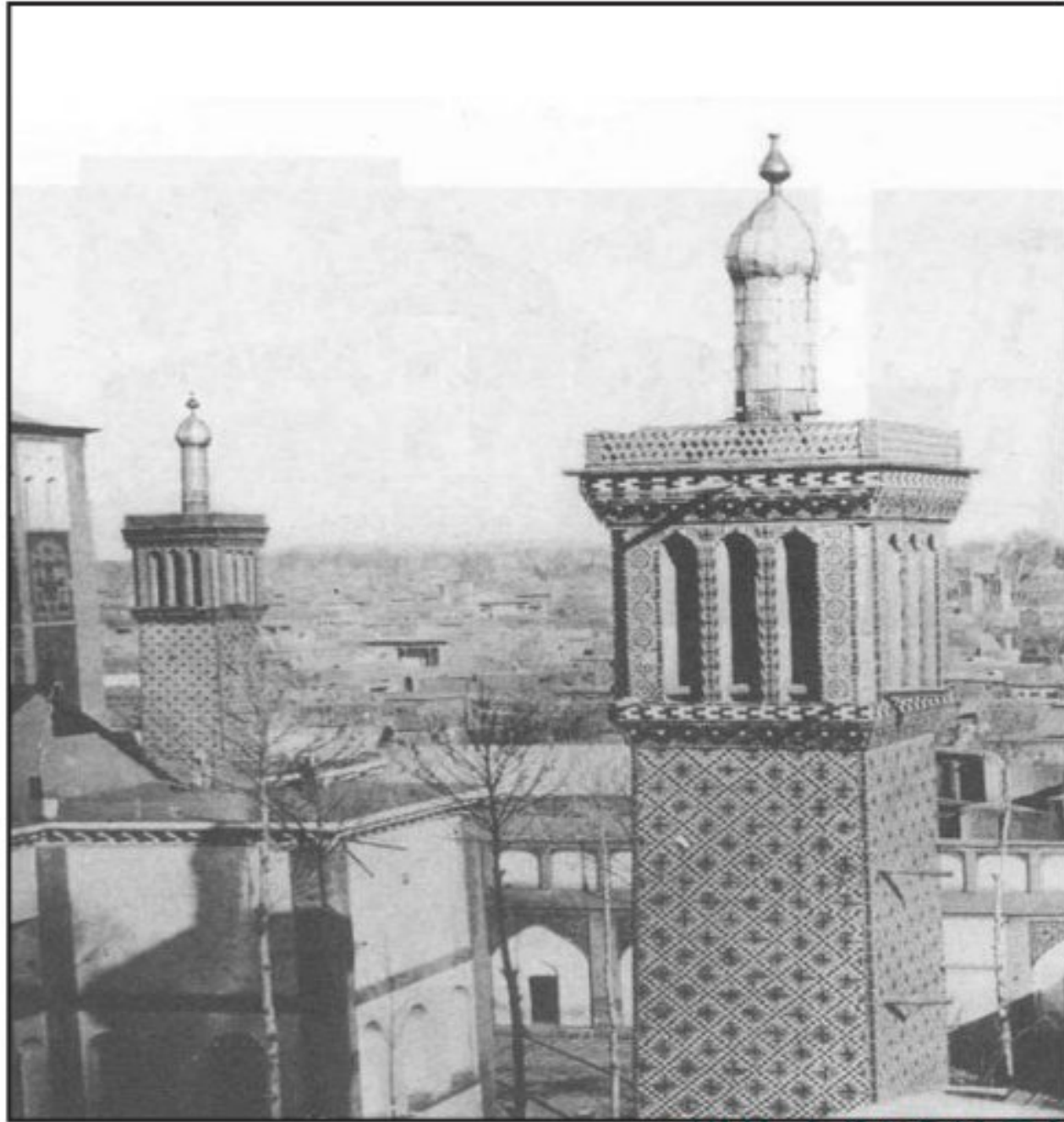
حوض ها و استخرهای سنگی قبل از دوره ی قاجار مستطیل شکل می باشد و کاربرد حوض های بیضوی شکل در باغ های ایران را برای اولین بار در دوره ی قاجار می بینیم.

نکته ای که در مورد باغ های ایرانی در دوره ی مختلف تاریخی به خصوص دوره ی قاجار رعایت شده، پرهیز از بیهودگی و درون گرا بودن باغ هاست که از ویژگی های مهم باغ های ایرانی است. رواج حوض بیضی شکل نیز خاص دوره ی قاجار و تحت تأثیر معماری غرب است (ساریخانی، ۱۳۸۲، ص ۱۹۱).

۴- پل ها

پل های ساخته شده در دوره ی قاجار از لحاظ طرح و سبک کلی به خصوص در به کار گیری دهانه ی طاق های ضربی، آب برها (موج-شکن) و کانوها از معماری پل های دوره ی صفوی تأثیر پذیرفته است. ولی از لحاظ زیبایی، ظرافت، تزیینات و استحکام به کار رفته در پل های دوره ی قاجار به پل های دوره ی صفویه نمی رسد، چرا که اوج هنر پل سازی ایران در دوره ی صفویه است که اوج آن را می توان در پل خواجو و سی و سه پل دانست (ساریخانی، ۱۳۸۲، ص ۱۹۲).

بسیار ساده و فقط شامل یک دهانه ی هواکش (باد و هوا را از این دهانه به داخل هدایت می کرده است) مزین به کاشی کاری های زیبا بوده است، سپس مراحل کمال را پیموده اند و صورت تکامل یافته ی آنها دو طبقه و چهار جهت دارای هشت دهانه ی هواکش بوده و بادگیرهای دوره ی قاجاریه در تهران، یزد، ابرقو، کاشان، طبس، سمنان و دامغان مشاهده می شود
(نصیری انصاری، ۱۳۵۰، ص ۲۷۳). (تصویر ۴)



پنجره ی ارسی

نوعی پنجره ی مشبک که به صورت عمودی باز و بسته می شده و کارکردهای متفاوتی داشته و محل استفاده از این پنجره ها در فضاهای درونی در بالاخانه ها و اتاق های گوشوار واقع در یک یا دو سوی تالارهای بزرگ و مرتفع بوده است؛ از پنجره های ارسی همچنین در جبهه ای از خانه که به سمت گذرگاه عمومی بوده استفاده می کردند. سطح پنجره های ارسی را با استفاده از انواع نقش های گوناگون گره سازی و شیشه ی رنگی و ساده می آراستند (سلطان زاده، ۱۳۷۵، ص ۳۰).

روزن های بالای درها و پنجره های ارسی دوره ی قاجار به شکل قوس و هلال بودند و بسیاری از روزن ها نیز به شکل دایره و بیضی درآمدند و در تزیینات پنجره های ارسی دوره ی قاجار بیشتر از قواره کاری استفاده شده است و تفاوت آن با پنجره های ارسی دوره ی صفویه در این است که روزن های بالای درها و پنجره های دوره ی صفویه به شکل مربع یا مستطیل و یا قوس جناغی بوده و در تزیینات آن بیشتر گره سازی مورد توجه بوده است؛ در صورتی که روزن های بالای درها و پنجره های ارسی دوره ی قاجار به شکل قوس و هلال بودند و تزیینات آن قواره کاری بوده است (ساریخانی، ۱۳۸۲، ص ۶۰).

۳- سنتوری

قدمت ساخت سنتوری در معماری، به ۷۰۰ ق.م در معماری معابد

طول ایام یا تخریب یا به صورت جدیدی بازسازی شده است. در دوره ی اخیر (از اوایل دوره ی پهلوی به بعد) به جهت پیشرفت ها و تغییر و تحولات اقتصادی و اجتماعی، بازارهای سنتی توان تطابق با تحولات جدید را نداشته و کارآیی خود را تا حدودی از دست داد و بدین ترتیب ساخت بازار به شیوه ی سنتی متوقف شد (ملازاده، ۱۳۷۹، ص ۵). از مهمترین علل توقف آن را می توان ورود خیابان و بلوار در اواسط و اواخر دوره ی قاجاریه به معماری ایران دانست. از دیگر ساخت و سازهایی که در دوره ی قاجار صورت گرفته؛ معماری قهوه خانه ها، یخچال ها و تیمچه های موجود در بازار (مانند تیمچه ی امین الدوله ی کاشان) و ستون های به کار برده شده در این دوره است.

۷- قهوه خانه ها

قهوه خانه نخستین بار در شهر قزوین در زمان سلطنت شاه طهماسب صفوی (۹۳۰ تا ۹۸۴ ق.) ایجاد شد و بعد در دوره ی شاه عباس اول (۹۹۶ تا ۱۰۳۸ ق.) در شهر اصفهان توسعه یافت و معماری قهوه خانه های دوره ی قاجار ادامه ی سبک معماری دوره ی صفوی است. در این دوره به خصوص از زمان پادشاهی ناصرالدین شاه قاجار به این سو، شیوه ی قهوه چی گری و قهوه خانه داری در شهرهای بزرگ از جمله تهران رواج یافت (ساریخانی، ۱۳۸۲، ص ۶۰).

۸- یخچال ها

معماری یخچال و ساخت و ساز آن با توجه به مدارک موجود از دوره ی صفویه گزارش شده است و اگر قبل از آن هم بنایی احداث شده، اثری از آن باقی نمانده است. به هر حال قدیمی ترین یخچال های باقیمانده، مربوط به دوره ی صفوی است و در دوره ی قاجار در سطح گسترده ای رواج پیدا کرده است.

یخچال های قاجاری نیز از لحاظ طرح و پلان و سایر اجزا از جمله دیوار سایه انداز، مخزن یخ، حوضچه های تهیه ی یخ، دو ورودی کوتاه و کم ارتفاع، گودال یخ، مجراهایی برای خروج آب های اضافی و همچنین هدایت آن به چاهی در کنار مخزن یخ ادامه ی معماری دوره ی صفویه است و بدون هیچ گونه دخل و تصرفی در آن در دوره ی قاجار مورد تقلید قرار گرفت.

تنها مشخصه ای که موجب وجه تمایز یخچال های قاجاری از صفوی شده است، در به کار بردن مصالح ساختمانی به خصوص در ابعاد آجرها و خشت های به کار رفته در آنهاست (مخلصی، ۱۳۷۴).

د) عناصر معماری رایج در دوران قاجار

در این جا به معرفی سه عنصر وابسته به معماری که از مشخصه های معماری دوره ی قاجار است می پردازیم:

۱- بادگیر

یکی از عناصر معماری ایران بادگیر است که ساخت آن در دوره ی قاجار متداول بوده است. بادگیر را معمولاً بر بالای آب انبارها، کاخ ها (کاخ گلستان) و خانه های مسکونی برای تهویه ی هوا و خنک نمودن مکان مورد نظر احداث می کردند. این عنصر معماری در ابتدا

کلام آخر

معماری قاجار ادامه دهنده‌ی معماری دوران‌های پیش به خصوص صفویه است. در بسیاری موارد به علت ورود عناصری مانند خیابان و میدان به ایران و همچنین سفر به اروپا و... تغییراتی در معماری قاجار رخ می‌دهد و معماری در این دوران نسبت به این عناصر شکل می‌گیرد.

در این دوران به دلیل ورود عناصر جدید مانند میدان (به معنای امروزی) و خیابان به عرصه‌ی معماری، در معماری ایران تغییراتی رخ می‌دهد و معماری جدیدی به نام معماری خیابانی شکل می‌گیرد. همچنین معماری در دوران قاجار در بناهای مختلف مانند: پل، گرمابه، مسجد، مدرسه و غیره، ادامه‌ی معماری دوره‌های پیشین به خصوص صفویه است و البته دارای تغییرات و عناصری می‌باشد که مختص دوره‌ی قاجار است.

منابع

۱. اعتصام، ایرج. (۱۳۷۴): «بررسی معماری و شهرسازی معاصر ایران با اروپا»؛ مجموعه مقالات کنگره‌ی تاریخ معماری و شهرسازی ارگ بم؛ تهران: سازمان میراث فرهنگی
۲. بزرگ نیا، زهره. (۱۳۸۳): «معماران ایران از آغاز دوره‌ی اسلام تا پایان دوره‌ی قاجار»؛ سازمان میراث فرهنگی
۳. جوادی، آسیه. (۱۳۶۳): «معماری ایران»؛ جلد اول، چاپ اول، انتشارات مجرد
۴. حاجی قاسمی، کامبیز. (بهار و تابستان ۱۳۸۶): «چشم انداز معماری دوره‌ی صفوی در ایران»؛ صفه؛ شماره‌ی چهل و چهارم
۵. خسروی، محمد باقر. (۱۳۷۷): «معماری ایران در دوره‌ی قاجار»؛ فصل نامه هنر، تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات هنری، شماره ۳۶
۶. «دانش نامه ایران و اسلام»؛ (۱۳۱۶)، جلد اول، تهران: بنگاه ترجمه و نشر کتاب
۷. دیبا، داراب - انصاری، مجتبی. (۱۳۷۴): «باغ ایرانی»؛ مجموعه مقالات کنگره‌ی تاریخ معماری و شهرسازی ارگ بم - کرمان، به کوشش باقر شیرازی، ج. ۲، تهران: میراث فرهنگی
۸. ساریخانی، مجید. (۱۳۸۲): «بررسی باستان شناسی، معماری و شهرسازی شهرستان ملایر در دوره‌ی قاجار»؛ چاپ اول؛ نشر علم گستر
۹. سعیدیان، عبدالحسین. (۱۳۷۲): «سرزمین مردم ایران»؛ تهران: عبدالحسین سعیدیان
۱۰. سلطان زاده، حسین. (۱۳۷۵): «معماری کلاسیک»؛ چاپ اول، تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی
۱۱. کنبی، شیلا. (۱۳۸۵): «هنر و معماری صفویه»؛ ترجمه‌ی مزدا موحد، انتشارات فرهنگستان هنر
۱۲. کیانی، محسن. (۱۳۷۹): «بررسی مواد و مصالح در نقاشی قاجار»؛ پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد رشته‌ی نقاشی، تهران: دانشگاه تربیت

یونانی می‌رسد؛ استفاده از سنتوری قبل از دوره‌ی قاجار در معماری ایران معمول نبوده است و در دوره‌ی قاجار به علت روابط با غرب از معماری کلاسیک اروپا به معماری ایران راه یافته است، و یکی از مشخصه‌های معماری قاجار است. سنتوری‌ها الزاماً مثلثی شکل نیستند؛ آن‌ها می‌توانند در بالا، طاقی قوسی شکل داشته باشند؛ اهمیت سنتوری در معماری در این است که معمولاً بر روی سنتوری، فضای باز و گشاده‌ای به وجود می‌آید تا موضوع خاصی را در خود جای دهند (سلطان زاده، ۱۳۷۵، ص ۱۶۳).

یکی دیگر از عناصری که در معماری دوره‌ی قاجار رواج یافت، جام خانه است.

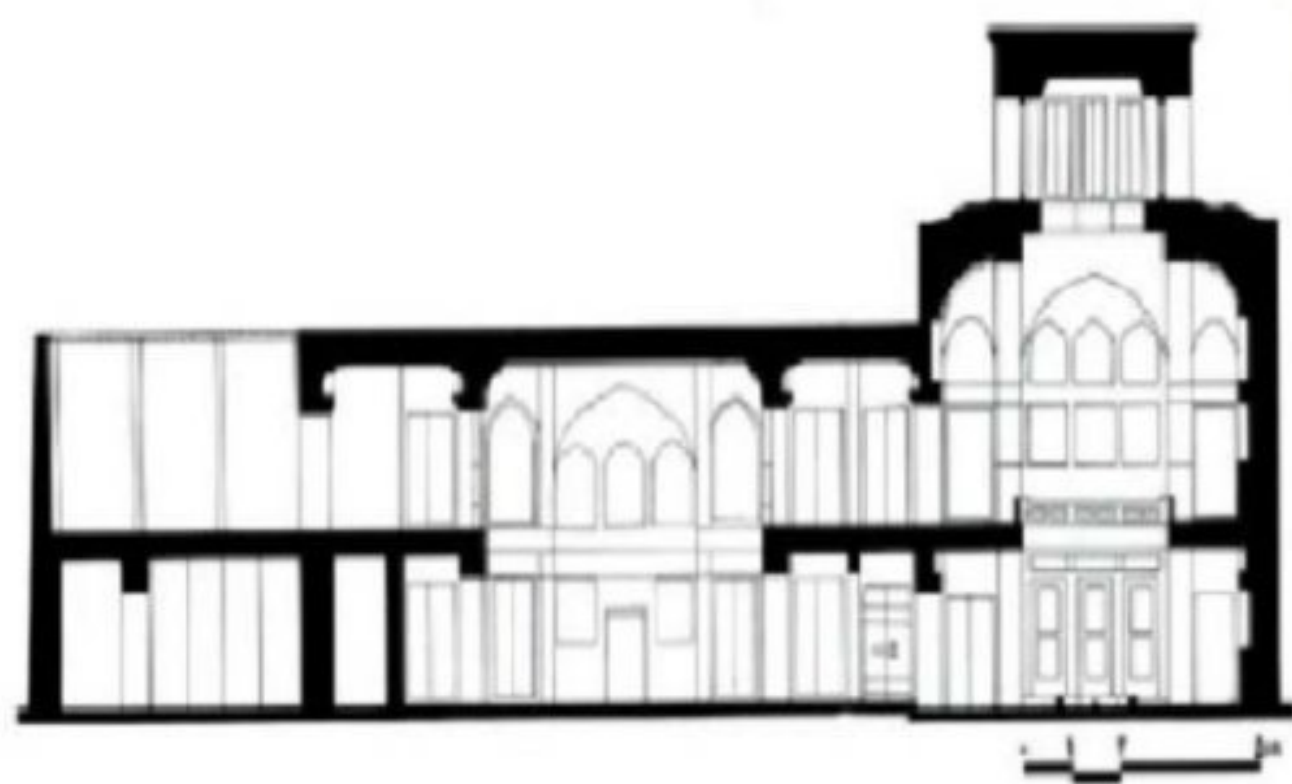
۴- جام خانه

جام خانه در واقع نوعی پنجره است که بر فراز برخی از پوشش‌های گنبدی به ویژه حمام‌ها و برخی دیگر از انواع بناها مورد استفاده قرار می‌گیرد. جام خانه معمولاً از یک سطح سفالین کروی شکل یا به شکل دیگر، تشکیل شده که تعدادی حفره‌ی مدور در آن ایجاد می‌شد؛ از جام خانه بیشتر در فضاهایی استفاده می‌کردند که با برداشتن تعدادی از جام‌ها در فصل‌های مختلف بتوانند حرارت یا رطوبت فضا را به اندازه‌ی مطلوب برسانند (سلطان زاده، ۱۳۷۵، ص ۳۱).

۵- حوض خانه

در اواخر دوره‌ی قاجار استفاده‌ی جدیدی از این فضاها شد و با ایجاد نورگیر سقفی، فضای جدیدی خلق شد که فضای زندگی بسیار مطلوبی بوده است.

معمولاً حوض خانه با تزیینات و نظم خاص حالتی منشوری دارد که مرتفع تر از بقیه‌ی ساختمان است و در رأس آن نورگیرهایی قرار دارد که نور را به داخل منشور هدایت می‌کند و با پوشش‌های مخصوص چوبی مقدار نور قابل کنترل است. این فضا به علت دارا بودن نور کافی، تهویه‌ی خوب و رطوبت و به علت وجود حوض کوچک آب که در مرکز آن در همکف ایجاد شده محل بسیار دلپذیر و آسوده‌ای برای تمام فصل‌ها به خصوص فصل تابستان است. (تصویر ۵)



تصویر ۵: حوض خانه، خانه‌ی حاج مصور الملکی (گنجنامه، خانه‌های اصفهان، ۱۳۷۷)

مدرس (چاپ نشده)

۱۳. کیانی، محمد یوسف. (۱۳۶۶)؛ «معماری ایران در دوره ی اسلامی»؛ تهران: جهاد دانشگاهی

۱۴. مختاری اصفهانی، رضا- اسماعیلی، علی رضا. (۱۳۸۵)؛ «هنر اصفهان از نگاه سیاحان از صفویه تا قاجار»؛ چاپ اول، انتشارات فرهنگستان هنر

۱۵. مخلصی، محمد علی. (۱۳۷۴)؛ «یخچال های قدیمی: شاهکارهای معماری از یاد رفته»؛ مجموعه مقالات کنگره ی تاریخ معماری و شهرسازی ارگ بم- کرمان، به کوشش باقر شیرازی، ج. ۲، تهران: میراث فرهنگی

۱۶. ملازاده، کاظم. (۱۳۷۹)؛ «بناهای عام المنفعه: دایره المعارف بناهای تاریخی ایران دوره ی اسلامی»؛ تهران: سازمان تبلیغات اسلامی، حوزه ی هنری

۱۷. نصیری انصاری، محمود. (۱۳۵۰)؛ «سیری در معماری ایران»؛ تهران: هنر سرای عالی تهران



ت. ۱: پایه‌ی روشنائی با پایه‌ی جانورسان برنزی، ارتفاع ۸۰ سانتی متر،
بیشترین قطر آن ۲۶ سانتیمتر، مربوط به قرن ۷ هجری، خراسان (pourh-
vadi, 2001, Vol: 3)

فلزکاری سلجوقی هنری اسلامی باهویت ایرانی

مهدی رازانی*، حمیدرضا بخشنده فرد**، اصغر توکلی***
*دانشجوی کارشناسی ارشد مرمت آثار تاریخی و فرهنگی،
دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان yahoo.com@mehdi_razani
**هئیت علمی گروه مرمت دانشگاه هنر اصفهان، دانشکده مرمت

چکیده

نقش ترکان سلجوقی در تاریخ هنر ایران به نحوی سامان یافته که اغلب تاریخ دانان و متخصصین هنر، عصر حکومت آنان را اوج هنرهای اسلامی ایران در طول چهارده قرن گذشته دانسته اند. اگرچه گستره‌ی امپراطوری سلجوقی از چین تا اندلس را در بر گرفته بود، اما به سبب زندگی پیشین کوچ رویشان هنر قابل ملاحظه‌ای نداشته اند. در همین راستا مرکزیت فرهنگی ایران در آن عصر باعث شد کلیه خط مشی های هنری خود را از ایران گرفته و با حمایت های خود آثار بسیاری در غالب معماری، صنایع مستظرفه و... تولید و به سر حد کمال برسانند. از جمله هنرهایی که در این دوره توانسته شکوفایی عصر فرهنگی دوره‌ی سلجوقی را در هنر ایران به نحو شایسته‌ای در خود جای دهد، فلزکاری بوده است. در این دوره فلزکاری با قالب ایرانی-اسلامی اش در شهرهایی مانند هرات، مرو، ایالات خراسان قدیم و همچنین، اصفهان به اوج خود رسید. به نحوی که شکوه آن را در مکتب فلزکاری خراسان می توان بررسی نمود. در این نوشته به بررسی ویژگی های هنری فلزکاری عصر سلجوقی، فلزات مورد استفاده، روش های متداول تزئین اشیاء فلزی و بررسی و تقسیم بندی گستره‌ی نقوش به کار رفته در آن پرداخته شده است.

کلید واژگان: اسلام، هنر فلزکاری، سلجوقی، مکتب خراسان، اشیاء فلزی

مقدمه

ظهور اسلام، هنر و صنایع هنری را دچار تغییر و تحول عمده‌ای کرد و تقریباً کلیه‌ی قالب های هنری گذشته را خصوصاً در ایران دگرگون ساخت. در دوره‌ی اسلامی، صنایع هنری از اختصاصی بودن به دربار بیرون آمده و غالباً در خدمت پیشبرد اهداف دینی قرار گرفت. در عین حال اشیاء هنری و صنعتی به گونه‌ای ساخته می شدند که با روح معنوی دین اسلام سازگاری داشته باشند. فلزکاری با پیشینه‌ی خود در قبل از اسلام بسیار فاصله گرفت و در طول چند سده، تغییرات بسیار عمده‌ی کرد. این دگرگونی ها را می توان در ساخت ظروف و آلات جدید، ابداع فرم های نو و بی سابقه، تغییر و گسترش فلزهای مورد استفاده، نوع تکنیک کار و استفاده از عنصر جدید خط عربی به عنوان نوعی تزئین در اشیاء فلزی مورد بررسی قرار داد.

هنر فلزکاری ایران در طول دوره های ظهور و فرود حکومت های پادشاهی به مسیر خود ادامه داده و در بعضی دوره ها دچار تحولات عمده‌ای شده است که از آن جمله می توان به دوران حکومت سلجوقیان ترک اشاره کرد. این قوم با آن که از طوایف چادرنشین بودند و هنر شاخصی از خود نداشتند، با حمایت از هنرمندان و صنعت گران که در موارد بسیاری

جنبه‌ی سیاسی داشت، باعث باروری شیوه‌ی مستقلى در هنر ایران گشتند که امروزه به مکتب سلجوقی معروف است. در میان تمام جنبه های هنری مکتب سلجوقی، فلزکاری آن چنان شاخص است که بسیاری از هنرشناسان آن را اوج فلزکاری در تمام دوران های هنر اسلامی ایران می دانند. از این دوره است که سبک و شیوه‌ی خاص فلزکاری اسلامی که برگرفته از سنت های گذشته، آمیخته با روح دین اسلام است شیوه‌ی مستقل و ویژگی های اختصاصی خود را می یابد.

اگرچه آثار زیادی از فلزکاری سلجوقی ایران به دست آمده ولی هنوز راجع به این صنعت تحقیق جامعی صورت نگرفته است. اما باید در نظر داشت که مطالعات هنر اسلامی نیز در میان مطالعات سایر دوره های تاریخ هنر سابقه‌ی زیادی ندارد. «بر همین منوال، هنر دوره‌ی سلجوقی نیز به طور جدی نمی توانسته مورد پژوهش قرار گیرد. هم چنین کاوش های غیر قانونی یک صد سال اخیر در ایران که نظیری در سایر کشورهای جهان اسلام ندارد، (را نی توان در نظر نگرفت به نحوی که) تصویر نامتعارف و تحریف شده‌ای به خصوص در زمینه‌ی فلزکاری ارائه داده است» (بازوت و دیگران، ۱۳۸۰، ص ۱۵۹). این تصویر نامتعارف امروزه با آثار جعلی که از فلزکاری سلجوقی هر روز بیش از پیش تولید می شوند، مخدوش تر شده است. در همین راستا جای مطالعاتی روش مند در سبک شناسی و فن شناسی آثار فلزکاری سلجوقی

در میان مطالعات تاریخ هنر و صنایع هنری ایران ضروری به نظر می رسد. در این نوشته که مقدمه ای بر هنر فلزکاری سلجوقی است، به بخش مطالعات سبک شناسانه ی هنر فلزکاری سلجوقی پرداخته شده است.

سلجوقیان، حامیان هنرهای باشکوه

«سلجوقیان در اصل از طوایف چادر نشین و صحراگرد ترکمن از نواحی قرقیز در آسیای مرکزی بودند که در اوایل سده ی پنجم ه.ق با تصرف قسمت اعظمی از ماوراءالنهر حکومت خود را پایه گذاری نمودند و در طی چند دهه تمامی نواحی تحت اشغال غزنویان در خراسان قدیم را ضمیمه ی تصرفات خود کردند. با ادامه ی پیشروی ها در منطقه ای وسیع، بالاخره طغرل بیک در سال ۴۴۷ ه.ق، بغداد را تصرف کرد و به صورت رسمی، امپراتوری سلجوقیان را پایه گذاری نمود» (هیلن براند، ۱۳۸۶، ص ۸۵). «روی کار آمدن سلجوقیان به پایتختی ایران چهار رویکرد اساسی در پی داشت که توسعه ی هنرها را نیز تحت تأثیر قرار داد:

- ۱- تعادل موازنه بین گروه های نژادی و زبانی
- ۲- تجزیه ی قدرت سیاسی در چهار چوب خلافت عباسی
- ۳- تجدید حیات تسنن و تهدید تشیع و شکوفایی تصوف
- ۴- توسعه و گسترش زبان فارسی و آداب و سنت های ایرانی» (بازوت، همان، ص ۱۱).

سلاجقه بعد از به قدرت رسیدن و گسترش فرمانروایی خود، از آسیای مرکزی تا مصر باعث نوعی نوزایی و رنسانس علمی-هنری در جهان اسلام و خصوصاً ایران شدند. در این زمان فضای علمی، سیاسی و فرهنگی ایران با ظهور شخصیت های نادره ای همچون خواجه نظام الملک در سیاست و کشورداری، حکیم عمر خیام، خاقانی، نظامی گنجوی و... در ادبیات، محمدحسن صباح فیلسوف دانشمند و مبارز، ناصر خسرو قبادیانی، امام محمد غزالی و... بستری مناسب برای رشد و تعالی علمی، فرهنگی، هنری فراهم شده بود.

فضای فرهنگی جامعه، باعث گردید تا سلاطین و ثروتمندان همواره حامی و پشتیبان هنرمندان و صنعت گران باشند. این حمایت های گسترده در بیشتر موارد اهداف سیاسی به دنبال داشت اما موجب ظهور سبک و شیوه ی خاصی در هنرها و صنایع شد، که بعدها محققین هنر اسلامی آن را مکتب سلجوقی نام نهادند. مکتب سلجوقی در محدوده ی امپراتوری آنان با ویژگی های شاخص نسبت به دوره های قبل و بعد از خود در اکثر زمینه های هنری متجلی شد.

در ایران با ظهور این مکتب که نمود ویژه ی آن در ایالات خراسان و اصفهان شکوفا گردید، تحولات هنری زیادی در عرصه های معماری، فلزکاری، سفالگری، شیشه سازی، نساجی و... بروز کرد. بسیاری از هنرها نسبت به دوره های قبل بسیار کامل تر شد و در اغلب هنرها و صنایع ابداعاتی حاصل شد، که در دوره های بعد مورد توجه هنرمندان و صنعت گران در اقصی نقاط جهان قرار گرفت.

«در تمامی هنرها و صنایع عصر سلجوقی، عنصر یا منبعی که خارج از تأثیرات فرهنگی و هنری ایران باشد نمی توان پیدا کرد؛ با این که

سلجوقیان ترک بودند، اما مشکل بتوان در این دوره از عناصر ترکی در هنر ایران و ایالات شرقی آن سراغ گرفت. این نکته بیان کننده ی تسلط و غلبه ی هنرورزان ایرانی، بر هنرهای تجسمی است» (بازوت، همان، ص ۱۶۰).

«مراکز مهم حکومتی سلجوقیان در این دوره مرو، نیشابور، ری و اصفهان به همراه شهرهای دیگری هم چون همدان، سجستان، هرات و سرزمین های عراق به ویژه موصل و سوریه بوده اند که اغلب این مناطق در این دوره مراکز مهم فلزکاری محسوب می شده اند» (حلمی، ۱۳۶۴، ص ۱۹۶).

«در این عصر، فلزکاری و ساخت مصنوعات فلزی و ظریف به بالاترین کیفیت، رواج و رونق خود دست می یابد و استان خراسان در این زمینه، گوی سبقت را ربوده و مقام ممتازی در فلزکاری کسب می کند. شاید علت این تقدم آن است که خراسان، در دوره ی سامانیان (۲۶۱-۳۸۹ ه.ق) بزرگ ترین مرکز تهیه و ساخت ظروف برنزی و تزئین آن ها به صورت و اشکال مطابق روش ایرانی قدیم یا روش ساسانی بوده است، امروزه در بعضی از موزه ها و مجموعه های آثار باستانی مقدار زیادی از این آثار فلزی موجود است، بر روی آن ها بعضی از صور و نقش و نگاره های سبک های ما قبل اسلام دیده می شود. تنها به سبب بعضی اضافات و نکات دقیقی که در این آثار موجود است کارشناسان به ماهیت و زمان ساخت آن ها پی می برند» (محمدحسن، ۱۳۶۶، صص ۱۵-۱۶). عصر سلجوقی عصر، طلایی پیشرفت فنون، صنایع و هم چنین اوج هنر اسلامی و صنعتی ایران، خصوصاً فلزکاری بوده است.

این در حالی است که فلزکاری اسلامی ایران ادامه ی هنر دوران ساسانی بود. با این اختلاف که چون استفاده از فلزات گران بها در ساخت ظروف و اشیاء ظاهراً در اسلام منع گردیده بود. صنعت گران هنرمند دست به کار ساختن ظروف و اشیاء از فلزات و آلیاژهای دیگر چون مفرغ، برنج و آهن شدند. نگرش در قالب دینی و تغییر در مواد مورد استفاده، باعث ترقی این صنعت خصوصاً در ایالات شرقی ایران شد.

«در اغلب هنرهای اسلامی، استاد کاران هر پیشه از نسلی به نسلی دیگر در مراکز معینی گرد هم می آمدند و در نتیجه شهرهایی به داشتن تولیدات یا دست ساخت های خاص شهرت می یافتند. به طور مثال نام شهرهای زیر در قرون وسطا به عنوان مراکز انواع فلزکاری مجزا از هم ضبط تاریخ گردیده است. در سده ی چهارم ه.ق بخارا به خاطر مفرغ کاری و روی گری، سمرقند و مرو برای مس گری، همدان برای قلع گری اعلا، در سده ی پنجم ه.ق هرات برای نقره نشانی تزئینی بر روی مفرغ و برنج بسیار شهرت یافته اند. در این میان بعضی شهرها نیز به ساختن نوعی ابزار آلات صنعتی خاص شهرت داشته اند، همانند اصفهان که شهرتش در تولید اسطرلاب های نفیس از مرزهای ایران در گذشته، بوده است. در این مورد گرچه سندی معتبر در دست نیست لیکن به کارگیری مکرر نسب «اصفهانی» بر روی اسطرلاب های امضادار تقریباً این امر را مسلم می کند که در سده ی ششم ه.ق اصفهان مرکز عمده ی اسطرلاب سازی بوده است» (کونل، ۱۳۶۸، ص ۸۹).

هنر فلزکاری در عصر سلجوقی

«با گذشتن چهار قرن از حاکمیت اسلام بر ایران، به تدریج در هنر فلزکاری از نظر شکل و تزئینات، تغییراتی پدید آمد. به این ترتیب هنر فلزکاری در منطقه ی خراسان به وضوح، پیشرفت کرد و ویژگی های خاص خود را یافت و مکتب فلزکاری خراسان به وجود آمد. این مکتب، در دوره ی سلجوقی به اوج خود رسید» (لک پور، ۱۳۷۵، ص ۱۲).

«در این دوره فلزکاری، از شکوفایی و توسعه ی ویژه ای برخوردار شد؛ به نحوی که این فن همیشه در سطح بسیار والایی از کیفیت ساخت قرار داشت و اهداف هنری منحصر به فردی را محقق می نمود. این اهداف اغلب با تعداد بی شماری از ظروف فلزی و مخصوصاً آن هایی که در خراسان تولید می شد، حاصل گشت. تعدادی از این آثار دارای تاریخ و امضا و یا امضاهای ریخته گران، تزئین کنندگان و کار ورزان چیره دست می باشند» (کاتلی و دیگران، ۱۳۷۶، ص ۳۷).

«بیشتر فرآورده های فلزی که در عصر سلجوقی در ممالک اسلامی و ایران ساخته شده از مس و آلیاژهای آن مفرغ و برنج می باشند. با این همه، آلاتی که دارای درصد مس بیشتری در خود بوده اند و ارزش نمایشی بیشتری داشته اند معمولاً مورد توجه صنعت گران و هنرمندانی چون قلم زن، کنده کار و... قرار می گرفته اند. اغلب آثار این عصر از ادوات مسی است که با فلزات گران قیمتی همچون طلا و نقره مرصع شده اند و تا حد امکان در زینت دهی آنها کوشیده اند. بسیاری از این فرآورده ها برای مصرف روزانه ی مردم ساخته نشده اند. به نظر می رسد بیشتر برای صاحب منصبان و ثروتمندان تهیه می شدند و کاربرد تشریفاتی داشته اند. با آن که هنر فلزکاری سلجوقی، مدیون هنرمندان ایرانی است، اما در همین دوره سبک مستقل دیگری به نام سبک موصلی پا به عرصه ی وجود نهاد و تعداد بی شماری ظروف فلزی دو پوسته را که در شمار بهترین آثار هنر فلزکاری اسلامی می باشند، به وجود آورد. برخی از ظروف مسی و نقره کاری متعلق به اوایل سده ی ۷ ه.ق را می توان متعلق به سبک موصلی دانست که در اغلب موارد، آن ها امضای سازنده را بر خود دارند. فن موصلی یا فن دو-پوسته سازی تا زمان ایوبیان به حیات خود ادامه داد» (آیت الله زاده ی شیرازی، ۱۳۶۲، ص ۱۷۲).

«هنوز در مطالعات آثار فلزی سلجوقی به طور منظم از ارزیابی های منابع کتابخانه ای استفاده می شود. مثلاً شواهدی که از آلیاژ فلزات و آزمایش آن ها به دست می آید، باید در کنار سایر عوامل همانند شکل و تزئین قرار گیرد که بتواند تصویری گویا و متقاعد کننده از انواع مختلف آثار هنری به دست دهد. در وضعیت کنونی دانش ما از این امر، بهتر است گفته شود که ظروف ساخته شده از ورق های فلزی، بیشتر ظروف برنزی را در بر می گیرند، در حالی که آثار فلزی دیگر از آلیاژهای چهارگانه تولید شده اند؛ کاربرد برنزهای خالص و

واقعی متداول نبوده و فلزات کم بها به ناچار جای فلزات با- ارزش را می گرفت، ولی ارزش این نوع فلزات با ترصیع مس، نقره و طلا و ماده ی سیاه قیردار بالا می رفت. تعداد بی شماری از آثار ترصیع شده به واسطه ی مهارت و کیفیت ساختشان همچنین بدان سبب که فلز آن ها چندان نفیس و ارزشمند نبوده که به کار ذوب آید بر جای مانده است» (بازوت، سلجوقیان، همان، ص ۱۵۸).

فلزات مورد استفاده در عصر سلجوقی

فلزات عمده ی مورد استفاده در عصر سلجوقی همانند دیگر دوره های بعد از اسلام بودند. طلا، نقره، مس، آهن، سرب و قلع همگی توسط فلزکاران خاورمیانه تا قبل از دوره ی اسلامی به خوبی به کار برده می شدند. فلزکاران دوره ی اسلامی تنها فلز «روی» را به صنعت فلزکاری اضافه کردند. روی که قبل از آن کم تر به شکل آلیاژ در آمده با مس، به عنوان برنج به کار برده می شد، در این دوره مورد توجه بسیاری قرار گرفت و اشیای بسیاری ساخته شده از آلیاژ برنج مورد استفاده واقع شدند؛ زیرا در دوره ی اسلامی برنج جانشین خوبی برای طلا محسوب می شد.

فلزات، معمولاً به شکل آلیاژها با هم ترکیب می شدند که متداول ترین آن ها برنج بود. این آلیاژ مورد پسند، برای ساخت اشیای ظریف و زیبا در دوران اسلامی استفاده می شد، اما این فلز آسیب پذیر بوده و زنگار می گرفت؛ همچنین باعث ابتلا به بیماری سمی، خطرناک و بدبو می شد که به وسیله ی مایع و مواد اسیدی تشدید می یافت؛ بنابراین این فلز برای ظروف غذاخوری و آشپزخانه مناسب نبود، مگر اینکه با لایه ای محافظتی نظیر روکش نازکی از قلع پوشانده می شد. با این وجود مناطقی خاص در ساخت ظروف فلزی، با میزان قلع بالا (سفید روی) مهارت داشتند. (مس آلیاژ شده با ۲۰ تا ۳۰٪ قلع) این نوع برنز، گران تر از برنج بود، زیرا قلع آن وارداتی و کار با این فلز فشرده، دشوار بود. برنز هم چنین به سبب خواصی چون جلوه ی نقره ای و ایمنی اش در مقابل زنگار، ارزش داشت» (وارد، ۱۳۸۴، صص ۲۸-۲۹).

«در دوره ی اسلامی (و به تبع آن عصر سلجوقی) از آهن برای ساختن ظروف استفاده ی چندانی نشده و این فلز اغلب برای ساختن ابزار و ادوات جنگی، قفل، کلید و یا قاب پنجره به کار گرفته شد» (لک پور، همان، ص ۱۲).

«آهن و فولاد، هر دو فوق العاده در برابر خوردگی و پوسیدگی حساس و مستعد هستند و نمونه های کمی از این فلزات، مربوط به سده های میانی باقی مانده است. همانند برنز با درصد قلع بالا، در نزد اهل فن، فلز فولاد نیز ارزش بسیاری داشت. قلقشندی (مورخ مملوکی) هنگامی که از موارد مورد علاقه ی خوشنویسان برای قلمدان هایشان صحبت می کند،

می نویسد: «برنج بیشتر از تمام فلزات استفاده شده و فولاد با توجه به نادر و گران بها بودنش کمتر به کار رفته ولی با



ت. ۳- سینی نقره ای، با کتیبه ای به نام آلب ارسلان، قطر ۱۴۱ سانتی متر، موزه ی هنری بُستن

فنون تولید و ساخت اشیای فلزی در عصر سلجوقی

روش های ساخت و تولید اشیای در این دوره را همانند دوره های قبل می توان به سه بخش متفاوت و اساسی تقسیم کرد:

۱- روش دواتگری، چکش کاری با «اشیای ساخته شده از ورقه های مس، آهن، برنج و به ندرت از طلا و نقره

۲- روش قالبی و روش ریختگی با اشیای ساخته شده از مفرغ، برنج و به ندرت از مس و احتمالاً طلا و نقره» (احسانی، ۱۳۷۶، ص ۱۷۴).

۳- اشیای ترکیبی ساخته شده از دو تکنیک قبل «اشیای دسته ی اول آن هایی را شامل می شود که از ورق های فلزات با خم کاری، صاف کاری و چکش کاری به صورت سرد شکل داده می شوند و فرم مطلوب و مورد نظر از آن ها ساخته می شود. از اوراق فلزی در ساخت ظروف مسطح و گرد، سینی ها، جعبه ها، قدح ها، تنگ ها، لگن ها و... استفاده می کرده اند. در اشیای ریختگی مانند جام های مختلف، آوند ها، آینه ها، عودسوزها، مجسمه ها و... فلز را ذوب کرده و پس از ریختن در قالب مخصوص به فرم دلخواه و مطلوب در می-آوردند.

ریخته گری معمولاً به دلایل علمی و سودمند در کارگاه صورت می گرفت و مستلزم قطعات سنگین و دست و پاگیر از وسایلی شامل کوره و دم هایش، چرخ آهنگری، چرخ تراش برای پرداخت شئی و تعدادی صنعتگر متخصص بود. اما در عین حال سفارش هایی ویژه نیز به وسیله ی ریخته گران سیار پذیرفته می شد» (وارد، ۱۳۸۴، ص ۲۲).

«ریخته گری با اشیای برنزی و تزئینات برجسته، مانند آینه و الواح با اشکال حیوانات در زمان سلاجقه در ایران و عراق رایج بوده است. از نمونه های این دوره آینه های کوچکی است که در پشت آن ها ابوالهول ها و کتیبه هایی به خط کوفی نقش می گردید. تاریخ ساخت این اشیاء، در حدود قرن ششم است. به احتمال قوی محل ساخت آن ها ایران بوده است» (دیماندا، ۱۳۶۵، ص ۱۳۹).

ارزش و پرهزینه تر از همه است. امتیاز ویژه ی فولاد مانند بالاترین درجه و مقام در انتصاب دولتی مثل وزیر و مراتب مشابه است» (وارد، صص ۲۸-۲۹).

«فلزکاران عصر سلجوقی استثنائاً ظروف و اشیایی از طلا و نقره با نقوش و تصاویر انسان و جانوران جهت بزرگان و امیران می ساختند. ولی از این اشیاء تعداد زیادی باقی نمانده است. (تصویر ۲) از آن جمله، مجموعه ی اشیاء نقره ای در دست است که دارای اشکال متنوعی می باشند و در بین آن ها قاشق، گلاب پاش، قلاب کمر بند، فنجان، سینی، آفتابه و به علاوه زنجیرهای ظریف نیز دیده می شود. معروف ترین ظروف نقره ای زمان سلجوقی سابقاً متعلق به مجموعه ی هراری بوده و اکنون در موزه ی عرب، واقع در قاهره می باشد. اما برجسته ترین ظرف نقره ی سراسر دوره ی اسلامی و مهم ترین اثر برجسته که از زمان سلجوقیان باقی مانده است، بشقاب نقره ی مشهور آلب ارسلان (تصویر ۳) است. این ظرف نازک و کم عمق دارای کتیبه ای به خط کوفی است و از آن معلوم می شود که سازنده ی ظرف، حسن کاشانی، آن را در سال ۴۵۹ ه.ق از جانب ملکه برای همسر بزرگوار او ساخته شده است» (پوپ، ۱۳۸۰، ص ۸۵).



ت. ۲- پارچ نقره ای مطلاً با نقش پرند، قرن ۶ یا ۷ ه.ق احتمالاً خراسان (<http://depts.washington.edu>)

اشیای ترکیبی، آن دسته از ظروف و آلاتی را در بر می گیرند که از قسمت های جدا از هم، تشکیل شده و از طرق مختلف به هم متصل گشته اند، مانند اشیایی که در قسمت پایه ی ریختگی هستند و قسمت بدنه از ورق فلزی ساخته شده اند و به وسیله ی لحیم کاری، پرچ کاری و دیگر اتصالات مکانیکی به هم متصل شده اند (تصویر ۳).



ت. ۴- گونه شناسی برخی آثار فلزی در عصر سلجوقی (Tabbaa, 1987. P 100)

روش های متداول تزئین اشیای فلزی در عصر سلجوقی

الف- روش قالبی: در این روش، نقوش تزئینی که در قالب شکل گرفته اند و غالباً نقوش هندسی و گاه کتیبه ها و... هستند، در روند قالب ریزی بر روی شیء حک می شوند. کیفیت کار در این روش به دقت و توانایی شخص صنعت گر و آلیاژ مورد استفاده بستگی دارد.

ب- قلم زنی: خود به چند دسته تقسیم می شود که عبارتند از:

- ۱- جنده کاری (برجسته کاری)

۲- حکاکی

۳- مشبک کاری

۴- ترصیع

۵- سیاه قلم

۶- مینا کاری

قلم زنی: از جمله هنرهایی که از گذشته ی دور تا کنون، بدون تغییرات زیاد، در تکنیک و شیوه ی اجرا باقی مانده و در ایران از سابقه ای بسیار طولانی برخوردار می باشد، قلم زنی را می توان نام برد. به طور کلی قلم زنی، نوعی کنده کاری و برجسته کاری روی اوراق فلزی است که با در نظر گرفتن نقش تزئینی مورد نظر بر روی شیء توسط قلم زن اجرا می شود. در تاریخ فلز کاری ایران نمونه های بسیاری موجود است که در آن ها می توان رواج هنر قلم زنی را مشاهده کرد. در این میان مجموعه ی ظروف و بشقاب های نقره ای و طلای عصر ساسانی که به دست استادان ایرانی قلم خورده است و بیشتر صحنه های زندگی بزمی و رزمی سلاطین این سلسله و اشراف را در خود دارند و امروزه زینت افزای موزه های جهان

می باشند، در دوره ی اسلامی و خصوصاً عصر سلجوقی، ساختن اشیای مسی و مفرغی که روی آن را به وسیله ی قلم زنی تزئین می نموده اند، بسیار متداول گشت. هنر قلم زنی سلجوقیان در بیشتر موارد، فرورفتگی و برجسته کاری ندارد. سطوح کار صاف است و بر روی آن تنها خراش یا خط ایجاد کرده اند. از این دوره، ظروف و اشیای گوناگون از فلزات با ارزش هم چون نقره و آلیاژهای مختلف مس به جای مانده است.

۱- جنده کاری (برجسته کاری)

این روش نوعی قلم زنی است که با ایجاد فرورفتگی و برجستگی بر روی ورق های فلزی و اجرای نقوش برآمده انجام می شود. در این روش که در اصطلاح به آن برجسته کاری نیز گویند، به وسیله ی ضرباتی که از پشت به وسیله ی چکش و قلم های ویژه وارد می کنند و هم چنین فرو بردن مناطق اطراف نقوش طرح را برجسته می کنند. معمولاً استاد کار برای تکمیل کار، هر دو طرف شیء را قلم زنی می کند. در این صورت بعد از اتمام قلم زنی یک روی کار، قیر آن را پاک کرده و روی دیگر شیء را قیر اندود می کند و عمل قلم زنی را انجام می دهد.

۲- حکاکی

«عبارت است از هنر ایجاد نقوش ساده، سطحی و کم عمق بر روی انواع فلزات با ابزاری ساده، هنر حکاکی بیشتر بر روی فلزات نقره و مس و بعضاً برنج انجام می شود که به خاطر سطحی بودن نقوش، اثر قلم یا وسایل نوک تیز و خراشیده در پشت سطح کار حکاکی دیده نمی شود» (سید صدر، همان، ص ۷۲۲). به عبارت دیگر کنده کاری و نقر فلزات نرم تر توسط قلم حکاکی. در این شیوه بخشی از فلز در محل ایجاد نقوش از سطح جدا شده و جای خالی آن نقش مورد نظر را به وجود می آورد. این برخلاف قلم زنی است که فلز از سطح اصلی جدا نمی شود بلکه جابه جا می شود.

۳- مشبک کاری

«مشبک کاری نوعی قلم زنی است که در آن فضاهای منفی طرح مورد نظر خارج می شوند تا طرح اصلی به صورت مشبک بر سطح ظرف یا شیء باقی بماند. عمل مشبک کردن اشیا و ظروف با برداشتن و کندن قسمت هایی از طرح مورد نظر انجام می شود.» (سید صدر، ابو القاسم، ۱۳۸۴، ص ۸۰۲) این عمل معمولاً به کمک قلم های نوک تیز و ضربات چکش انجام می شود. البته لازم به ذکر است که مشبک را در گذشته به روش قالب ریزی نیز اجرا می کردند، اما معمولاً طرح ضخیم می شده و ظرافت کمتری داشته است. دامنه ی مشبک کاری بر روی فلز در دوره ی سلجوقی بسیار وسیع است و می توان گفت از ابداعات صنعت گران خراسان یا اصفهان است. فلزکاران ایرانی مشبک کاری را با مهارت تمام در تزئین و ساخت ظروف فلزی به کار گرفته اند، از جمله اشیای مشبک کاری شده در دوران سلجوقی می توان وسایلی از قبیل فانوس ها، قندیل های پر نقش و نگار مسی و برنجی، انواع بخوردان و عودسوز به شکل حیوانات، شمعدان و منقل ها را برشمرد. امروزه مشبک به وسیله ی اره های فلزی و اسید نیز اجرا می شود که این دو مورد، زیر مجموعه ی قلم زنی نیستند (تصویر-۱).

۴- ترصیع

به طور کلی ترصیع در فلزات به دو گونه ی متفاوت اجرا می شده است:

۱- جواهر نشانی: که عبارت است از نصب و اتصال سنگ ها و گوهر ها و... بر روی فلز با تعبیه ی فریم و کادرهایی که معمولاً گوهر ها در آن قرار گرفته بر روی شیء لحیم کاری می شدند.

۲- کوفی گری: که عبارت است از نصب و الصاق فلزاتی هم چون طلا، نقره، مس و آلیاژهای آن ها (به صورت سیمی یا ورقه ای) در داخل قسمت های کنده کاری و خراشیده شده ی فلز، به وسیله ی ضربات چکش با پیروی از نقش و طرح قبلی. (اگر فلز مورد ترصیع طلا باشد به آن طلاکوبی گویند و اگر نقره باشد به آن نقره کوبی اطلاق می شود.)

دو شیوه مهم در کوفی گری فلزات دوره ی اسلامی عبارتند از:

کوفی گری سیمی: در کوفی گری سیمی شیاهای ریزی در سطح فلز به نرمی با قلم یا ابزار خراشنده ایجاد می کردند و فلزاتی از قبیل طلا و نقره و مس را که قبلاً به صورت سیم های نازکی درآمده بود در داخل این شیاه قرار داده و با ضربات چکش به صورت کنترل شده به داخل فرو رفتگی ها و گودی های سطح وارد می کردند.

کوفی گری ورقه ای: در این روش، اوراق فلزی کم ضخامت خصوصاً از نقره را مطابق با طرح بریده، در مکان مشخص قرار داده و لبه های سراسر آن، به وسیله ی ضربات چکش با انحنای ویژه بر روی شیء نشانده (و در اصطلاح پنخ) می شد. اوراق نازک فلزی معمولاً با جزئیاتی از طرحی بسیار ظریف قلم زنی می شده است. روش ورقه ای نسبت به روش سیمی از دوام کمتری برخوردار است (نمونه های شاخصی از این تکنیک در هنر فلز کاری ایران در پیش از اسلام نیز وجود دارد (تصویر ۵)).



ت. ۵- کاسه ی سرپوش دار واسووسکوالی ارتفاع ۲۱/۵ سانتی متر، خراسان / سده ی ششم (وارد، ۱۳۸۴، ص ۵۹)

۵- سیاه قلم

سیاه قلم در واقع نوعی تکنیک تکمیلی تزئین در فلز کاری است که سابقه ای بسیار طولانی دارد، اما در دوره ی اسلامی خصوصاً در فلز کاری مورد بحث این رساله از آن به وفور استفاده شده است و به طور کلی عبارت است از استفاده از مواد تیره رنگ در قسمت هایی ما بین فضای قلم زنی، حکاکی یا ترصیع شده و سطح فلز به هدف ایجاد کنتراست و تضاد رنگی برای بازنمایی جلوه ی درخشان نقوش

نسبت به زمینه ی کار. سیاه قلم کاری را با موادی از قبیل قیر، انواع رنگ به همراه صمغ درختی و دوده انجام می دهند.

۶- مینا کاری

امروزه تکنیک مینا در تزئینات فلزی عبارت است از استفاده از اکسید های فلزی برای ایجاد نقوش تزئینی بر روی اشیا به نحوی که اکسیدهای فلزاتی از قبیل قلع و مس و... را به صورت لعابی در می آورند و بعد از نقاشی بر روی فلز آن را در کوره پخت می کنند. بدین وسیله اکسید های فلزی به سطح چسبیده و طرح ها به صورت رنگی و ثابت بر روی فلزات نقش می بندند. لازم به ذکر است در بعضی منابع^۲ راجع به ساخت ظروف مینایی و کیفیت آن ها در دوره ی سلجوقی اشاراتی شده است، اما به علت نبودن مثال های عینی برای سنجش اعتبار این متون نگارنده از ذکر و شرح آنها خودداری می کند.

نقوش تزئینی اشیای فلزی در عصر سلجوقی

آرتور اپهام پوپ در کتاب شاهکارهای هنر ایران در مورد روش های ساخت و ساز نقوش بر روی ظروف می نویسد: «دوروش مخالف و یا مکمل یکدیگر همیشه در ایران رواج داشته است، یکی آن که سطح فلز را با طرح ها و نقوش متعدد کاملاً بپوشانند و به این وسیله ظرف را زیبایی و تجمل بخشند و دیگر این که زمینه را باز و ساده بگذارند تا نقش را برجسته تر نشان دهند. بعضی از این زمینه ها را چنان صیقلی و براق می کردند که نظیر کارهای مفرغی دوره ی رنسانس است» (پوپ، همان، ص ۸۶).

بر روی اشیا و ظروف عصر سلجوقی انواع نقوش و تصاویر با تکنیک های مختلف اجرا می شده است که شناسایی و تفکیک آن ها به مطالعه و پژوهش تصویری زیادی نیاز دارد، اما اگر بخواهیم رایج ترین این نقوش را که در مکتب خراسان و ایران از آن ها به وفور استفاده شده بر شماریم عبارتند از:

- ۱- استفاده از نقوش متراکم، اسلیمی و پیچک های تزئینی در زمینه به همراه واگیره های تکرار شونده
- ۲- استفاده ی فراوان کتیبه ها
- ۳- استفاده از خورشید صورت انسانی به همراه صور فلکی
- ۴- نقوش حیوانات بال دار، ابو الهول ها و جانوران ترکیبی
- ۵- استفاده از نقوش انسانی در صحنه های مختلف (نوازندگان، نوشندگان، سوارکاران، صحنه های شکار، صحنه های جلوس بر تخت، صحنه های اساطیری، صحنه های داستانی) (تصویر ۶)
- ۶- نقوش حیوانات در حالت های مختلف به صورت قرینه، در تعقیب و گریز، پشت سر هم در انواع وحشی و اهلی (حیوانات شاخص از نظر حجم استفاده در نقوش عبارتند از: گربه سان ها و خصوصاً شیر، روباه، پرندگان، خرگوش ها با گوش های دراز، بز، اسب، شتر و...)
- ۷- استفاده از نقوش گیاهی همانند گل گندم
- ۸- استفاده از نقش گل هفت پر که مخصوص و نشانه ی فلز کاری خراسان است
- ۹- استفاده از نقوش محصور شده، در کادرهای هندسی مشهور به

«طرح های بازو بندی»

۱۰- استفاده از هاله ای دور سر انسان ها با الگوی نقاشی های هم عصر در صحنه هایی که زندگی روزمره و اشخاص را در حالت های مختلف به تصویر کشیده اند، ابزار آلات و وسایل کار و ظروف آشپزخانه و آلات موسیقی مشاهده می گردد. آلات موسیقی که در صحنه های بز می، بر روی اشیای مختلف در این عصر تصویر شده عبارت است از: چنگ، دایره، نی، عود و... (لک پور، ۱۳۷۵)



تصویر ۶: مشربیه ی بلاکاز با منازری از زندگی طبقات اشراف موصل، موصل، ۶۲۹ ه.ق. (وارد، ۱۳۸۴، ص ۶۶)

کتیبه نویسی

از مهم ترین فنون تزئین در هنر اسلامی که از ابتدا تا عصر حاضر همراه و هم پا با کلیه ی ابداعات و نوآوری های صنعتی و هنری هم چنان اصالت خود را حفظ کرده و در عین تغییر در شیوه های آن همواره باعث آراستگی صنایع اسلامی گردیده، هنر خط و خوشنویسی بوده است. خوشنویسی، در قالب های گوناگون در اکثر هنرها باعث زیبایی و آراستگی آن ها شده و به نحوی علامتی برای صنایع اسلامی در میان هنرمندان و صنعت گران جهان بوده است. در همین راستا مهم ترین راه تشخیص فلزکاری اوایل دوره ی اسلامی از ما قبل آن، همان کتیبه نویسی بر ظروف و ادوات است که در دوره اسلامی به صورت فزاینده ای کار می شده است.

ارنست کونل در کتاب هنر اسلامی در این رابطه می نویسد: «صنعت هیچ کشوری هم چون ایران خط را به این وسعت و عمومیت برای تزئین اشیاء، ساختمان های مذهبی و... به کار نبرده است. در میان انواع قالب های خط از آنجا که خط کوفی برای این منظور بسیار مناسب بوده، با حاشیه های مرتبی که ترتیب می داده و قابلیت استفاده بر کلیه ی سطوح، صنعت-گران ایرانی در استعمال این خط منتهای سلیقه و مهارت را به کار برده و سرآمد استفاده از آن بوده اند» (۱۳۶۸، ص ۶۹).

از اوان دوره ی سلجوقی تا اواخر عصر صفوی نقاشان، خطاطان، فلزکاران و شاعران در خلق آثار هنری فلزی با یکدیگر مشارکت داشتند. هنر نقاشی، کتابت، شعر و ترصیع بر روی آثار فلزی در هر نسل، با سبک هایی جدا از یکدیگر، با وقایع زمان در ارتباط و مکمل یکدیگر بوده اند. کتیبه نویسی بر روی اشیای فلزی را باید یکی از

ارکان اصلی هنر فلزکاری ایرانی در عصر سلجوقی به شمار آورد. متن کتیبه ها در این زمان شامل دعا، آیات قرآنی، اندرز، حدیث به خط عربی و اشعار با نوشتار فارسی است (احسانی، همان، ص ۱۸۶-۱۸۹). «در عصر سلجوقیان که هم چنان کتابت عربی با خط کوفی (و ثلث، نسخ) معمول بود، بیشتر کتیبه ها را بر روی ظروف و سایر اشیاء با خط کوفی می نوشتند. عبارات برگزیده بر حسب حالت و نوع شیء انتخاب می شد (و کتیبه ها راجایی می نوشتند که در دید باشند مانند لبه ی شیء، به دور گردن شیء، روی پایه یا اگر اشیاء دارای در پوش بودند، در قسمت در پوش، یا بر روی شیء). در سبک خراسانی که می خواستند متن دعا را به صورتی پر قدرت و با حرمت بیشتر به بیننده القا کنند، کتیبه ها به خط کوفی بود. متن دعا بر روی این اشیاء به مالک بی نام ظرف یا شیء فلزی به صورتی ساده چنین بود: (برکه و یمن و سرور لصاحبه) یا (سلامه و نصر و رحمه لصاحبه). گاهی به جای دعا برای صاحب شیء طلب بخت و اقبال بلند و ثروت و سر نوشت بهتری می کردند و این گونه کتیبه ها بیشتر به خط ثلث یا نسخ بود، مانند (عزه اقبال و دوله و علو رفعه و نصر و...). در این عصر گاهی کلمات را در دعا به طور مجهول و به صورت مسجع، در کتیبه ها با خط کوفی می گذاشتند، مانند (العز الدائم... و الاقبال الزائد... و العمر السالم... و النصر الغالب لصاحبه). در میان کتیبه ها، اندرزها به این سبک و سیاق بود: (العزه و الاقبال و الحلم و القناعه و العلم و العافیه و الراحه لصاحبه).» (احسانی، ۱۳۷۶، صص ۱۸۹-۱۸۶)

کتیبه ها در بسیاری از اشیای عصر سلجوقی با سر انسان و حیوانات به اشکال متفاوتی تزئین شده اند، دیماند در کتاب راهنمای صنایع اسلامی می نویسد: «انتهای حروف و نقوش گیاهی به شکل سر انسان یا بدن حیوان احتمالاً در ایالات خراسان ابتکار شده است» (دیماند، ۱۳۶۵، ص ۱۴۱).

«هنرمند استاد کار، در ارتباط با قالب و شکل، انتخاب مواد و نیز سایر ملاحظات شمایل نگارانه و کتیبه نویسی، دستورهای مفصلی از حامی خود دریافت می کرد. اگر اثر هنری برای یک نفر حاکم تولید می شد، در کتیبه ها از وی ستایش به عمل می آمد و برای او رحمت درخواست می شد، ولی اگر شیء برای یک مسجد ساخته می شد در کتیبه آیه ای قرآنی نقش می بست.» (کونل، ۱۳۷۶، ص ۸۴) در برخی از ظروف با استفاده از خطوط کتیبه ای نام سفارش دهنده، نام ریخته گر، محل ساخت و غیره ذکر شده است که از معروف ترین این اشیاء، می توان به آوند بوبرینسکی و سینی آلب ارسلان اشاره کرد. (تصویر ۲)

نتیجه گیری

بررسی شکوه هنری دوران سلجوقی در کلیه ی نواحی حکومتی نشان دهنده ی سیری رو به تعالی در معماری، تزئینات و صنایع ممتاز مستظرفه است. در این میان ایران به واسطه ی پیشینه ی هنری غنی قبل از سلجوقی و حمایت حاکمان توانست جایگاه ارزشمندی را در هنر این دوران به دست آورد که به واسطه ی آن هنر فلزکاری نیز خصوصاً در ایالاتی همانند خراسان به نحو شایسته ای پیشرفت نمود

تا حدی که شاهکارهای فلزکاری سلجوقی در مشبک کاری، نقش برجسته و ترصیع های فلزی در دوره های بعد هنر ایران تکرار ناپذیر گردد. امروزه به سبب در دسترس بودن اطلاعات موزه ها، مجموعه ها و کتابخانه ها جای خالی مطالعات پایه ای و اساسی به لحاظ ویژگی های هنری و فن شناسی فلزکاری سلجوقی به صورت بسیار محسوسی احساس می شود. این امر می تواند در راستای بررسی علمی و دقیق آثار فلزی جعلی که در بازار عتیقه رو به گسترش است، بسیار کارآمد باشد.

سپاسگزاری

از آنجا که این مقاله، مستخرج از پایان نامه کارشناسی مرمت آثار تاریخی با عنوان «بررسی و مطالعه ی جعل بر روی پایه ی روشنائی برنزی متعلق به موزه ی چهل ستون و مرمت خنجر فلزی» بوده و در دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان دفاع شده است، نگارندگان بر خود واجب می دانند از جناب آقایان دکتر فرهنگ مظفر ریاست محترم دانشگاه هنر اصفهان، دکتر صالحی کاخکی ریاست محترم دانشکده مرمت و آقای مهندس حسام اصلانی مدیر گروه وقت سپاسگزاری نمایند.

پی نوشت

- ۱- احتمالاً منظور نویسنده اجرای تکنیک سیاه قلم بوده است.
- ۲- محمد حسن، زکی، (۱۳۶۶)

منابع

- احسانی، محمدتقی، (۱۳۷۶)، هفت هزار سال هنر فلزکاری در ایران، تهران: علمی و فرهنگی، چاپ دوم
- آیت الله ... زاده ی شیرازی، باقر، (۱۳۶۲)، بررسی هنر فلزکاری در دوران سلجوقی، فصلنامه ی هنر، شماره ی ۳، بهار و تابستان
- بازوت و دیگران، (۱۳۸۰)، سلجوقیان، ترجمه و تدوین: یعقوب آژند، سلسله ی تاریخ ایران، تهران: مولا، چاپ اول
- پرایس، کریستین، (۱۳۶۴)، تاریخ هنر اسلامی، ترجمه ی مسعود رجب نیا، تهران: علمی فرهنگی، چاپ دوم
- پوپ، آرتور ایم و دیگران، (۱۳۸۰)، شاهکارهای هنری ایران، اقتباس: پرویز ناتل خانلری، تهران: علمی فرهنگی، چاپ دوم
- دیماند، س.م، (۱۳۶۵)، راهنمای صنایع اسلامی، ترجمه ی عبدالله فریار، تهران: علمی فرهنگی، چاپ دوم
- سید صدر، ابولقاسم، (۱۳۸۳)، دایره المعارف هنر، تهران: سیمای دانش، چاپ اول
- عمید، حسن، (۱۳۶۹)، فرهنگ فارسی عمید، تهران: امیرکبیر، تهران
- فریه، ر. دبلیو، (۱۳۷۴)، هنرهای ایران، ترجمه: پرویز مرزبان، تهران: پژوهش فرزانه روز، چاپ اول
- کاتلی و دیگران، (۱۳۷۶)، هنر سلجوقی و خوارزمی، ترجمه: یعقوب آژند، ج ۸، تهران: مولی، چاپ اول
- کریستی ویلسن، جی، (بی تا)، تاریخ صنایع ایران، ترجمه: عبدالله

فریار، تهران: فرهنگسرا

- کونل، ارنست، (۱۳۶۸)، هنر اسلامی، ترجمه: مهندس هوشنگ طاهری، مشهد: توس، چاپ سوم
- کونل، ارنست، (۱۳۷۶)، هنر اسلامی، ج ۱، ترجمه: یعقوب آژند، تهران: مولی، چاپ اول
- لک پور، سیمین، (۱۳۷۵)، سفید روی، تهران: میراث فرهنگی، چاپ اول
- محمد حسن، زکی، (۱۳۶۶)، تاریخ صنایع ایران بعد از اسلام، ترجمه: علی خلیلی، تهران: اقبال، چاپ دوم
- وارد، ریچل، (۱۳۸۴)، فلزکاری اسلامی، ترجمه: مهناز شایسته فرد، تهران: موسسه ی مطالعات هنر اسلامی، چاپ اول

- Pourhavadi, N, general editor (2001), The splendour of iran, volume III-Islamic period: volume III, publication: Booth –Clibborn Editions London
- Tabbaa, Yasser, (1987), Bronze Shapes in Iranian Ceramics of the Twelfth and Thirteenth Centuries Muqarnas, Vol. 4, pp. 98-113, Published by: BRILL Stable

تاریخ مراجعه: ۱۳۸۶/۴/۲۵

- <http://depts.washington.edu>

بررسی نانوذرات نقره و قابلیت استفاده از آن در حفاظت و مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی^۱

غلامرضا وطنخواه^{*}، علی اکبر عنایتی^{**}، محسن محمدی^{***}

^{*} دکترای شیمی، عضو هیئت علمی دانشگاه هنر اصفهان

^{**} دکترای علوم و صنایع چوب و کاغذ، عضو هیئت علمی دانشگاه تهران

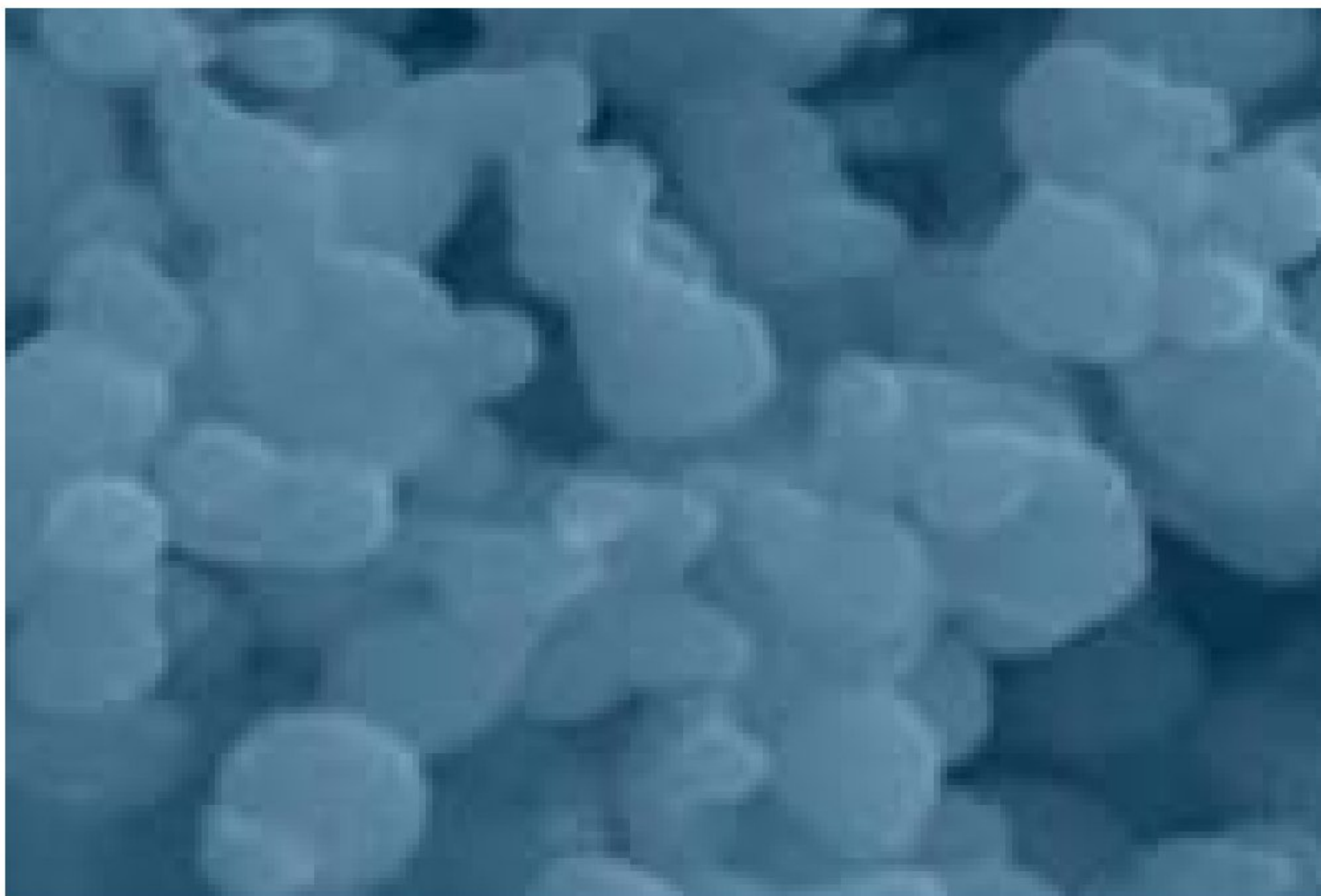
^{***} دانشجوی کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی،

E mail : mma197410@Gmail.com دانشگاه هنر اصفهان

چکیده

آفات بیولوژیک از مهم ترین آسیب های ساختارهای آلی به شمار می روند و استفاده از مواد حفاظتی جهت کنترل و یا پیشگیری از آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. در این میان نانوذرات نقره از جمله موادی هستند که به دلیل خواص حفاظتی خود، توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده اند. به همین دلیل و در راستای استفاده از دانش روز جهت بهبود فرآیندهای حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی، قابلیت های نانوذرات نقره برای استفاده در این زمینه مورد ارزیابی قرار گرفتند. مطالعات بر اساس مستندات علمی، بررسی ها و تحلیل های انجام شده نشان دادند که با توجه به ویژگی ها، مکانیزم-های تأثیر و فرآیندهای کاربردی، نانوسیلور از ظرفیت بالایی جهت استفاده در مرمت برخوردار است و با انجام آزمایشات دقیق تر در راستای هر کاربرد و شناخت جزئیات تأثیر در هر ماده ای، می تواند به طور گسترده ای در مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی مورد استفاده قرار گیرد.

کلید واژگان: نانوذرات نقره، ماده ی حفاظتی، اشیاء فرهنگی و تاریخی



شکل ۱- تراکم نانوذرات نقره (www.nanoclub.ir)

۱- مقدمه

استفاده از فناوری های نوین دانش بشری در راستای بهبود فرآیندها و مواد مورد استفاده از اهمیت بسیاری در زمینه ی حفاظت و مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی برخوردار است. در این میان فناوری نانو عرصه ی تحقیقاتی جدیدی را به روی پژوهشگران گشوده است. نانوذرات به موادی اطلاق می گردد که ابعادی کمتر از ۱۰۰ نانومتر داشته باشند و نانوفناوری به دانش تولید ذراتی با ابعاد 10^{-9} متر و با توزیع مشخص گفته می شود (Whitesides, et al, 2005). حیطه ی نانو مواد مابین اندازه های اتمی و میکرو قرار می گیرد؛ ولیکن ویژگی های آن با هر دو حالت ذکر شده متفاوت است (Jones, et al, xii). در واقع مواد در ابعاد نانومتر شاخصه هایی را از خود نشان می دهند که مطالعه ی آنها عرصه ی جدیدی را در علم به خود اختصاص داده است (Luis, et al, 1). یکی از موادی که به دلیل خواص آفت زدایی و ضد عفونی کنندگی به طور گسترده ای در ابعاد نانو تولید و استفاده می شود نقره است. نقره عنصری با وزن اتمی ۴۷ و کمیاب می باشد و از زمان فینیقی ها از ظروف ساخته شده از آن جهت نگهداری آب و شراب استفاده شده است که دلیل این امر سالم باقی ماندن آنها در ظروف نقره ای بوده است (Luoma, 14). نانوسیلور به دلیل خواصی چون سمی نبودن، سازگاری با محیط زیست، مضر نبودن برای انسان و خواص ضد آفات آن امروزه کاربردهای وسیعی در صنایعی چون صنایع غذایی، صنعت نساجی، کاغذ و چاپ، لوازم منزل، مواد شوینده و بهداشتی پیدا کرده است. همچنین استفاده از آن به همراه مواد معدنی موجب بهبود مقاومت حرارتی، پایداری شیمیایی و استحکام مکانیکی شده است (www.nanosilverco.com, 2008). در ترکیب نانوسیلور یون های نقره به صورت کلوئیدی در محلولی به حالت سوسپانسیون قرار دارند. (شکل ۱) هرچند این فناوری به تازگی مورد توجه قرار گرفته است، لیکن در طب قدیم کاربرد داشته و در جنگ ها برای کنترل عفونت سربازان از سکه های نقره استفاده می شده است (ارجندی، www.nanosilverco.com, 2008). تاکنون تحقیقات بسیار زیادی در زمینه ی تولید، کاربرد، خصوصیات و تأثیرات این ترکیب انجام شده است (Greulich, et al, 2009). در زمینه ی حفاظت آثار تاریخی و فرهنگی نیز استفاده از نانوذرات نقره جهت کاربرد در حسگرهایی برای تشخیص گازهای مخرب آثار فلزی در موزه ها مناسب تشخیص داده شده است (Moussa, 59-60). اما پژوهشی پیرامون استفاده از نانوذرات نقره به عنوان ماده ای حفاظتی جهت استفاده در مرمت اشیاء تاریخی منتشر نشده است. در متن حاضر سعی شده است ویژگی ها و خصوصیات نانوسیلور در راستای استفاده از آن به عنوان ماده ای حفاظتی در مرمت، مورد ارزیابی قرار گیرد و قابلیت های آن در این زمینه بررسی گردد.

۲- ویژگی ها و ترکیبات نانوسیلور

یکی از مهم ترین خواص ترکیبات نقره، ویژگی ضد عفونی کنندگی آن است. از سال ۱۸۸۴ م محلول نیترات نقره ۱ درصد به عنوان شستشو دهنده ی چشم به کار رفته است. ترکیبات نقره در جنگ جهانی اول به طور گسترده ای جهت ضد عفونی به کار رفتند و امروزه نیز این ترکیبات در درمان جراحات ناشی از سوختگی شدید کاربرد دارند (Luoma, 14). امروزه نیز نانوذرات نقره به عنوان بازدارنده در برابر فعالیت میکروارگانیسم ها در صنایع مختلف با موفقیت به کار رفته اند و مطالعات نشان دهنده ی مرگ ویروس HIV-1 تحت تأثیر این ماده می باشد (Green, et al, 2007). در واقع ویژگی های ترکیب مورد استفاده به ابعاد و شکل نانوذرات نقره بستگی دارد که این امر مستقیماً تحت تأثیر روش سنتز آن می باشد. در این راستا نحوه ی فرآوری نانوذرات و نوع آنها تعیین کننده ی مکانیسم تأثیر آن خواهد بود و در نتیجه هر کاربردی نیازمند مطالعه ی دقیق و انتخاب صحیح نوع ترکیب مورد نظر می باشد تا نتیجه ی مطلوب حاصل گردد که در این میان روش فرآوری و مواد مورد نیاز آن ارتباط مستقیمی با نوع کاربرد مورد نظر می یابد.

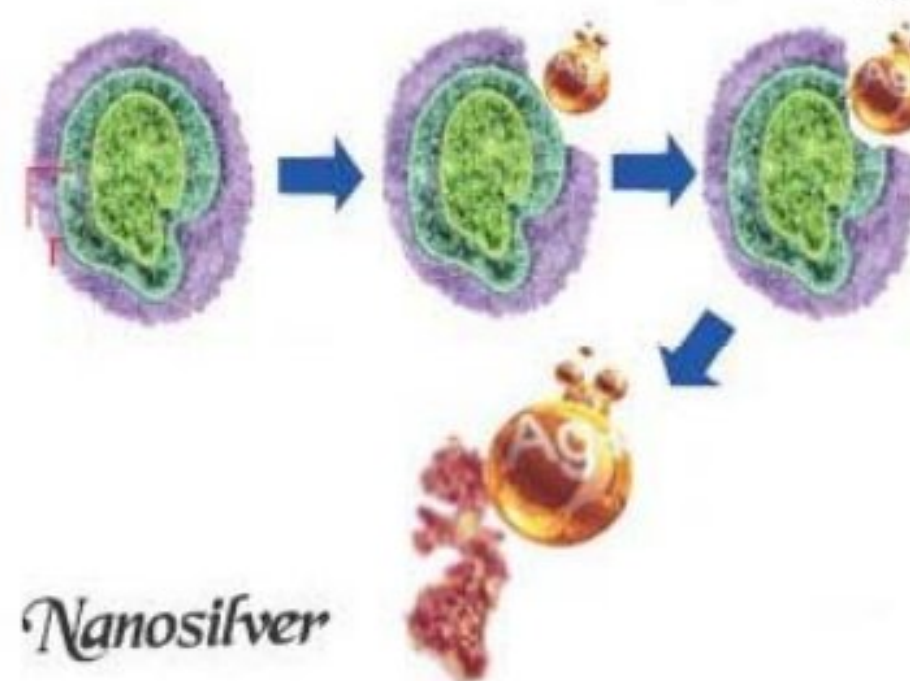
نانوذرات نقره به دو صورت عمده تولید و به کار می رود که شامل یون های نقره و نقره ی فلزی می شود. منظور از یون های نقره، سوسپانسیونی است که ذرات نقره در آن به صورت یون هایی است که از ترکیب نقره ی موجود در ماده ی حامل حاصل می شود و تأثیر آن از طریق مکانیسم یونی میسر می گردد. ترکیب مذکور اکثراً بر اساس نیترات نقره یا کلرید نقره می باشد که در حامل سوسپانسیون که معمولاً آب می باشد تأثیر خود را نمایان می سازد. در صورت دیگر، نانوذرات به شکل نقره ی فلزی در ماده ی حامل که معمولاً آب یا اتانول است وجود دارند و از طریق مکانیسم کاتالیستی عمل می کنند. البته نانوذرات نقره به صورت پودر نیز تولید می شود که برای استفاده به صورت سوسپانسیون در ماده ی حامل آماده سازی می گردد و یا اینکه مستقیماً به عنوان ماده ی افزودنی مصرف می گردد.

در واقع منظور از نانوسیلور ذرات نقره ای است که در ابعاد نانومتر تولید شده و در همان ابعاد باقی می ماند؛ ولیکن ریز ذرات فلزات تمایل دارند که با اتصال به یکدیگر واحدهای بزرگتری را تشکیل دهند. به همین جهت به ترکیباتی نیاز است تا از این امر جلوگیری کرده و نقره را در همان ابعاد نگاه دارند و حالت سوسپانسیونی نانوذرات نقره را حفظ نمایند. به همین دلیل افزودن نانوسیلور به ترکیبی که باعث تغییر عامل سوسپانسیون کننده شود موجب تغییرات اساسی در ترکیب نانوسیلور می گردد، به گونه ای که حتی ممکن است ذرات از حالت نانو خارج شوند و یا رسوب نمایند و کارایی مورد نظر حاصل نگردد. به منظور بررسی این مسأله، برهمکنش ۵۰ سی سی کلویید نانوذرات نقره ی فلزی با غلظت ۴۰۰۰ ppm با ۲۰ سی سی استون، تحت یک آزمایش ساده مورد بررسی قرار گرفت. انتخاب استون نیز به دلیل کاربرد وسیع آن در فرآیندهای مرمتی صورت گرفت. افزودن استون به کلوئید نقره ی فلزی با عامل سوسپانسیون کننده ی غیر یونی، موجب از بین رفتن شفافیت ترکیب و ایجاد رسوب در آن گردید که در این رسوب از طریق آزمون های نقطه ای توسط معرف های مربوط (اسولا، ۹۱-۹۰)، نقره

شناسایی گردید. این مسأله دلیلی بر انحلال عامل سوسپانسیون کننده و خارج شدن نقره از حالت نانو تلقی گردید. البته لازم به ذکر است که ویژگی های نانوسیلور به شکل و ابعاد ذرات نقره بستگی دارد و سایر ترکیبات در راستای حفظ این ویژگی ها همراه آن وجود دارند.

۳- مکانیزم تأثیر و خصوصیات

تاکنون نانوسیلور در درمان بسیاری از بیماری ها استفاده شده است و بیش از ۶۵۰ نوع باکتری را از بین برده است. این ذرات به طور کلی به دو طریق بر ارگانیزم های مخرب تأثیر می کنند (تصویر ۲) که عبارتند از مکانیزم یونی و مکانیزم کاتالیزتی. در مکانیزم یونی ذرات نانوسیلور با آزاد کردن یونهای Ag^+ و جذب باند سولفات هیدروژن که اساس آنزیم های پروتینی در باکتری ها به شمار می رود، باعث تخریب آن گشته و در نتیجه آنزیم را غیر فعال می نماید و در اثر آن به دلیل نرسیدن یا عدم جذب فسفات توسط سلول، باکتری تلف می شود و این مکانیزم با از بین رفتن باکتری خاتمه پیدانمی کند بلکه به صورت دائم ادامه می یابد. ولی در مکانیزم کاتالیزتی این مکانیزم با حضور ذرات نانو سیلور و نیمه هادی مثل TiO_2-SiO_2-ZnO عمل می نماید به طوری که دیگر بدون نیاز به انرژی UV جهت فعال سازی نداشته و با مکانیزم رهایش آهسته Slow Releasing باعث اکسید کردن O_2 و تبدیل به O_2^- و یا هیدرولیز آب و تولید یون OH^+ مناسب ترین عامل ضد میکروب را در ماتریس پلیمری ایجاد می نماید. با توجه به اینکه خاصیت ضد میکروب به واسطه ی عملیات کاتالیزوری انجام می شود بر روی بدن انسان هیچگونه حساسیت یا ضرر ایجاد نمی نماید (علیچانلو، ۱۳۸۶). در این فرآیندها نانوذرات نقره به برقراری پیوند با اجزای تشکیل دهنده ی ارگانیزم مخرب از فعالیت و انتقال آن جلوگیری می کنند (Green, 2007). از مهم ترین خصوصیات نانوسیلور می توان به اندازه ی ذرات نقره ی کمتر از ۲۰ نانومتر، مطابقت با شرایط مختلف جوی، آنتی اسید و آنتی-آنیون، سازگار با محیط زیست و غیر سمی بودن اشاره کرد (www.nanobio-lab.nit.ac.ir، ۱۳۸۷/۱۰/۹). همچنین علاوه بر اثر ضد قارچی، آنتی باکتریال و ضد عفونی کنندگی عالی، خواصی چون ماندگاری خاصیت آنتی باکتریال، قابلیت اختلاط با لعاب سرامیک، تأثیر حتی با دز پایین، افزایش مقاومت حرارتی، پایداری شیمیایی و استحکام مکانیکی، افزایش درخشندگی و یراقیت، ایجاد خاصیت ضد سایش، عدم چسبندگی آلودگی بر روی سطح، سهولت پاکیزگی سطح و عدم رسوب گرفتن سطح برای آن بر شمرده شده است (www.nanobio-lab.nit.ac.ir، ۲۰۰۸).



شکل ۲- طرحی از نحوه ی تخریب باکتری توسط نانوسیلور

(www.nanoclub.ir)

۴- قابلیت های استفاده

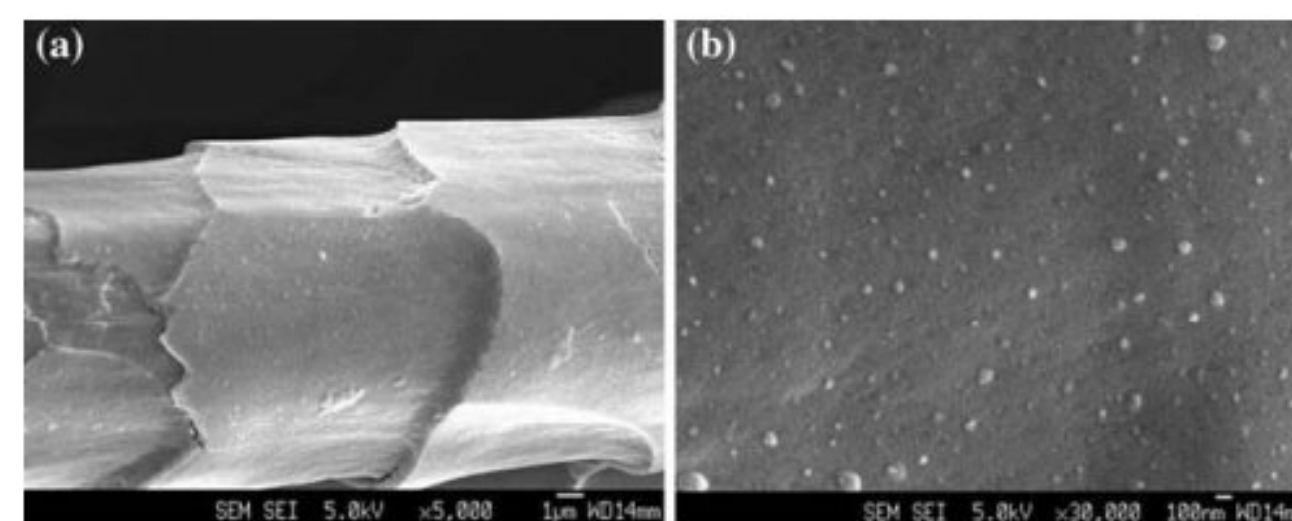
مهم ترین آفات مؤثر بر آثار تاریخی و فرهنگی را می توان در سه دسته ی کلی باکتری ها، قارچ ها و حشرات جای داد. فعالیت این آفات در آثار تاریخی نیازمند چند عامل اساسی است که شامل شرایط محیطی مطلوب، مناسب بودن ماده ی اثر جهت تغذیه و عدم سمیت آن می شود. در واقع کارکرد ترکیبات آفت زدا یا پیشگیرانه بر اساس حذف یکی از این عوامل استوار است. نانوذرات نقره نیز علاوه بر تأثیر مخرب بر اجزای حیاتی میکروارگانیزم ها، ماده ی اثر را برای تغذیه نامناسب می نماید و تا حد زیادی از فعالیت حشرات جلوگیری می کند. در این میان دز تأثیر ترکیب در موارد مختلف متفاوت خواهد بود. البته مینیمم غلظت بازدارندگی برای نانوذرات نقره حدود ۱۰ PPM ذکر شده است. تاکنون در مورد تأثیرات ضد باکتری نانوسیلور مطالعات گسترده ای صورت گرفته است که همگی بر ویژگی های ضد باکتری نانوذرات نقره و کاربرد مؤثر آن در این راستا تأکید داشته اند (Khaydarov, et al, 2008 & Petica, et al, 2009 & Ayala, et al, 2009). در این زمینه استفاده از نانوسیلور در الیاف (شکل ۳) خصوصاً الیاف سلولزی، نتایج بسیار خوبی به دست داده است (Khalili, et al, 2008). ویژگی های ضد قارچی نانوسیلور نیز در تحقیقات مختلف مورد تأیید قرار گرفته است. این ترکیب بر روی الیاف باعث عدم رشد قارچ های مخرب می گردد (Petica, et al, 2008). در این رابطه تأثیرات پیشگیرانه و محافظتی نانوسیلور در برابر قارچ Chaetomium globosum بسیار قابل توجه است (Tomsic, et al, 2008). این قارچ از مهم ترین گونه های مولد پوسیدگی نرم در چوب شمرده می شود که باعث تخریب شدید دیواره ی ثانویه ی سلول چوب می گردد (Smidt, 142-144). این نوع پوسیدگی از دلایل اصلی تخریب آثار چوبی مکشوفه از سقاره و جیزه ی مصر به شمار رفته است (Blanchette, 1994). این قارچ هم در محیط های دریایی و هم محیط های مرطوب آسیب های جبران ناپذیری را به بازمانده های آلی وارد کرده است (Filley, et al, 2001 & Blanchette, 2003). همچنین تأثیرات حفاظتی نانوسیلور (صنعتی) در برابر موریا نه ها نشان دهنده ی ظرفیت بالای این ترکیب جهت بازدارندگی از حمله ی موریا نه ها می باشد. هر چند بهترین ترکیب جهت این تیمار، مخلوط نانوذرات نقره و روی تشخیص داده شده است، لیکن نانوسیلور به عنوان یکی از بهترین افزودنی ها به مواد حفاظتی شناخته شده است (Green, et al, 2007). در این میان شناخت تأثیرات اجزای موجود در ترکیب و برهمکنش آنها با ماده ی اثر از اهمیت زیادی برخوردار است. از طرفی حامل ذرات نیز نباید خود باعث تغییرات اساسی و یا مخرب در شیء گردد (شکل ۴). مثلاً برهمکنش حامل های آبی و بعضی از مواد مورد استفاده می تواند مشکلاتی را در فرآیندهای درمانی ایجاد کند. البته بعضاً این برهمکنش ها نتایج مثبتی را نشان داده است. به عنوان نمونه بررسی ها نشان داد که افزودن کلویید نانوسیلور در آب به دیسپرسیون اکریلویید B72 در اتانول نه تنها باعث ته نشین شدن رزین نگردید، بلکه امکان استفاده ی همزمان این مواد را فراهم نمود^۲. از طرف دیگر با توجه به غلظت های پایین استفاده از نانوسیلور، تغییرات تنالیتیه ی رنگی ایجاد شده چندان

باشد که البته پس از شناخت دقیق تأثیرات و تغییرات آن در طول زمان می تواند میسر گردد.

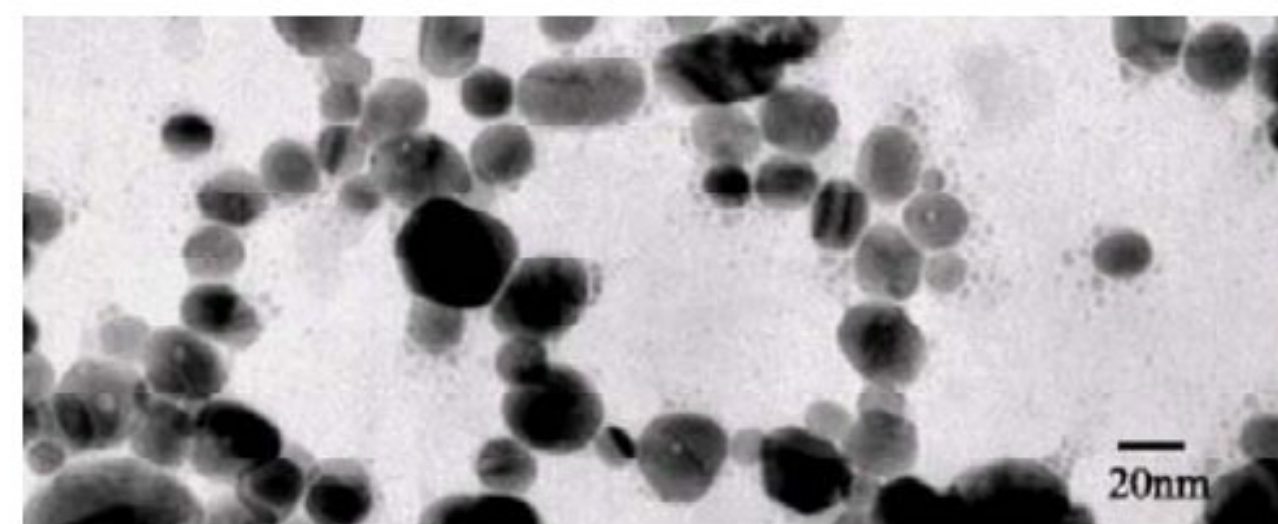
منابع

1. اسولا. گیولا، ۱۳۷۶، شیمی تجزیه ی کیفی معدنی و گل، آزاده تجردی، فرانک منطقی، تهران، دانشگاه علم و صنعت
2. Petica, S. Gavrilu, M. Lungu, N. Buruntea, C. Panzaru, Colloidal silver solutions with antimicrobial properties, Materials Science and Engineering B 152 (2008) 22-27
3. Greulich & S. Kittler & M. Eppele & G. Muhr & M. Köller, Studies on the biocompatibility and the interaction of silver nanoparticles with human mesenchymal stem cells (hMSCs), Langenbecks Arch Surg (2009) 394:495-502, DOI 10.1007/s00423-009-0472-1
4. Frederick Green and Rachel Ann Arango, Wood Protection by Commercial Silver Formulations against Eastern Subterranean Termites, Paper prepared for the 38th Annual Meeting Jackson Lake Lodge, Wyoming, USA 20-24 May 2007, IRG SECRETARIAT, www.irk-wp.com
5. George M. Whitesides, Jennah K. Kriebel, and Brian T. Mayers, (2005), Self-Assembly and Nanostructured Materials, in: Wilhelm T.S. Huck (ED), Nanoscale Assembly Chemical Techniques, springer, New York
6. Hee Yeon Ki, Jong Hoon Kim, Soon Chul Kwon, Sung Hoon Jeong, A study on multifunctional wool textiles treated with nano-sized silver, J Mater Sci (2007) 42:8020-8024, DOI 10.1007/s10853-007-1572-3
7. H. J. LEE, S. Y. YEO, S. H. JEONG Antibacterial effect of nanosized silver colloidal solution on textile fabrics, JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE 38 (2003) 2199 - 2204
8. Ki Young Yoon, Jeong Hoon Byeon, Chul Woo Park, and Jungho Hwang, Antimicrobial Effect of Silver Particles on Bacterial Contamination of Activated Carbon Fibers, Environ. Sci. Technol., 2008, 42 (4), 1251-1255 • DOI: 10.1021/es0720199 • Publication Date (Web): 11 January 2008, Downloaded from http://pubs.acs.org on November 30, 2008

محسوس نیست، ولیکن شناخت دقیق این تغییرات پیش از استفاده از نانوسیلور ضروری خواهد بود. البته لازم به ذکر است که آثار تاریخی در گذر زمان معمولاً به تیرگی گراییده اند و در اثر استفاده از نانوسیلور دچار تغییر محسوس نمی شوند. مسأله ی دیگر در این زمینه برگشت پذیری محصول مورد استفاده می باشد. نانوذرات یونی نقره با ایجاد پیوند و نانوذرات نقره ی فلزی از طریق ته نشست در ماده تثبیت می شوند. حتی با فرض تثبیت ماده به وسیله ی درگیری فیزیکی، خارج کردن کامل آن از ساختار ماده ی اثر بدون آسیب رساندن به آن امری بعید است، ولیکن قابلیت درمان مجدد اثر از بین نمی رود و تنفس ماده ی اثر نیز تداوم می یابد. در نتیجه خدشه ای به اصالت اثر نیز وارد نمی شود. در واقع هر چند استفاده از این ترکیب در زمینه ی حفاظت و مرمت اشیاء تاریخی و فرهنگی در ابتدای مسیر تحقیقاتی خود قرار دارد، ولی ویژگی های آن نشان دهنده ی خصوصیات مناسب استفاده در حیطه ی حفاظت است. البته شناخت دقیق تأثیرات و تغییرات آن در طول زمان از مهم ترین مسائلی است که باید به دقت تبیین گردد.



شکل ۳- نانوذرات نقره بر روی الیاف پشم (Yeon Ki, et al, 2007)



شکل ۴- تصویر SEM از نانوذرات نقره در حامل آب (Yeon Ki, 2007)

۵- نتیجه گیری

خواص حفاظتی نانوسیلور در دهه ی اخیر توجه بسیاری را به خود جلب کرده است و تأثیرات آن در برابر عوامل بیولوژیک مورد تأیید قرار گرفته است. با توجه به ویژگی هایی چون تأثیر حفاظتی مطلوب در غلظت های پایین، عدم تأثیر نامطلوب بر انسان و سهولت کاربردی توان نانوسیلور را به عنوان ماده ی حفاظتی جدیدی در حیطه ی مرمت مطرح نمود. در این میان قابلیت درمان مجدد اثر حفظ خواهد شد، ولیکن امکان تغییرات بصری (هر چند محدود) نیز تابعی از نوع ترکیب و اجزای تشکیل دهنده ی آن به شمار می رود. با توجه به این عوامل و مکانیسم های تأثیر، نانوسیلور نسبت به سایر ترکیبات آفت زدای معمول از ویژگی های مناسب تری برخوردار است و خصوصیات آن نشان دهنده ی قابلیت کاربرد آن در سطح بسیار وسیعی در حیطه ی حفاظت می

RIORATION IN ARCHAEOLOGICAL WOOD FROM ANCIENT EGYPT, JAIC 1994, Volume 33, Number 1, Article 5 (pp. 55 to 70)

17. R.R. KHAYDAROV, R.A. KHAYDAROV, O. GAPUROVA, Y. ESTRIN, S. EVGRAFOVA, T. SCHEPER, S.Y. CHO, (2009), ANTIMICROBIAL EFFECTS OF SILVER NANOPARTICLES SYNTHESIZED BY AN ELECTROCHEMICAL METHOD, in: J.P. Reithmaier et al. (eds.), Nanostructured Materials for Advanced Technological Applications, 215, Springer

18. Schmidt, Olaf, 2006, Wood and Tree Fungi Biology Damage Protection and Use, Springer, Berlin

19. Timothy R. Filley, Robert A. Blanchette, Elizabeth Simpson, and Marilyn L. Fogel, Nitrogen cycling by wood decomposing soft-rot fungi in the "King Midas tomb," Gordion, Turkey, PNAS, November 6, 2001, vol. 98, no. 23 13346–13350 www.pnas.org/cgi_doi_10.1073_pnas.221299598

20. Tomšič, B., et al. Antimicrobial activity of AgCl embedded in asilica matrix on cotton fabric. Carbohydrate Polymers (2008), doi:10.1016/j.carbpol.2008.09.013

منابع اینترنتی (دسترسی در مرداد ۱۳۸۸)

1. www.nanobio-lab.nit.ac.ir
2. www.nanoclub.ir
3. www.nanosilverco.com

پی‌نوشت:

۱- مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد مسئول مکاتبات مقاله با عنوان ارزیابی کارکرد نانوسیلور در حفاظت آثار چوبی در برابر آسیب های بیولوژیک به راهنمایی دو نگارنده دیگر می باشد.

۲- به طور معمول، افزودن آب به محلولهای اکریلویید B۷۲ موجب جدایش و ته نشست رزین از محلول می گردد، به گونه ای که ویژگی های مورد نظر آن از بین می رود.

9. Luis M. Liz-Marzán and Prashant V. Kamat, (2004), NANOSCALE MATERIALS, Kluwer, New York

10. Luoma. Samuel. N, (2008), SILVER NANOTECHNOLOGIES AND THE ENVIRONMENT, OLD PROBLEMS OR NEW CHALLENGES, OLD PROBLEMS OR NEW CHALLENGES, THE PEW CHARITABLE TRUSTS, NEW YORK

11. M. Gail Jones, Michael R. Falvo, Amy R. Taylor, Bethany P. Broadwell, (2007), Nanoscale science, National Science Teachers Association, New York

12. Mohammad Shateri Khalil-Abad, Mohammad Esmail Yazdanshenas, Mohammad Reza Nateghi, (2009), Effect of cationization on adsorption of silver nanoparticles on cotton surfaces and its antibacterial activity, Cellulose, DOI 10.1007/s10570-009-9351-8

13. Moussa, Laura, (2007), Nanoscience and Nanotechnology Applied to Art Conservation: Improved Oddy Test Using Silver Nanoparticle Sensor, Honors Undergraduate Thesis, Approved by Dr. Paul Whitmore, Department of Chemistry, Carnegie, The Carnegie Mellon University

14. Nilda Vanesa Ayala-Núñez & Humberto H. Lara Villegas & Liliana del Carmen Ixtepan Turrent & Cristina Rodríguez Padilla, (2009), Silver Nanoparticles Toxicity and Bactericidal Effect Against Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus: Nanoscale Does Matter, Nanobiotechno, DOI 10.1007/s12030-009-9029-1

15. ROBERT A. BLANCHETTE , DETERIORATION IN HISTORIC AND ARCHAEOLOGICAL WOODS FROM TERRESTRIAL SITES, in : KOESTLER, R.J., KOESTLER, V.H., CHAROLA, A.E., AND NIETO-FERNANDEZ, F.E., (EDS.), ART, BIOLOGY, AND CONSERVATION: BIODETERIORATION OF WORKS OF ART, (2003), THE METROPOLITAN MUSEUM OF ART, NEW YORK, PP. 328-347

16. ROBERT A. BLANCHETTE, JOHN E. HAIGHT, ROBERT J. KOESTLER, PAMELA B. HATCHFIELD, & DORTHEA ARNOLD, ASSESSMENT OF DETE-

تأثیر اثر فتوکاتالیستی و آبدوستی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم در حفاظت از آثار تاریخی

محمد حدادی،* مریم افشار پور،**

عباس عابد اصفهانی***

*دانشجوی کارشناسی ارشد مرمت اشیا فرهنگی و تاریخی، دانشکده مرمت

دانشگاه هنر اصفهان (mohammad_hadadi2004@yahoo.com)

**عضو هیئت علمی دانشگاه تهران

***هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

چکیده

حفاظت و نگهداری از آثار تاریخی از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. این آثار نسبت به عوامل شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی محیط، از حساسیت بالایی برخوردار هستند و ایجاد شرایطی محیطی مناسب جهت حفاظت و نگهداری از این آثار ضروری می باشد. نانوذرات دی اکسید تیتانیوم به سبب ایجاد خواص فتوکاتالیستی، خاصیت «خود تمیز شوندگی» برای سطوح، فیلتر کردن اشعه ی UV، خواص ضد قارچی، تجزیه ی آلاینده های هوا و ... می توانند نقش مهمی در حفاظت و نگهداری آثار تاریخی داشته باشند. در حال حاضر بررسی ها بر روی تأثیر این ماده بر روی نگهداری و حفاظت از آثار تاریخی ادامه دارد و دستیابی به نتایج قطعی نیازمند بررسی های بیشتر و دستیابی به نتایج این تحقیقات می باشد.

کلید واژگان: حفاظت و نگهداری، نانوذرات دی اکسید تیتانیوم، خواص فتوکاتالیستی، آبدوستی

۱- مقدمه

فناوری نانو از جمله دانش های نوینی است که امروزه استفاده از آن در حفاظت و مرمت آثار تاریخی رو به افزایش است و نتایج قابل توجهی را در این زمینه بر جای گذاشته است. یکی از نانو ذراتی که می تواند در زمینه ی حفاظت و نگهداری آثار تاریخی مؤثر واقع گردد، نانوذرات دی اکسید تیتانیوم می باشد. «تا به حال استفاده های بسیاری از این نانو ذرات شده است و از آن در تولید انواع رنگ، لوازم آرایشی و بهداشتی، ساخت سرامیک، ساخت فتوکاتالیستها، تصفیه ی آب و فاضلاب، فیلتراسیون گازها، رنگ زدایی، از بین بردن سلولهای سرطانی، ساخت دیوارها و شیشه های خود تمیز شونده، شیشه های ضد مه، پوششهای مقاوم در برابر اشعه ی ماوراء بنفش» (www.sabainfo.ir، تاریخ دسترسی: ۱۳۸۸/۶/۱) «عایقهای دی الکتریک در قطعات نیم رسانا، پوششهای سخت در دندانپزشکی، لایه های فتولومینسانس، فتوکاتالیست در سلولهای خورشیدی و کاربردهای محافظ در برابر باکتریها و آلودگیهای روی سطوح مختلف، صنعت رنگ و استرلیزه کردن» (کریمی پور، ۱۳۸۶، ۵) «حذف تولوئن از هوا، تجزیه ی فتوکاتالیستی فنل» (www.umsha.ofis.ir، تاریخ دسترسی: ۱۳۸۸/۶/۱) استفاده شده است.

«دی اکسید تیتانیوم با وزن مولکولی ۷۹/۹ gr/mol یکی از رنگدانه های مهم در پوشش دهی کاغذ می باشد. رنگدانه ی دی اکسید تیتانیوم پودر سفید رنگی است که از نظر شیمیایی غیر فعال است و در تماس با سایر مواد معمولی که در سیستمهای پوششدهی به کار می روند غیر قابل واکنش می باشد. این ماده از نظر سفیدی در حد بالایی بوده و باعث ایجاد شاخص شکست نور بالایی در پوشش دهنده ها می شود.» (وفازاده، ۱۳۸۴، ۶۹)

۲- معرفی ماده ی دی اکسید تیتانیوم

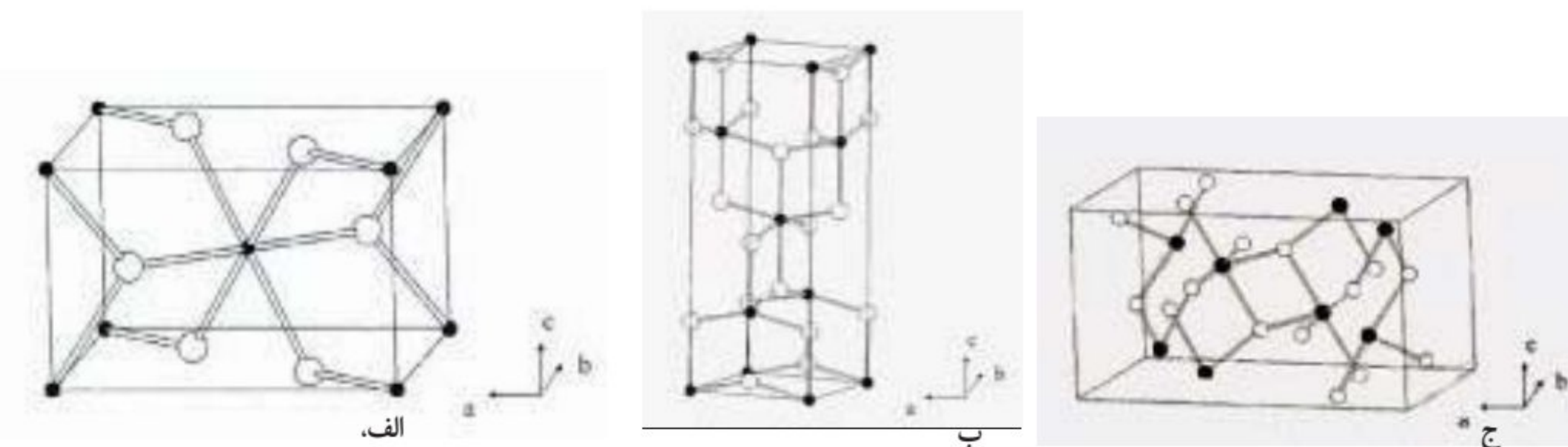
«در حالی که در گذشته تولید و مصرف اسید سولفوریک یکی از نشانه های رشد اقتصادی قلمداد می شد، در حال حاضر این نقش برای تیتانیا (TiO_2) در نظر گرفته می شود. تیتانیا به دلیل ضریب شکست بالایی که دارد هم اکنون به عنوان رنگدانه ی سفید استاندارد جای همه ی مواد مشابه را گرفته است. رنگدانه ی تیتانیا حدود ۶۰ درصد تولید رنگدانه های معمولی را تشکیل می دهد. در سال ۲۰۰۲ حدود ۴/۶ میلیون تن از این ماده تولید شده است و تولید این ماده سالانه به طور متوسط ۲ تا ۵ درصد در جهان افزایش داشته که همین مقدار در آینده نیز پیش بینی می شود. همچنین این ماده می تواند نور فرابنفش (UV) را جذب کند که از این خاصیت استفاده شده به عنوان جاذب نور فرابنفش در کرم های ضد آفتاب به کار می رود. از خواصی که آن را در زندگی بسیار کارا و مفید می سازد، خواص فتوکاتالیستی آن است. از این خاصیت برای تصفیه ی آب و فاضلاب ها، حذف آلودگی هوا در ساختمان ها، تسریع واکنش های فتوشیمیایی مانند تولید هیدروژن و ... استفاده می شود. همچنین خاصیت دیگری که این ماده از خود نشان می دهد خاصیت فوق آبدوستی آن است. این خاصیت که با خاصیت فتوکاتالیستی رابطه ی تنگاتنگی دارد باعث پدیده ی خود تمیز کنندگی

(Self Cleaning) در این ماده می شود. به همین دلیل لایه ای نازک از این ماده را روی سطح شیشه، کاشی و بعضی ظروف می نشانند تا مانع از کثیف شدن آن شوند.» (خواجه امینیان، ۱۳۸۶، ۲)

۱-۲- خواص فیزیکی تیتانیا

۱-۱-۲- ساختار کریستالی

«تیتانیا در سه ساختار کریستالی متفاوت وجود دارد. این سه ساختار که دارای خواص گوناگونی هستند عبارتند از روتایل، آناتاز و بروکایت. شکل ۱ سلول واحد هر یک از این ساختارها را نشان می دهد. ساختار روتایل پایدارترین ساختار کریستالی تیتانیا است. دو ساختار آناتاز و بروکایت به ترتیب در دماهای بالاتر از ۷۵۰°C و ۹۵۰°C به ساختار روتایل تبدیل می شود. تغییر ساختار آناتاز به روتال حدود ۱۲ KJ/Mol انرژی آزاد می کند. ساختار روتایل تادمای نزدیک نقطه ی ذوب تیتانیا که حدود ۱۸۴۰°C می باشد پایدار است. اتم تیتانیوم در هر سه ساختار ماده ی تیتانیا در یک هشت وجهی باشد اتم اکسیژن دیگر در تماس است. اهمیت ساختارهای آناتاز و روتایل از نظر تکنیکی و کاربردی بیشتر از ساختار بروکایت است، در حالی که خواص فیزیکی آنها با هم متفاوت است.» (Winkler, 2003, 13, 12)



شکل ۱: سلول واحد ساختارهای مختلف ماده ی تیتانیا که در آن کره های سیاه اتم تیتانیوم و کره های سفید اتم اکسیژن می باشد. الف، ساختار هگزagonal مربوط به فاز کریستالی روتایل، (ب) ساختار مکعبی مربوط به فاز کریستالی آناتاز، (ج) مربوط به فاز کریستالی بروکایت (Winkler, ۲۰۰۳، ۱۳)

جدول ۱: مشخصات ساختاری فازهای مختلف کریستالی ماده ی TiO_2 (Winkler, ۲۰۰۳، ۱۵)

فازهای کریستالی ماده TiO_2	روتایل	آناتاز	بروکایت
ساختار کریستالی	تتراگونال	تتراگونال	ارتورومبیک
a(nm)	۰/۴۵۹۴	۰/۳۷۸۵	۰/۹۱۸۴
b(nm)	۰/۴۵۹۴	۰/۳۷۸۵	۰/۵۴۴۷
c(nm)	۰/۲۹۸۵	۰/۹۵۱۴	۰/۵۲۴۵
حجم سلول واحد (nm^3)	۶۲/۰۷	۱۳۶/۲۵	۲۵۷/۳۸
حجم مولی (mol/cm^3)	۱۸/۶۹۳	۲۰/۱۵۶	۱۹/۳۷۷
ضریب سختی	۶/۵-۷	۵/۵-۶	۵/۵-۶
چگالی (g/cm^3)	۴/۲-۴/۳	۳/۸-۳/۹	۳/۹-۴/۱

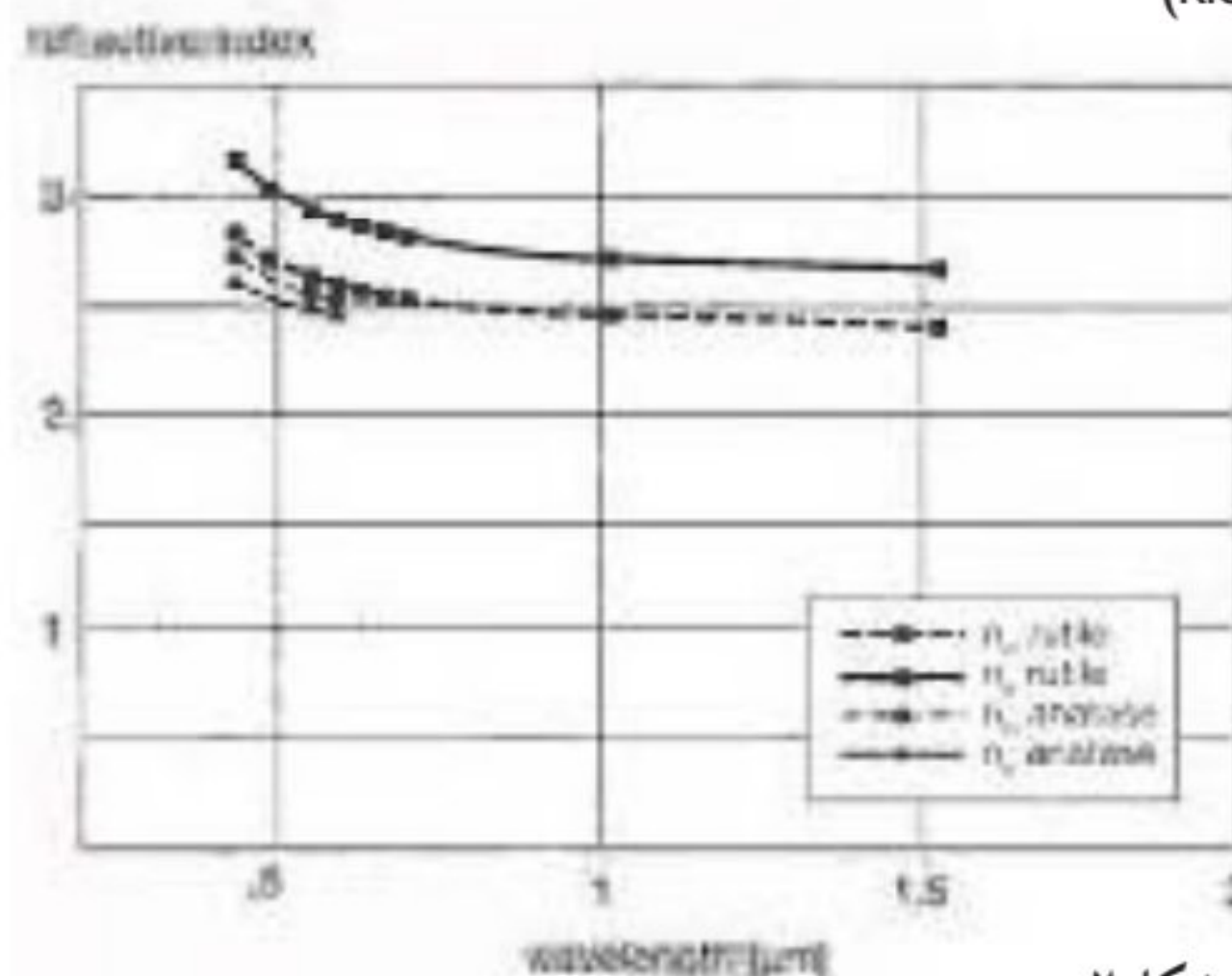
۲-۱-۲- سختی

در مقایسه با ساختار روتایل که از ضریب سختی ۵/۶ تا ۷ برخوردار است، ساختار آناتاز ضریب سختی کمتری حدود ۵/۵ تا ۶ دارد. به همین دلیل در مواردی که پایین بودن سختی منجر به فواید تکنیکی شود، مانند صنعت نساجی، پلاستیک و کاغذ از ساختار آناتاز استفاده‌ی بیشتری می‌شود.

۲-۱-۳- ضریب شکست نوری

بالا بودن ضریب شکست نوری ماده‌ی تیتانیا به همراه عدم جذب نور در محدوده‌ی مرئی از عواملی است که باعث کاربرد آن به عنوان رنگدانه‌ی سفید می‌شود. مطابق شکل ۲، ضریب شکست نوری هر دو ساختار روتایل و آناتاز با کاهش طول موج و نزدیک شدن به طول موج جذب افزایش می‌یابد. این پدیده که از اثر پاشندگی نوری ناشی می‌شود، برای یک ماده‌ی دی‌الکتریک مانند تیتانیا عادی است. متوسط ضریب شکست برای ساختار روتایل ۲/۷ و برای ساختار آناتاز ۲/۵۵ می‌باشد.

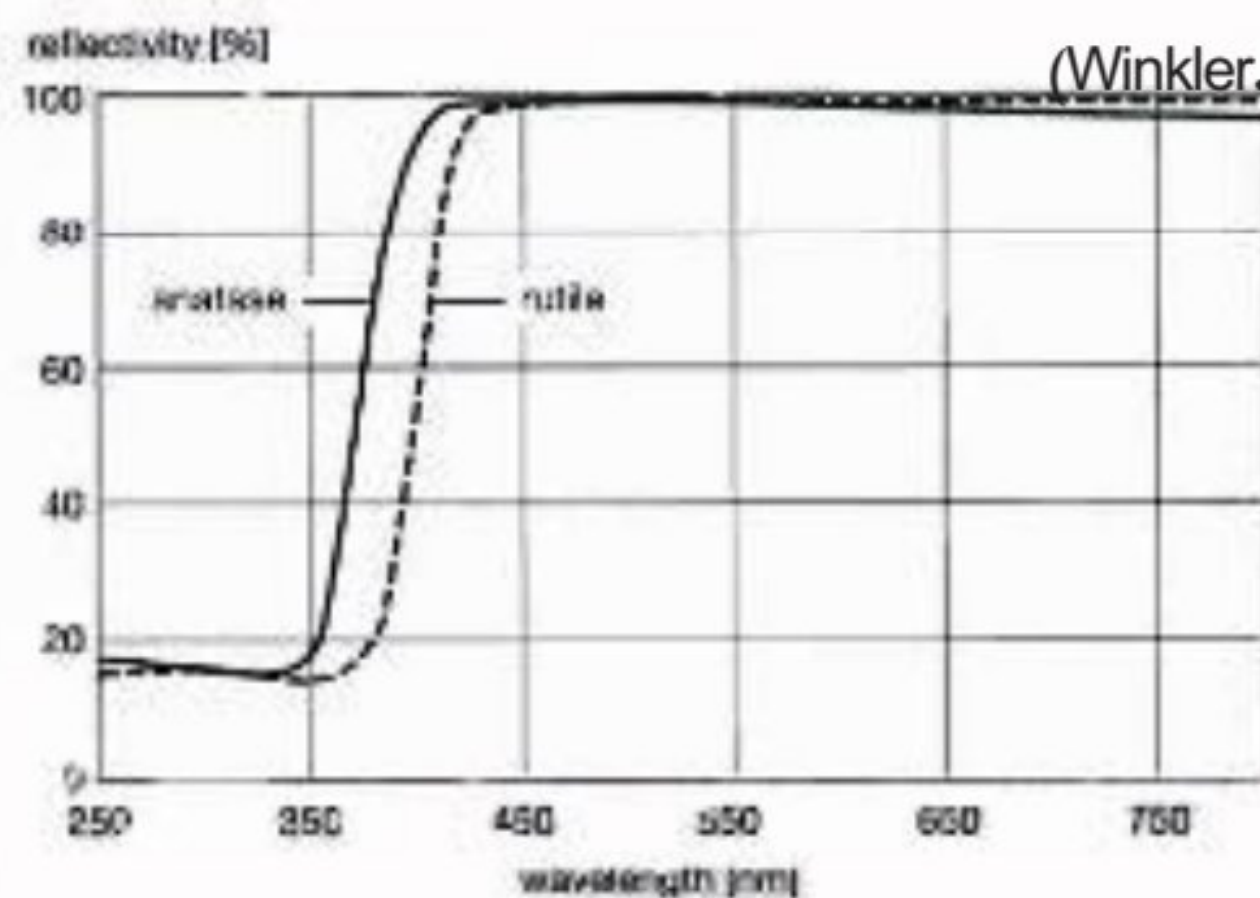
شکل ۲ نمودار ضریب شکست ساختارهای روتایل و آناتاز بر حسب طول موج نور را نشان می‌دهد. با افزایش طول موج نور ضریب شکست در راستاهای مختلف کریستالی کاهش می‌یابد. (Winkler, ۲۰۰۳, ۱۶)



شکل ۲

۲-۱-۴- طیف جذب نوری

«طیف عبوری و بازتاب ساختارهای آناتاز و روتایل تفاوت اندکی با هم نشان می‌دهد. طیف بازتاب نوری ماده‌ی تیتانیا در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل برای ساختار آناتاز تیتانیا در طول موج ۳۷۷ nm و برای ساختار روتایل آن در طول موج ۳۹۷ nm کاهش چشمگیری مشاهده می‌شود. این کاهش بازتاب مربوط به جذب ماده‌ی تیتانیا است. با استفاده از رابطه‌ی پلانک مقدار شکاف انرژی (Band gap energy) E_g) برای این دو ساختار به ترتیب ۳/۲۸۹ eV و ۳/۱۲۷ eV به دست می‌آید. شکاف انرژی که از برون-یابی منحنی و تقاطع با محور به دست می‌آید به ترتیب ۳/۱۵ و ۳/۰۳ الکترون ولت است. کوچکتر بودن طول موج جذب فرابنفش در ساختار آناتاز نسبت به روتایل موجب می‌شود ساختار آناتاز کاربرد بیشتری در صنعت داشته باشد...» (Winkler, ۲۰۰۳, ۱۷)



شکل ۳: طیف بازتاب نوری ساختارهای روتایل و آناتاز تیتانیا طول موج جذب نوری این ساختارها را به ترتیب ۳۹۷ nm و ۳۷۷ nm نشان می‌دهد. (Winkler, ۲۰۰۳, ۱۷)

۲-۲- خواص شیمیایی تیتانیا

«فلز تیتانیوم شبیه به آلومینیوم و نسبتاً واکنش پذیر است. این فلز میل به تشکیل اکسید پایدار دارد و در اتمسفر به دلیل لایه‌ی اکسیدی محافظ پایدار است. حالت اکسیدی مرجع آن Ti^{4+} است که دی‌اکسید تیتانیوم بسیار پایدار بوده به سختی واکنش پذیر است. مقدار کمی کمبود اکسیژن ممکن است در سطح تیتانیا به وجود آید که به دلیل تشکیل Ti^{3+} رنگ خاکستری یا آبی تیره ایجاد می‌کند. این پدیده روی سطح برگشت پذیر بوده با اکسیژن محیط دوباره واکنش می‌دهد. تیتانیا در حضور عوامل کاهنده مانند کلرید قلع تحت تابش فرابنفش و بدون حضور اکسیژن، رنگ خاکستری-آبی تولید می‌کند که از آن به عنوان نشانگر میزان واکنش پذیری تیتانیا می‌توان استفاده کرد.

تیتانیا در واکنش با هیدروپروکسید (Hydro peroxide H_2O_2) حتی در دمای اتاق تولید جامد زرد رنگی با ساختار شبکه‌ای $TiOOH$ می‌کند. روی سطح ذرات تیتانیا برای ساختارهای روتایل و آناتاز در هر نانومتر مربع به ترتیب تقریباً ۵/۶ و ۸ گروه OH وجود دارد که قابلیت واکنش با پروکسید را دارا می‌باشد. غیر از واکنش فتواکسیداسیون، پروکسید هیدروژن تنها ماده‌ای است که با تیتانیا واکنش می‌دهد و در ساخت محلولهای حاوی نانوذرات تیتانیا کاربرد دارد.» (خواجه امینیان, ۱۳۸۶, ۷)

۳-۱- دیگر خواص

«تیتانیا به طور کلی یک عایق است. ثابت دی‌الکتریک این ماده بزرگ و حدود ۱۰۰ می‌باشد و به همین دلیل به عنوان عایق الکتریکی در خازن‌ها استفاده می‌شود. ظرفیت گرمایی ویژه‌ی این ماده J/gK ۰/۶۹ است. هم‌چنین تیتانیا به طور ضعیف پارامغناطیس می‌باشد. این ماده پایداری نسبتاً خوبی دارد اگر چه در $100^\circ C$ با از دست دادن کمی اکسیژن اندکی خاکستری رنگ به نظر می‌رسد. هم‌چنین تیتانیا در $400^\circ C$ به دلیل انبساط شبکه‌ی کریستالی کمی زرد رنگ دیده می‌شود که این پدیده برگشت پذیر است.» (Winkler, 2003, 19)

۳- خاصیت فتوکاتالیستی TiO_2

«فتوکاتالیست ترکیبی از دو کلمه ی فتو به معنی نور و کاتالیست است و به طور کلی به نیمه رساناهایی که با تابش نور خاصیت فتوکاتالیستی پیدا می کنند اشاره دارد. تفاوتی که بین فتوکاتالیست و کاتالیست وجود دارد در این است که در کاتالیست تشکیل یک حد واسط باعث پیشرفت واکنش می گردد در حالیکه در فتوکاتالیست در اثر تابش نور زوج الکترون-حفره ایجاد می شود که با شرکت در واکنش باعث تسریع واکنش می گردند.» (Linsebigler, 1995, 739)

«در سال ۱۹۷۲ م فوجی شیما (Fujishima) و هوندا (Honda) متوجه شدند که آب در سطح الکتروکاتالیست TiO_2 طی یک فرآیند کاتالیستی به اکسیژن و هیدروژن تبدیل می گردد. این پدیده نقطه ی شروع فعالیت هادر زمینه ی کاتالیست های ناهمگن بود. از آن پس تلاش های زیادی از سوی محققین در جهت فهم اصول بنیادی فرآیندهای کاتالیستی و افزایش بازده آن انجام شد. اغلب مطالعات به تبدیل و ذخیره سازی انرژی مربوط می شدند.» (قاسمی، ۱۳۸۶، ۷)

مواد فتوکاتالیست هم چون TiO_2 , CdS , SnO_2 و... توانایی شروع واکنش های اکسایش-کاهش گوناگون را بر روی سطح خود با جذب انرژی تابش UV دارا می باشند. سوسپانسیون های پودر TiO_2 جهت اکسیداسیون فتوکاتالیستی ترکیبات آلی و معدنی در محلول های آبی به منظور حذف ناخالصی های آب به کار می رفته است. دیده شده است که بسیاری از ترکیبات آلی طی این فرآیند به دی اکسید کربن و آب تجزیه می شوند.

«ترکیبات خطرناک آلی هم چون خوشبو کننده ها (Aromatics)، چربیها (Lipids)، رنگ ها (Pyes)، حشره کش ها (Insecticides)، آفتکشها (Pesticides) و... از آلوده گیهای اصلی هستند که توسط صنایعی هم چون داروسازی، نساجی، کشاورزی، غذایی و... وارد محیط میگردند. بسیاری از این سموم قابل تجزیه به ترکیبات بیضرر (مانند آب و دی اکسید کربن) در طی واکنش های فتوکاتالیستی میباشند.» (Hilmi, 1999, 869)

« TiO_2 یکی از رایج ترین هادی های فتوکاتالیست است. تجزیه ی فتوکاتالیستی آب به هیدروژن و اکسیژن، بدون استفاده از یک پتانسیل الکتریکی خارجی، که در سال ۱۹۷۲ گزارش شد، به عنوان مبدأ تحقیقات علمی و تئوری بر روی خاصیت فتوکاتالیستی TiO_2 در نظر گرفته می شود.» (Fujishima, 2000, 1)

استفاده از یک نیروی الکتریکی خارجی به اندازه ی ۰/۲ ولت برای تولید هیدروژن طی این واکنش، در برخی مطالعات گزارش شده است.

$TiO_2 + 2h\nu \rightarrow 2e^- + 2h^+$	1-3 (بر روی الکتروکاتالیست TiO_2)
$H_2O \xrightarrow{2h^+} \frac{1}{2}O_2 + 2H^+$	2-3 (بر روی الکتروکاتالیست پلاتین)
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	3-3 واکنش کلی به صورت زیر است
$H_2O + 2h\nu \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + H_2$	

۳-۱- برانگیختگی الکترونی نیمه هادی TiO_2
انرژی باند گپ (Band Gap) نیمه هادی TiO_2 در حدود

3.2 eV برای فاز آناتاز (Anatase) (فاز دما پایین دی اکسید تیتانیوم، که در دماهای زیر 700°C پایدار است) و 3 eV برای فاز روتایل (Rutile) (فاز دما بالای TiO_2 که در دمای بالای 700°C پایدار است) می باشد.

«اگر امواج الکترومغناطیسی فرابنفش نزدیک به نور مرئی با طول موج کمتر از 390 nm جذب سطح نیمه هادی شوند، انرژی فعال سازی کافی برای غلبه بر این سد انرژی را خواهند داشت و با جذب کوانتوم ها یک الکترون را جهت انتقال از باند ظرفیت (Valence Band) به باند هدایت (Conduction Band) خالی برانگیخته می کنند و یک نقص الکترونی (حفره) را در باند ظرفیت ایجاد می کنند. اگر این حامل های بار که در باند گپ تولید می شوند، دوباره با یکدیگر ترکیب نشوند (که می تواند در چند ثانیه اتفاق بیفتد)، ممکن است به سطح نیمه هادی منتقل شده و توسط واکنش دهنده جذب گردند و یا در سطح فتوکاتالیست دوباره با هم ترکیب شوند.» (Linsebigler, 1995, 737). تولید حامل های بار (جفت الکترون-حفره) مرحله ی ابتدایی تجزیه ی ترکیبات آلی و معدنی در سطح نیمه هادی هاست.

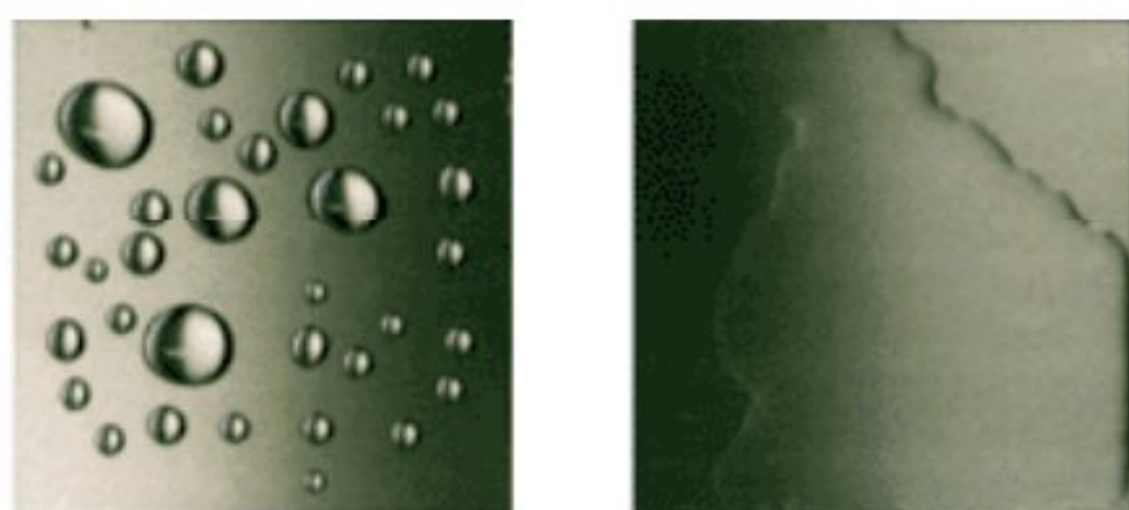
«هفت مرحله فرآیند فتوکاتالیستی عبارتند از:

- ۱- انتقال واکنش دهنده (مثلاً آلودگی) به فرم های گاز یا مایع بر روی سطح کاتالیزور
- ۲- جذب واکنش دهنده ها به وسیله ی سطح فتوکاتالیست
- ۳- ایجاد جفت های الکترون-حفره ی تولید شده با انرژی نوری
- ۴- جدا شدن الکترون ها و حفره ها به وسیله ی دام های موجود در سطح TiO_2
- ۵- واکنش القاشده با نور فتوکاتالیست با واکنش دهنده ها
- ۶- واکنش محصولات واکنش
- ۷- حذف محصولات از ناحیه ی فصل مشترک واکنش دهنده- TiO_2 (Herrmann, 1999, 117)

۴- آبدوستی TiO_2

«خاصیت فوق آبدوستی سطح به آب اجازه می دهد تا به طور کامل بر روی سطح پخش شود تا اینکه به طور قطره باقی بماند. در نتیجه شیشه های با پوشش TiO_2 ، ضد مه و خود تمیز کننده می شوند.» (Guan, 2003, 219)

«توانایی کنترل ترشوندگی سطوح مواد در بسیاری جاها مهم است. وانگ (wang) و همکارانش تولید سطح بسیار آبدوست و روغندوست (Amphiphilic) دی اکسید تیتانیوم را گزارش کرده اند. خاصیت بی همتای این سطوح به ترکیب ریز ساختارهای آبدوست و روغن دوست که تحت تابش UV حاصل میشوند نسبت داده می شود. آنها یک لایه ی نازک پلی کریستالی TiO_2 از سل آناتاز بر روی زیر لایه ی شیشه، با آنیلینگ در دمای 773 K به دست آوردند. این لایه قبل از تابش نور UV زاویه ی تماسی در حدود $72 \pm 1^\circ$ درجه برای آب نشان داده است. پس از تابش قطرات آب بر روی فیلم پخش میشوند و زاویه ی تماسی در حدود $1 \pm$ صفر درجه تولید می نمایند. چنین تغییری در ترشوندگی هنگامی آشکارتر است که شیشه های با پوشش TiO_2 در معرض بخار آب قرار گیرند، به طوری که قبل از تابش نور UV قطرات



Before UV irradiation (waterdrops) After UV irradiation (flatly spreading)

شکل ۵- قبل و بعد از تابش نور UV

۲-۴- مکانیزم آبدوستی TiO_2

«دی اکسید تیتانیوم ماده‌ای است که می‌تواند در شرایطی حالت آبدوستی خود را تشدید کند. چنانچه سطح این ماده با نور فرابنفش تحریک شود، در مجاورت آب پیوندهای اکسیژن این ماده شکسته شده و به پیوند هیدروکسیل تبدیل می‌شود. بنابراین هر اتم تیتانیوم روی سطح دارای دو گروه هیدروکسیل بوده و می‌تواند مولکول‌های آب را با پیوند هیدروژنی جذب نماید. از این رو سطح این ماده خاصیت فوق آبدوستی به خود می‌گیرد. سطح دی اکسید تیتانیوم در این حالت با مولکول‌های آلی که عموماً غیر قطبی هستند پیوند واندروالس ضعیفی برقرار می‌کند و چسبندگی این مواد به سطح کم است. از این رو سطوحی که با این ماده پوشش داده می‌شوند در اثر چسبیدن مولکول‌های آلی کمتر کثیف می‌شوند، یا اینکه بعد از کثیف شدن، تماس با آب می‌تواند این مولکول‌ها را از سطح بلند کرده و آن را دوباره تمیز نماید.

جذب ترجیحی مولکول‌های آب در مکان‌های عیوب سطحی ایجاد شده‌ی نوری TiO_2 ، منجر به آبدوستی سطح فیلم‌های TiO_2 می‌گردد. فرآیندهای تشکیل این عیوب سطحی توسط واکنشهای زیر بیان می‌شود:

$\text{TiO}_2 + 2h\nu \rightarrow 2h^+ + 2e^-$	1-4
$\text{O}^{2-} + 2e^- \rightarrow (1/2)\text{O}_2 + (\text{Oxygen Vacancy})$	۲-۴
$\text{Ti}^{4+} + e^- \rightarrow \text{Ti}^{3+} + (\text{Surface Trapped Electron})$	3-4

در این فرآیند، الکترون و حفرات به آرامی تولید میشوند که الکترون‌ها، کاتیون‌های Ti^{4+} را به Ti^{3+} احیا می‌کنند و الکترون‌های به دام افتاده‌ی سطحی را ایجاد می‌کنند. این الکترون‌های به دام افتاده‌ی سطحی تمایل به واکنش ناگهانی با اکسیژن جذب شده روی سطح TiO_2 دارند و باعث تشکیل یون‌های O_2^- و O_2 می‌گردد. حفرات نیز، یون‌های O_2^- را اکسید می‌کنند و جای خالی اکسیژن (Oxygen Vacancy) به وجود می‌آید که مولکول‌های آب، درون حفرات اکسیژن قرار می‌گیرند و باعث جذب گسسته‌ی مولکول‌های آب روی سطح می‌شوند. (Yu, 2002, 331) این فرآیند منجر به افزایش مقدار هیدروکسیل روی سطح خیلی نازک TiO_2 پرتوافکنی شده و افزایش خاصیت فوق آبدوستی آن می‌گردد که این فرآیند به چگالی سطحی گروه‌های اکسیژن

آب بر روی شیشه ایجاد می‌شوند و بعد از تابش اثری از آنها مشاهده نشده و شیشه شفاف است.» (Wang, 1997, 431)

۱-۴- فوق آبدوستی (Superhydrophilicity)

«در محیط زندگی ما سطح یک ماده قطرات آب را تا حدود چند درجه دفع می‌کند. درجه‌ی دفع آب از یک ماده به عنوان زاویه‌ی تماس قطره‌ی آب با سطح تعریف می‌شود. بر روی شیشه یا دیگر مواد معدنی، قطره‌ی آب زاویه‌ی تماسی در محدوده‌ی ۲۰ تا ۳۰ درجه دارد. بر روی سطح پلاستیک‌ها این زاویه‌ی تماس معمولاً بین ۷۰ تا ۹۰ درجه است. در پلاستیک‌های دافع آب نیز، مانند رزین‌های سلیکون و فلوئورورزین‌ها زاویه



شکل ۴- زاویه‌ی تماس قطره‌ی آب با سطوح شیشه، رزین و رزین آب‌گریز

یک لایه‌ی نازک متشکل از دی اکسید تیتانیوم که با افزودنی‌های متناسب ترکیب شده است، در ابتدا زاویه‌ی تماسی در حدود چندین ده درجه از خود نشان می‌دهد. هنگامی که این سطح در معرض تابش نور UV قرار بگیرد، زاویه‌ی تماس آب بر روی آن شروع به کاهش کرده و آب به جای قطره‌ای شدن، تمایل به پخش شدن بر روی سطح تخت دارد. در نهایت نیز زاویه‌ی تماس قطره‌ی آب به صفر درجه می‌رسد. در این حالت سطح به طور کامل غیر آب‌گریز شده که در اصطلاح به آن فوق آبدوستی می‌گویند.

این سطح قابلیت حفظ زوایای کم آب را برای یک تا دو روز بدون قرار گرفتن تحت تابش اشعه‌ی فرابنفش دارد. سپس زاویه‌ی تماس به آهستگی افزایش یافته و سطح دوباره آب‌گریز (Hydrophobic) می‌گردد. در این نقطه، به سادگی با تحت تابش نور UV قرار دادن سطح، می‌توان خاصیت فوق آبدوستی را به آن برگرداند. به طور خلاصه این نوع فتوکاتالیست، تنها ماده‌ای است که خاصیت پایدار ولی با مدت زمان محدود فوق آبدوستی را به طور عملی از خود نشان می‌دهد. قبل از اینکه سطح تحت تابش نور UV قرار بگیرد زاویه‌ی تماس آب بر روی آن بیشتر از ۴۰ درجه است و آب بر روی سطح تشکیل قطره می‌دهد. پس از تابش نور UV به سطح زاویه‌ی تماس آب تقریباً به صفر درجه رسیده و آب به شکل یک لایه‌ی نازک بسیار یکنواخت در می‌آید که از لحاظ نوری به مانند یک ورقه‌ی شیشه‌ای عمل می‌کند. « (جوادی، ۱۳۸۶، ۱۸-۲۰) (شکل ۵)

پلزن بستگی دارد و باعث ایجاد لایه ای غیر یکنواخت از حفره های آبدوست روی سطح پرتوافکنی شده می گردد.

«فوق آبدوستی نیز با استفاده از عملکرد فتوکاتالیست ایجاد می گردد و این خاصیت فوق آبدوستی ایجاد شده ی نوری، همراه با فعالیت فتوکاتالیستی نیمه هادی توسط بخش UV خورشید تا زمانی حفظ می شود که تمام آلودگی های روی سطح، تجزیه ی نوری شوند و یا از طریق آب باران شسته شوند.» (Mills, 2003, 185)

از آنجایی که فتوکاتالیست TiO_2 ، مولکول های آبگریز را تجزیه و متلاشی می کند و آنها از ابتدا روی سطح مواد وجود دارند، فیلم خیلی نازکی از آب جذب فیزیکی شده روی سطح تشکیل می شود که این فیلم نازک آب، منشأ فوق آبدوستی می باشد.

«اندازه گیری زاویه ی تماس قطره ی آب در زمان های مختلف از تابش نور UV، نشان می دهد که زاویه ی تماس با افزایش زمان تابش نور UV، کاهش می یابد و بعد از مدتی به یک سطح کاملاً آبدوست تبدیل می گردد که در این حالت زاویه ی تماس قطره ی آب ۵ درجه و کمتر است. اما این وضعیت برای مدت کوتاهی باقی می ماند و سپس در تاریکی، زاویه ی تماس به مقدار قبل از تابش، افزایش می یابد که به دلیل اکسیداسیون مجدد Ti^{3+} و جایگزینی هیدروکسیل های سطحی با آنیون های اکسیژن و از بین رفتن عیوب اکسیژن می باشد.» (Yu, 2002, 332)

«اثرات مشابهی با آبدوستی در مورد روغن نیز در سطوح TiO_2 بعد از تابش UV مشاهده شده، یعنی این سطوح، فوق چربی دوست نیز می باشند و آب و روغن دوست هستند.» (Wang, 1997, 431)

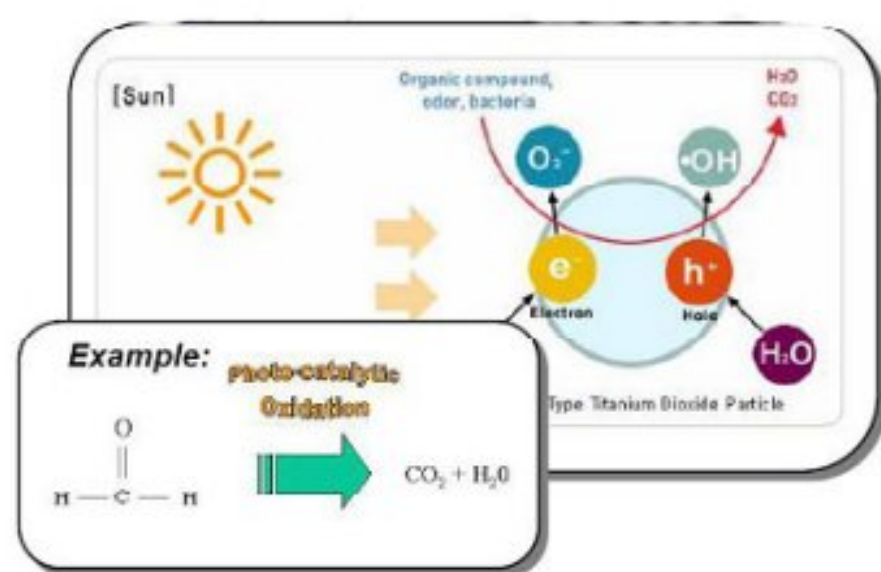
یعنی آلودگی های بر پایه ی روغن یا بر پایه ی آب، محکم به این سطوح می چسبند و به راحتی در آب شسته میشوند. به علاوه اثرات خود شستشویی و اثرات ضد غبار و ضد مه برای پنجره ها و شیشه ها به عنوان عملکرد های خواص فوق آبدوستی قابل توجه هستند.

۵- ارتباط بین فتوکاتالیستی و آبدوستی TiO_2

«ساز و کار انجام شدن این دو فرآیند با هم متفاوت است. اگر چه در قسمت هایی از ساز و کار واکنش ها، این دو خاصیت با یکدیگر مشابه هستند، ولی خاصیت فتوکاتالیستی و آبدوستی TiO_2 ، با یکدیگر متفاوت هستند. در واقع بعد از تولید شدن الکترون و حفره (قسمت مشابه دو خاصیت) در اثر تابش نور، دو واکنش متفاوت از هم ممکن است اتفاق بیفتد. واکنشی که در آن الکترون - حفره های تولید شده با آب و اکسیژن هوا واکنش می دهند و تولید رادیکال هیدروکسیل و رادیکال آنیون سوپراکسید می کنند، منجر به خاصیت فتوکاتالیستی TiO_2 شده و واکنشی را که در آن الکترون - حفره های تولید شده با کاتیون های Ti^{4+} واکنش داده و در نهایت تولید فضای خالی اکسیژن می کنند، منجر به خاصیت آبدوستی TiO_2 می شود. انجام این دو واکنش

هیچ منافاتی با هم نداشته و هر دو هم زمان نیز روی یک سطح می توانند اتفاق بیافتند. یعنی در روی یک سطح، هم خاصیت فتوکاتالیستی و هم خاصیت آبدوستی به طور هم زمان می تواند وجود داشته باشد. بسته به اینکه واکنش فتوکاتالیستی بیشتر انجام شود (بازده بیشتری داشته باشد) یا واکنش مربوط به آبدوستی، یک سطح می تواند خاصیت فتوکاتالیستی بیشتر و آبدوستی کمتر یا بالعکس داشته باشد. تأثیر متقابل فتوکاتالیستی و آبدوستی می تواند اینگونه توضیح داده شود: به خاطر گروه های بیشتر هیدروکسیل که به واسطه ی آبدوستی می توانند بر روی سطح جذب شوند، فعالیت فتوکاتالیستی افزایش می یابد و بنابراین آبدوستی می تواند فتوکاتالیستی را افزایش دهد. از طرف دیگر، سطح فیلم توانایی جذب ترکیبات آلوده را دارد که در نتیجه سطوح آبدوست را به سطوح آب گریز تبدیل می نماید. خاصیت فتوکاتالیستی، ترکیبات آلی موجود بر روی سطح را تجزیه کرده و منجر به بازگرداندن آبدوستی می شود و از این نظر، فتوکاتالیستی آبدوستی را بهبود بخشیده و این خاصیت را برای مدت طولانی باقی نگه می دارد. یک سطح که تنها آبدوست است نمی تواند برای همیشه اثر خود تمیزکنندگی را باقی نگه دارد. فتوکاتالیستی به دو طریق زیر نقش مهمی در بقای خود تمیزکنندگی بازی می کند:

- ۱- تجزیه ی ترکیبات آلوده به H_2O و CO_2 و ترکیبات آلی برای به دست آوردن اثر خود تمیزکنندگی به طور مستقیم
- ۲- تجزیه ی ترکیبات آلوده برای بازگرداندن خاصیت آبدوستی و به دست آوردن اثر خود تمیزکنندگی به طور غیر مستقیم» (جوادی، ۱۳۸۶، ۲۶)



شکل ۶- نمایش اثر فتوکاتالیستی دی اکسید تیتانیوم
منبع: www.andishehgostar.com

تاریخ دسترسی: ۱۳۸۸/۵/۸

کاربردهای TiO_2

«خاصیت باکتری کشی این اکسید تحت تابش UV، امکان استفاده از TiO_2 به عنوان سطوح خود ضد عفونی کننده در بیمارستان ها و مراکز بهداشتی را برای ما فراهم می کند. خاصیت روغن دوستی سطوح تحت تابش UV (دی اکسید تیتانیوم)، که وابسته به خاصیت فتوکاتالیستی آن است، سطوح پوشش داده شده با TiO_2 را قادر می سازد تا به عنوان ماده ی خود تمیز شونده و ضد مه عمل کند. کاربردهای پزشکی TiO_2 مانند پوشش های ضد باکتری لوازم جراحی و عوامل ضد سرطان جهت کشتن سلول های سرطانی در دهه ی گذشته مورد مطالعه قرار گرفته اند. جدول ۲ کاربردهای

جدول ۲- کاربردهای منتخب TiO_2 فتوکاتالیست		
کاربرد	طبقه بندی	خاصیت
کاشی های بیرونی، اجزای تشکیل دهنده ی حمام و آشپزخانه، مبلمان داخلی، سطوح پلاستیکی، سنگ ساختمان، کاغذ دیواری و ... پوشش های کاغذی لامپ های منزل، پوشش لامپ فلوئورسنت و پوشش شیشه ای لامپ های تونل ها و بزرگراه ها دیواره ی تونل، دیوار عایق صوت، علائم راهنمایی و رانندگی لباس های بیمارستانی و اسپری پوشش اتومبیل تمیز کننده ی هوای اتاق، تهویه ی مطبوع مجهز به سیستم فتوکاتالیستی، تهویه ی هوای داخل کارخانه جات بزرگراه ها، جاده ها، پیاده روها و تونل ها آب رودخانه ها، آب چاه، دریاچه، تانکهای نگهداری آب آکواریوم ماهی، فاضلاب های صنعتی دستگاه های شبیه آندوسکوپی کاشی دیوار و کف اتاق عمل، لباس افراد بیمارستان اتاق انتظار عمومی، حمام ها، اتاق پرورش موش آزمایشگاهی	مواد و مصالح به کار رفته در ساختمانهای اداری و مسکونی	خود تمیز کنندگی
	لامپ های بیرونی و درونی و سیستم های وابسته به آن	
	مصالح جاده ها	
	غیره	
	تمیز کننده های هوای داخل	تمیز کردن هوا
	تمیز کننده های هوای بیرون	
	آب نوشیدنی	تصفیه و خالص سازی آب
	غیره	
	درمان سرطان	فعالیت ضد سرطانی
	بیمارستان	
	غیره	خود ضد عفونی کنندگی

نتیجه گیری

همان طور که ذکر شد حفاظت و نگهداری اصولی از آثار تاریخی از اهمیت بالایی برخوردار می باشد و می بایست شرایط مناسب و لازم را بدین منظور فراهم کرد. آثار تاریخی در مقابل عوامل مختلفی مانند نور، آلودگی های جوی، میکروارگانیسم ها و ... آسیب پذیر می باشند. میزان آسیب پذیری این آثار به عوامل متعددی از جمله جنس این آثار،

مکان نگهداری، شرایط محیطی، میزان آلاینده های محیطی و بیولوژیک و ... بستگی دارد. دی اکسید تیتانیوم با توجه به خواصی مانند خواص فتوکاتالیستی، آبدوستی، فیلتر کردن اشعه UV، ضد قارچی و ... می تواند در امر حفاظت و نگهداری چند جانبه آثار تاریخی موثر باشد. این خواص می تواند این آثار را در مقابل عوامل مخرب نامبرده حفظ کند. در حال حاضر تحقیقات بر روی کاربرد این ماده در حفاظت و

of TiO₂ deposited on glass plates for removal of metals from aqueous wastes", chemosphere, V 38, NO 4, PP 865-876

13. Herrmann. J.M, (1999), "Heterogeneous photocatalysis: fundamentals and applications to the removal of various types of aqueous pollutants", Catalysis Today , V53, PP 115-129

14. Javier Marugan And ..., (2009), "Synthesis, characterization and activity of photocatalytic sol-gel TiO₂ powders and electrodes", Applied Catalysis B: Environmental, V 89, PP273-283

15. King lun. Yeng, (2009), «reactivity and antimicrobial properties of nanostructured titanium dioxid», catalysis today, v 141, pp 218-224

16. Linsebigler. A, Lu. G, (1995), Chem.Rev, V 95, PP 735

17. Mills. Andrew, Hunte. Stephen Le, (1997), " An overview of semiconductor photocatalysis", Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, V۱۰۸, PP ۳۵-۱

18. Mills. Andrew, &..., (2003), "Thick titanium dioxide films for semiconductor photocatalysis, "Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, V 160, PP 185-194

19. Peruchon. L & ..., (2008), "Characterization of self-cleaning glasses using Langmuir-Blodgett technique to control thickness of stearic acid multilayers Importance of spectral emission to define standard test", Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, V197 , pp 170-176

20. Winkler. Joeheh, (2003), " Titinium Dioxide", Vincentz Network, Hannover, Germany

21. Xiujian Zhao..(2008)"Development of multifunctional photoactive self-cleaning glasses"Journal of Non-Crystalline Solids,v 354, pp 1424-1430

22. Yu. J.C & ..., (2002), "Light-induced super-hydrophilicity and photocatalytic activity of mesoporous TiO₂ thin films" Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry , V148, PP 331-339

23. تاریخ دسترسی: www.andishehgostar.com- ۱۳۸۸/۵/۸

۲۴. www.sabainfo.ir- ۱۳۸۸/۶/۱ تاریخ دسترسی:

۲۵. www.umsha.ofis.ir- ۱۳۸۸/۶/۱۱ تاریخ دسترسی:

نگهداری آثار تاریخی هم به طور مستقیم در ساختار این آثار و هم به طور غیر مستقیم به عنوان عاملی موثر در حفظ و نگهداری آن‌ها ادامه دارد و رسیدن به نتایج قطعی در مورد اثربخشی این ماده نیازمند کامل شدن این تحقیقات و دستیابی به نتایج این تحقیقات می باشد.

منابع

۱. پور عطا، رحمت ا...، (۱۳۸۵)، «تهیه ی نانوذرات TiO₂ و مطالعه ی خواص فتوکاتالیزی آن در حذف علف کش بنتازون از آب های آلوده طی فرآیند UV-TiO₂»، پایان نامه ی دوره ی کارشناسی ارشد، دانشکده ی شیمی، دانشگاه تبریز

۲. خواجه امینیان، محسن، (۱۳۸۶)، «ساخت و تثبیت نانو ذرات TiO₂ روی بسترهای رشته ای به منظور خواص فتوکاتالیزی»، پایان نامه ی دوره دکتری، دانشکده ی فیزیک دانشگاه صنعتی شریف

۳. جوادی، حمید، (۱۳۸۶)، «بررسی پارامترهای مؤثر در ایجاد نانو لایه ی TiO₂ - SiO₂ بر روی شیشه جهت خود تمیز کنندگی»، پایان نامه ی دوره ی کارشناسی ارشد نانو مواد، دانشکده ی فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس

۴. حبیب نژاد، مهدی، و ...، (۱۳۸۶)، «نانو مواد و مواد نانو ساختار: خواص، روش های تولید و کاربردها»، فراندیش، تهران

۵. سیم چی. عبدالرضا، (۱۳۸۷)، «آشنایی با نانوذرات، خواص، روش های تولید و کاربرد»، مؤسسه ی انتشارات علمی، تهران

۶. قاسمی، شهناز، (۱۳۸۶)، «بررسی سینتیک و مکانیسم تخریب رنگ های آزو در حضور فتوکاتالیست های بر پایه ی نانوذرات دی اکسید تیتانیوم»، پایان نامه ی دوره ی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشکده ی شیمی دانشگاه صنعتی شریف

۷. کریمی پور، مسعود، (۱۳۸۶)، «سنتر لایه نشانی و مطالعه ی خواص ساختاری و اپتیکی نانوذرات ولایه های نازک تیتانیوم اکساید (TiO₂) به روش اسپری پیرولیز و سل ژل»، پایان نامه ی دوره ی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد

۸. وفازاده، ملوس، (۱۳۸۴)، «بررسی اثر کاربرد رنگدانه های نانو در بهبود خواص سطحی کاغذ»، پایان نامه ی دوره ی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشکده ی فنی دانشگاه تهران

9. Chabas. A & ..., (2008), "Behaviour of self-cleaning glass in urban atmosphere", Building and Environment", v 43, pp 2124-2131

10. Fujishima. A & ..., (2000), "Titanium dioxide photocatalysis "Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews, V 1, PP 1-21

11. Guan. K & ..., (2003), "Enhanced effect and mechanism of SiO₂ addition in super-hydrophilic property of TiO₂ films ", Surface and Coatings Technology , V 173, PP219-223

12. Hilmi. A, Luong. J.h.t, (1999), " Utilization

کاربرد ذرات نانوهیدروکسید کلسیم برای اسیدزدایی چوب: کاهش انتشار بخارات اسیدی آلی از محیط داخل ارگ کلیسا

ردوریکو، ج. داوید، چ.

برگردان به فارسی: روجا زرودی

دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان
ROja_u_curpet@yahoo.com

چکیده

بخارهای اسید فرمیک و استیک از ارگی چوبی قدیمی باعث خورده شدن لوله های سربی آن میشود. این اسیدها به آرامی و به مرور در طول استفاده از ارگ و یا زمانی که ارگ استفاده نمی شود از آن ساطع می شوند. برای جلوگیری از این پروسه می توان سطح چوب را با یک لایه با خواص قلیایی پوشش داد. اگرچه، پوششی که ظاهر چوب را تغییر دهد و لایه ای نامشابه با لایه ی زیرین ایجاد کند، پیشنهاد نمی شود. به همین دلیل ما از روشهای جدیدی چون (تکنولوژی ذرات نانو) که کاربرد موفقی در درمان اسیدیته نمونه های چوبی از کشتی و اساداشت، استفاده کردیم. نانو ذرات هیدروکسید کلسیم (یا منیزیم) با اندازه ذرات ۱۵۰-۳۰ نانومتر، توزیع مناسبی از ذرات به روش غوطه وری یا اسپری کردن، سطح چوب را میپوشاند. ذرات با CO₂ هوا واکنش داده و یک لایه قلیایی کربناته تشکیل می دهد که بخارات اسیدی را خنثی می کند. نتایج نشان داد، انتشار بخارات اسیدی فرار از نمونه های درمان شده بسیار پایین بود در طول ۱۳ ماه اول، (کمتر از ۷۰ میکرو گرم بر مترمربع در ساعت) در حالیکه در نمونه های درمان نشده میزان بخارات اسید استیک ۲۰۰-۴۰۰ میکرو گرم بر مترمربع در ساعت بوده است. واژگان کلیدی: اسید استیک، اسید فرمیک (VOC): ترکیبات اسیدی فرار، هیدروکسید کلسیم، اسیدزدایی چوب، ذرات نانو، خوردگی، لوله های ارگ.

معرفی

ارگهای تاریخی در سرتاسر اروپا مشکل خوردگی دارند. وقتی که لوله ها خورده می شود ترک ها و سوراخ ها وسعت می یابند و سر آخر متلاشی می شوند. یک نوع رایج از حمله خوردگی در لوله های فوت ارگ متمرکز شده، جایی که فلز در تماس با چوب قرار دارد. (تصویر ۱و۲)



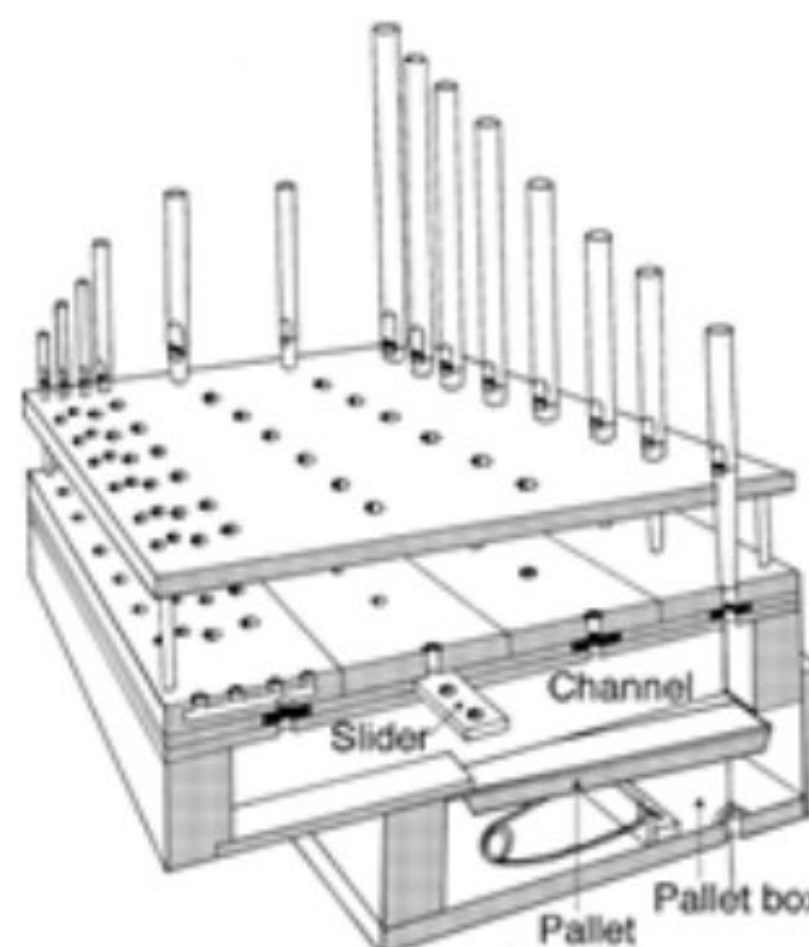
تصویر ۲- لوله ی فوت خورده شده



تصویر ۱- لوله های سربی ارگ

طبق گزارش EC خوردگی سرب و آلیاژهای سرب و قلع لوله های ارگ (COLLAPSE) در اروپا، بعضی از ما عواملی که باعث خوردگی اتمسفری لوله های سربی شده را توسط کارهایی همراه با بررسی های آزمایشگاهی تشخیص داده ایم. یکسری اندازه گیری های پایه ای میزان قابل توجهی از بخارات اسیدی آلی در سیستم بادی/هوا را نشان داد. (به طور مثال اسید فرمیک و اسید استیک)

این بخارات در سیستم هوای آرگهای خورده شده حضور داشتند. به علاوه مقدار کمی از استالدئید نیز حضور داشت. تمرکز بخارات اسیدهای آلی که در داخل آرگ یافت شد در مقایسه با محیط کلیسا بیشتر بود. این نشان داد که منبع بخار اسیدی درون خود آرگ می باشد. سیستم هوای آرگ به طور گسترده ای از چوب ساخته شده است. چوب مشهور به ساطع کردن یکسری از بخارات اسیدی همانند استیک و اسید فرمیک و آلدئیدهاست. مطالعات آزمایشگاهی نشان داد که غلظت کم (۱۱۰۰-۱۷۰ ppb) از بخارات اسید استیک و اسید فرمیک در هوای مرطوب بسیار برای سرب خورنده است. سرعت خوردگی ادامه می یابد و بخارات اسیدی جمع می شود. مهمترین قسمت پروژه (COLLAPSE) توسعه و ارزیابی روش های حفاظت سطح، توسط کاهش انتشار ترکیبات آلی فرار از چوب می باشد. بهترین استراتژی جلوگیری از خوردگی، کاهش خوردگی اطراف لوله های آرگ نسبت به بکاربردن پوشش سطحی برای لوله های فلزی می باشد. این استراتژی میزان تعویض لوله ها را کاهش می دهد. در تصویر ۳ آرگ به صورت شماتیک نشان داده شده است. ۲ روش ممکن برای درمان اسیدی شدن چوب انتخاب شده است و در اینجا مورد مطالعه قرار گرفته است.



تصویر ۳- شکل شماتیک آرگ چوبی قدیمی

تمرکز اصلی روی مطالعه تکنولوژی نوآورانه نانو که پیش از این در مورد اسیدزدایی از نمونه های چوبی بلوط و کاج در کشتی غرق شده vasa مفید واقع شده بود، می باشد. علاوه، درمان چوب بلوط با گاز آمونیاک همراه با نمونه شاهد از چوب بلوط درمان نشده، بررسی شده است. درمان چوب با آمونیاک یک روش قدیمی سنتی است که سازندگان آرگ برای تیره کردن چوب از آن استفاده می کردند. این پروسه بخاردهی نامیده می شود.

اکسیداسیون طبیعی که در تانن های بلوط اتفاق می افتد توسط در معرض قرار گرفتن بخارهای قوی آمونیاک مطلوب می شود. متاسفانه بخاردهی چوب با گازهای قلیایی مانند آمونیاک از زمانی که سطح ظاهری را تغییر داد و یک لایه نه به خوبی لایه های زیرین ایجاد کرد، توصیه نمی شود.

در این متن، یک روش جدید برای اسیدزدایی چوب ها بر پایه استفاده

از ذرات قلیایی نانو گزارش می شود.

اخیراً روی برنامه های ساختن سنتتیک، برای بدست آوردن ذرات کوچکتر کار شده است. ما با اصلاح روش ساخت محصولات استفاده شده قبلی می توانیم ذرات نانو بدست آوریم. این ذرات می تواند به شکل دیسپرس برای درمان چوب به روش غوطه وری و اسپری کردن استفاده شود. ذرات نانو بوسیله تفرق اشعه X و توسط پراش اشعه X با زاویه کوچک قابل شناسایی اند. میکروسکوب الکترونی روبشی (SEM) برای تشخیص و تعیین میزان نفوذ ذرات استفاده شده است.

کاربرد ذرات نانو هیدروکسید کلسیم یا منیزیم با اندازه های بین ۱۵۰-۳۰ نانومتر، یک توزیع هموزن از ذرات بین اولین لایه های چوب با ایجاد یک لایه محافظ با ویژگی های قلیایی برای جلوگیری از انتشار اسیدی رابه وجود می آورد. این پروسه یک روش مناسب برای حفاظت چوب با کاربردی آسان را پیشنهاد می کند.

تولید ذخیره قلیایی برای حفاظت کاغذهای سلولزی از اسیدی شدن یک روش رایج می باشد.

اهمیت این نکته توسط موسسه ملی استانداردهای امریکا ANSI که ذخیره های قلیایی رابه عنوان یک ترکیب، (به طور مثال کربنات کلسیم)، برای جلوگیری از اسیدی شدن کاغذ به اندازه مورد نیاز بکار برده شد، مطرح گردید.

ASTM انجمن آزمایش و مواد امریکا، شیوه تعیین محتوای کربنات ها را در کاغذ که به عنوان مواد حفاظت کننده از تخریب بیشتری باشد، پایه گذاری کرد. به طور اساسی، استفاده از ذرات نانو هیدروکسید که طی مدت کوتاه به کربنات تغییر پیدا می کنند، جلوی انتشار اسید را بوسیله خنثی کردن پایه اسیدی، جلوگیری از واکنش گازهای اسیدی با آلیاژهای سرب می گیرند.

ذرات نانو میتواند در یک الکل دیسپرس شود اما کاربرد آن با یک حلال با قطبیت کم نیز امکان دارد. بخاطر کوچک بودن اندازه، ظاهر چوب را تغییر نمی دهد و در ساختار خلل و فرج ریز چوب قرار می گیرد.

ذرات به اندازه نانو برای واکنش زیاد با CO₂ هوا و تولید یک بافر قلیایی از کربنات ها مورد توجه می باشد.

انتشار (VOC) از چوب بلوط درمان شده به وسیله استفاده از یک سل آزمایشی انتشار (FLEC)، تعیین شد.

آزمایش، تعیین سرعت انتشار ویژه سطح VOC منتشر شده از سطح نمونه های آزمایشی می باشد. آزمایش در یک سل آزمایشی انتشار در دمای ثابت و در ارتباط با هوای مرطوب انجام می شود. (تصویر ۴)

۲- بخش آزمایشی

۲-۱- مواد: (NaOH) هیدروکسید سدیم

(CaCl₂.2H₂O) کلرید کلسیم هیدراته توسط sigma Aldrich مهیا شد. همه محصولات استفاده شده خریداری شدند. غشاهای سلولزی برای دیالیز با sigma Aldrich مجهز شدند.

آب استفاده شده با گرید HPLC و مقاومت بیشتر از ۱۸ مگا اهم سانتی متر می باشد.



تصویر ۴-FELC سل آزمایشی انتشار از نمونه های چوبی

۲-۲ ساخت و کاربرد ذرات نانو

ذرات نانو هیدروکسید کلسیم با کمی تغییرات از روشی که گزارش شد، ساخته شدند.

ذرات نانو در دماهای مختلفی آماده شدند.

محلول آبی NaOH (۰/۲ مولار) با محلول آبی $CaCl_2$ (۰/۱ مولار) در ۹۰ درجه سانتیگراد و $CaCl_2$ حلال اتیلن گلیکول در ۱۵۰ درجه سانتیگراد مخلوط شدند.

در هر دو سیستم محلول های کلرید کلسیم با یک دیسپرس کننده ULTRA-5000 rpm (IKA.Stauffen.GsGermany) at 5000 rpm TURRAX تهیه شدند.

محلول های هیدروکسید سدیم توسط یک سرنگ نزدیک به سر دیسپرس کننده، اضافه شدند تا اینکه محلول وارد گرداب بوجود آمده بوسیله ultra-turrax بشود و فرایند هسته ای شدن هیدروکسید کلسیم همزمان با ساییدن اتفاق می افتد.

به محض آنکه محلول وارد شد ذرات هیدروکسید کلسیم ظاهر شدند. دیسپرس $Ca(OH)_2$ برای جلوگیری از کربنیزه شدن، زیر نیتروژن اتمسفر تا دمای اتاق سرد شده است.

ذرات نانو از عامل رسوب کننده خود (NaCl) توسط دیالیز از یک غشای لوله ای، جایی که دیسپرس های تازه ساخته شده بودند، جدا شدند.

ذرات نانو با محلول آب آهک برای حداقل ۷۲ ساعت در یک بشر باقی ماند.

هر ۱۸ ساعت آب آهک عوض شد تا اینکه هیچ یون کلریدی توسط آزمایش $AgNO_3$ گزارش نشود.

ذرات توسط فیلترهایی از میان غشای میلی پور $1\mu m$ جمع شدند و مجدداً مخلوط کردن آن با ۱۰ گرم از هیدروکسید کلسیم و یک لیتر از ۱ یا ۲ پروپانول با هم زدن شدید دیسپرس شدند.

ویژگی این حلال ها (سبک بودن سمیت کم) کشش سطحی پایین با ویسکوزیته و دانسیته ای شبیه به آب، این متد را ساده و قابل مدیریت کرد و همچنین قابل کاربرد یعنی با روش غوطه وری - برس زنی و اسپری کردن می باشند.

ذرات نانوی بدست آمده در ۱۵۰ درجه به خاطر اندازه کوچکشان برای درمان چوب استفاده شدند.

صفحات چوبی بلوط با ضخامت ۳ سانتیمتر و قطر ۱۵ سانتیمتر در آن در دمای ۳۵ سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت به منظور رسیدن به یک

وزن پایدار قرار داده شدند.

پس از سرد شدن، صفحات چوبی توسط غوطه وری در حمام هیدروکسید کلسیم دیسپرس شده برای ۲۴ ساعت درمان شدند. سپس در تماس با تهویه متوسط، به منظور کمک به تبخیر الکل و پروسه کربنیزه شدن ذرات قرار داده شدند.

تعیین کیفی pH چوب ۱۵ روز بعد انجام شد. قطرات کوچک آب مقطر در یک میکرو پیپت ته نشین شد و pH آن توسط کاغذ pH اندازه گیری شد. بیش از ۱۰ اندازه گیری بر روی سطح چوب انجام شد.

ذرات هیدروکسید کلسیم بوسیله XRD)) با استفاده از یک تفرق متر پیشرفته Bruker D8، مجهز به یک منبع $CuK\alpha$ ($\lambda = 1.54$) در حدود ۱ میلی گرم از ذرات هیدروکسید کلسیم که به صورت پودر در ظرف های مخصوص نمونه از جنس پلکسی کلاز ریخته شدند و الگوهای XRD با سرعت اسکن ۲ سانتیگراد بر دقیقه، زیر نیتروژن ضبط شدند. میانگین اندازه کریستال های نمونه های پودری از پهنای کامل در نصف ماکزیم (FWHM)) از پیک تفرق بوسیله معادله شرر ارزیابی شد.

اندازه های SAXS با یک SWAX-CAMERA (Kratky) HECUS مجهز با یک آشکارساز موقعیت حساس (50 M OED) حاوی ۱۰۲۴ کانال از پهنای ۵۴ میکرومتر. پرتو $CuK\alpha$ با طول موج 1.542 و ماکزیم قدرت ۲ kWA، فیلتر نیکلی به ضخامت $10\mu m$ برای انتقال تابش αCuK استفاده شد. فاصله آشکارساز تا نمونه 273mm بود. حجم بین نمونه و آشکارساز زیر یک واکيوم در هنگام اندازه گیری، برای کم کردن پراکندگی در هوا نگه داشته شد. دوربین kratky با si-verbehenat که مشهور به داشتن ساختار خوب لایه لایه ای است (d=58.48) کالیبره شد. Type equation here.

نمونه های SAXS حاوی 2% w/w ذرات دیسپرس هیدروکسید کلسیم در

۲- پروپانول می باشد. منحنی های پراکندگی در بردار پراکندگی (Q)) از 0.007 تا 0.5 TO ثبت شدند. زمانهای استفاده تیپیکال برای این سیستم از ۲ تا ۳ ساعت است. نگهدارنده نمونه شامل یک موینه کوآرتز به قطر 1mm. دما بوسیله یک peltier element با دقت ± 0.1 کنترل شد. همه منحنی های پراکندگی برای ۲- پروپانول درست شدند و سل خالی کمکی برای فاکتور عبور نسبی در نظر گرفته شد. منحنی های SAXS به طور تکراری DESMEARED با استفاده از پروسه LAKE و با استفاده از معادله توزیع کره های شولتز متناسب شدند.

۲-۴ آزمایش تأثیر اسید زدایی

مشاهدات توسط SEM از مقطع عرضی نمونه های چوب به منظور تخمین عمق نفوذ ذرات انجام شد. دستگاه میکروسکوپ الکترونی Stereoscan S360، کمبریج UK، استفاده شد. نمونه ها با یک لایه نازک طلا با انداختن زیر واکيوم پوشیده شدند. طیفهای EDS با استفاده از میکروپروب X OXFORD-Cambridge مجهز شده با میکروسکوپ SEM ثبت شدند.

۵-۲ بخار دهی چوب با آمونیاک

به منظور بخار دهی چوب با آمونیاک، چوب زیر یک کاور محکم مانند یک ورقه پلاستیکی گذاشته شد. زیر یک کاور ظرف های کوچک با آمونیاک قرار داده شد.

در طول درمان سنتی، تیره کردن چوب معمولاً یک تا دو روز تا زمانی که تغییر رنگ در چوب ایجاد شود، طول می کشید.

۶-۲ تعیین انتشار ترکیبات فرار آلی

انتشار VOC از نمونه های چوب توسط سل آزمایشی انتشار FLEC تعیین شد. هدف این آزمایش تعیین سرعت انتشار ویژه سطح VOC منتشر شده از سطح نمونه های آزمایشی بود. حجم داخل FLEC ۳۵ میلی لیتر بود و سطح نمونه ۰/۰۱۷۷ متر مربع بود. سل با یک سرعت یکنواخت در دمای $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ، رطوبت نسبی $50 \pm 2\%$ و فشار اتمسفر (FLEC) مطابق با ایزو ۱۶۰۰۱۰. هوای خشک و تمیز که بالای سطح و ترکیبات منتشر شده می چرخیدند، نمونه شدند. هوایی که به این منظور استفاده شد، بسیار تمیز بود، به طور مثال هوای ساخته شده از یک کپسول گاز (حاوی کمتر از ۱ PPM، هیدروکربن) یا برابر آن. نمونه های هوا که از هوای خارج گرفته شدند، از یک منقبض کننده مدیوم عبور داده شدند. تست های انتشار مقدار اسید استیک - اسید فرمیک و VOC - استالیدی و فرمالدئید را از سطح اندازه گیری کرد. نتایج بیان شده با سرعت انتشار مخصوص سطح به واحد میکرو گرم در هر متر مربع در ساعت اعلام شد. $((\mu\text{g})/(\text{m}^2 \text{ h}))$

برای تعیین اسید استیک و VOC، نمونه ها با تیوپ جاذب Tenax TA جمع آوری شدند. حجم نمونه ها برای اسید استیک ۱۱ و برای VOC ۳۱۰ بود. تیوپهای جاذب سپس بوسیله گرما توسط جاذب گرمایی (Perkin-Elmer ATD-400) در دمای 275°C به مدت ۷ دقیقه جذب شدند. ترکیبات آزاد شده در یک محفظه سرد غلیظ شدند توسط گرمادهی 280°C در گاز کروماتوگرافی (Hewlett-packard GC) (HP 5890) مجهز به MS آشکارساز (MSD 5972) برای شناسایی و یک آشکارساز یونیزه شعله (FID) برای کمیت. ترکیبات ارگانیک روی یک ستون موئینه تجزیه ای،

5%PhenylPolysilphenylene-silOxane 50mi. ۵-BPX $(1 \mu\text{m film thickness}, \phi \text{ dO}, 32\text{mm})$.

درجه حرارت آن GC روی 60°C/minute تا 150°C تا 280°C به مدت ۱۰ دقیقه برنامه ریزی شد. VOC به عنوان همه ترکیبات ارگانیک فرار ((TVOC به طور مثال مجموعی از همه ترکیبات روی کروماتوگراف در تولوین یکسان بیان شد. برنامه دمای متفاوت برای تعیین اسید استیک $30^\circ\text{C}/2 \mu\text{min}/4^\circ\text{C}$ تا 150°C به مدت ۱۰ min استفاده شد. مقدار اسید استیک با استفاده از فاکتور پاسخ ویژه سطح محاسبه شد. حد کشف برای TVOC و اسید استیک $10 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ h})$ ، فرمالدئید و استالیدی روی کار تیج sep-pack پوشیده شده با

۲، ISO (DNPH) 4-dinitrophenylhydrazine 16000 -

۳:۲۰۰۱) نمونه شدند. سرعت نمونه هر ۱۱ دقیقه برای یک دوره ۱۰ دقیقه

ای بود. DNPH مشتق شده با استونیتریل شسته شد و با استفاده از HPLC با جذب UV در 360 nm تعیین مقدار شد. در این شرایط حد کشف فرمالدئید و استالیدی به $2 \mu\text{g}/\text{m}^2 \text{ h}$ محدود شد. اسید فرمیک روی کار تیج ۱۸C نمونه قلیایی با استفاده از یک پروسه تغییر بیان شده در Zhang et al نمونه شد. حجم نمونه گیری ۲۰ l

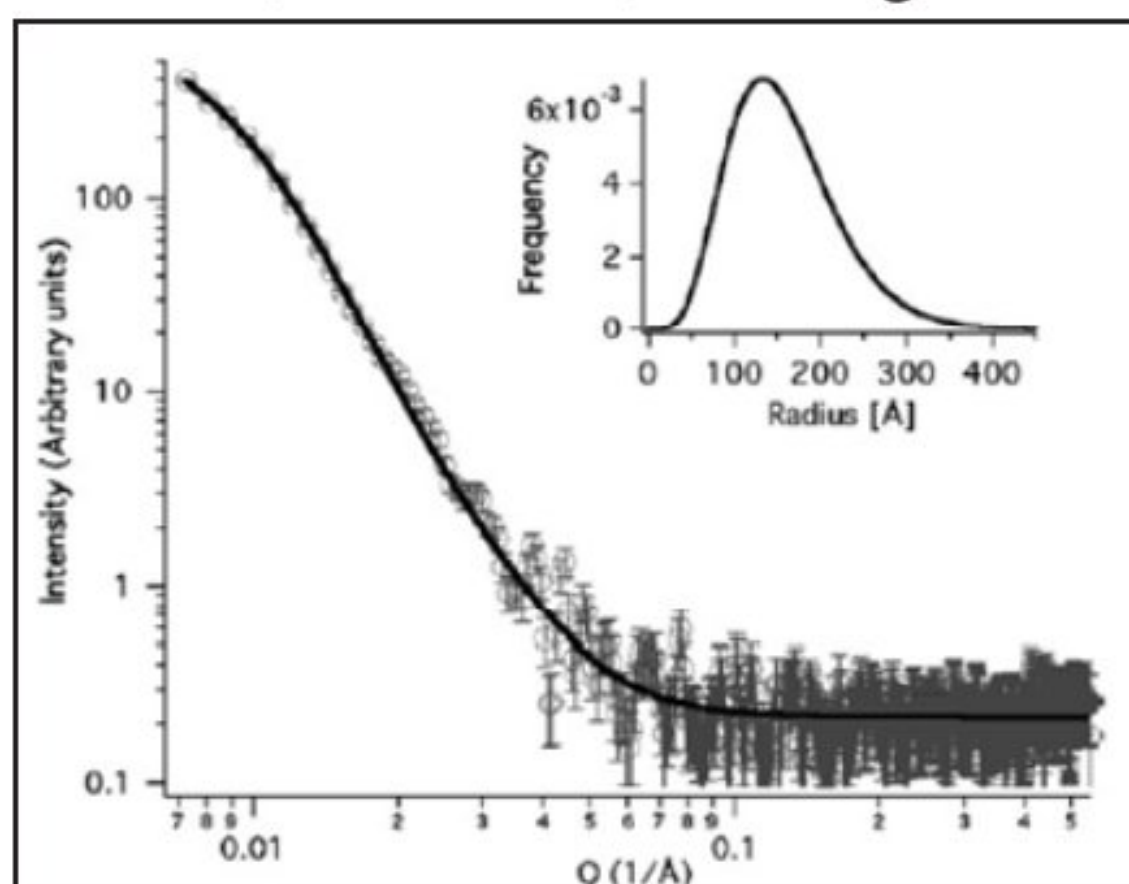
سپس کار تیجها با آب دیونیزه تمیز شدند و اسید فرمیک بوسیله یون کروماتوگرافی آنالیز شد. حد کشف آن $20 \mu\text{m}/(\text{m}^2 \text{ h})$ بود.

به منظور ارزیابی تأثیر درمان سطح، اندازه گیری انتشار از نمونه های چوب در طول یک سال انجام شد. ۱ و ۸ و ۳۰ روز و بعد از ۹ و ۱۳ ماه، نمونه ها در دمای ثابت ۲۳ درجه و رطوبت نسبی ۵۰ نگه داشته شدند.

۳- بحث و نتایج

ذرات نانو با نسبت خوبی از توزیع ذرات ریز دیسپرس شده تولید شد که از ۲۵۰ نانومتر تجاوز نمی کرد. خلل و فرج کوچک چوب مورد استفاده در ساخت ارگ ۲۰-۳۰ میکرومتر می باشد و احتیاج به ذرات کوچک در حدود یک دهم برای نفوذ به درون حفره چوب دارد و برای آنکه ظاهر سطحی چوب را تغییر ندهد ذرات رسوب سفید باید به قدر کافی کوچک می شوند. اندازه ذرات هیدروکسید کلسیم با XRD چک شد و با SAXS روی ۲% w/w دیسپرس هیدروکسید کلسیم در ۲- پروپانول.

اندازه کریستالها از پهنای پیکهای تفرق در الگوهای XRD استنتاج شدند، با استفاده از معادله شرر: $L(B[20], \cos\theta = 0.89\lambda)$ که $B(2\theta)$ پهنای خط الگوی X-ray در ارتفاع نصف پیک در رادیان است. λ : طول موج x-ray است (for CuK α 1,54) استفاده شد.



θ زاویه بین اشعه های داخلی در درجه است و L اندازه کریستال نمونه های پودری در L راز هر پیک تفرق اصلی هیدروکسید کلسیم (۱۸۰) [۰۰۱]، ۳۴۰ [۰۱۱]، ۲۹۰ [۱۰۰]، ۴۷۰ [۰۱۲] محاسبه کردیم سپس میانگین آن گرفته شد. پیک ها طبق شدت و تعداد در جداول که در نمایه MILLER است ترتیب داده شد. اندازه محاسبه شده کریستالها در حدود ۱۷ nm بود. تصویر ۵ شدت توزیع desmeared SAXS را نشان می دهد. $(I(Q))$ به عنوان عملکرد در دار پراکندگی برای ۲% w/w هیدروکسید کلسیم دیسپرس در ۲- پروپانول. این مهم است که اشاره کنیم که تجهیزات SAXS به دادن ویژگی به تعداد کره ها با شعاع کمتر از ۱۰۰ nm کمک کرد. ۸۰٪ از هیدروکسید کلسیم موجود در دیسپرس) داده های SAXS طبق تعداد دیسپرسهای نانو ذرات کروی

با شدت طول پراکندگی متناسب شدند. شعاع کره از توزیع معروف شولتز پیروی کرد.

طبق این الگو و با توجه به این واقعیت که داده های ما با شدت واقعی نیستند، $(I(Q))$ می تواند به سادگی به صورت زیر نوشته شود: که K یک مقیاس قراردادی است، $\rho\Delta$ تضاد پراکندگی، $f(R)$ عملکرد توزیع شولتز، R_{avg} توزیع شعاع متوسط، R/R_{avg} و $Z=1-P$ که میزان دیسپرس شدن سیستم است. برای نانو ذرات هیدروکسید کلسیم دیسپرس در ۲- پروپانول، $\rho\Delta$ میتواند محاسبه شود $2-1.21E-5$ برابر با تفاوت بین شدت طول پراکندگی ذرات نانو، $(2-1.96E-5)$ و حلال $(7.5E-62)$. طبق مدل توضیح داده شده توزیع ذرات نانو بوسیله ۲ پارامتر R_{avg} و P بررسی شد، که در نمونه ما R_{avg} ۱۵.۸nm، با دیسپرس شوندگی ۰.۳۹، نتیجه داد. نتایج توزیع شولتز که در تصویر ۵ آورده شده نشان داد که دانه بندی کلوییدی هیدروکسید کلسیم شعاع بین ۵-۴۰nm بود.

در حد Guinier، QR کمتر از ۱ و $(I(Q))$ نسبت خطی به $\exp(-Rg^2Q^2/4)$ دارد. ما می توانیم شعاع گردشی Rg ، ۲۴.۵nm را بیرون بکشیم. این نتایج با اندازه های کریستالها توسط XRD مطابقت داشت و به وجود ذرات نانو در اندازه مناسب برای درمان چوب دلالت داشت.

نفوذ ذرات بوسیله SEM و اندازه گیری PH روی مقطع عرضی که از صفحات چوبی زده شد، اندازه گیری شد.

نفوذ ذرات، توسط SEM مانیتور شد. تصویر ۶ عکس های SEM می باشد که فیبرهای چوب بلوط قبل و بعد از درمان با نانو ذرات را نشان می دهد. تصویرهایی از خوشه های هیدروکسید کلسیم که تا عمق یک میلی متر نفوذ کرده بودند. هیچ ذره ای به عمق بیشتر از یک میلی متر نفوذ نکرده بود.

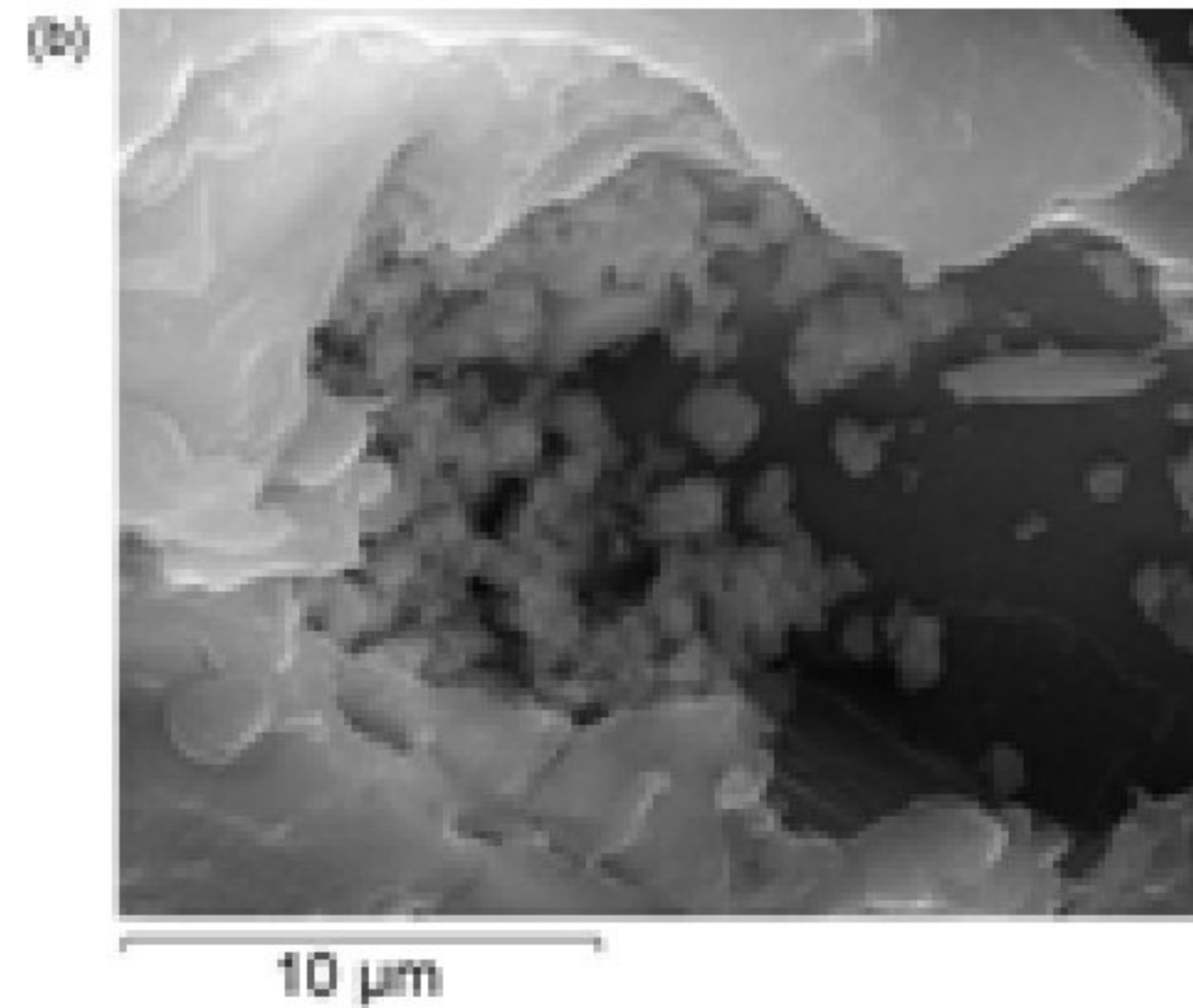
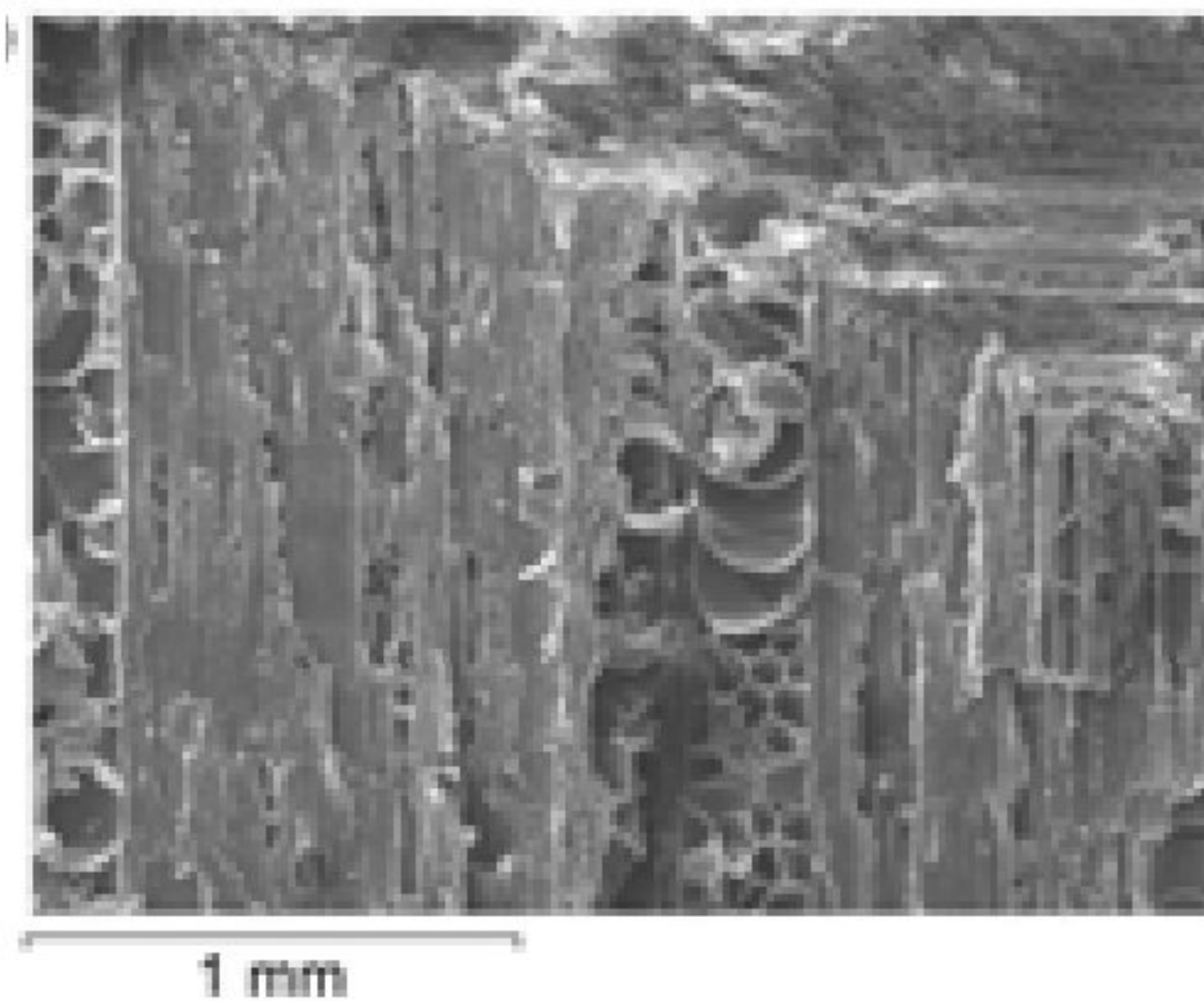
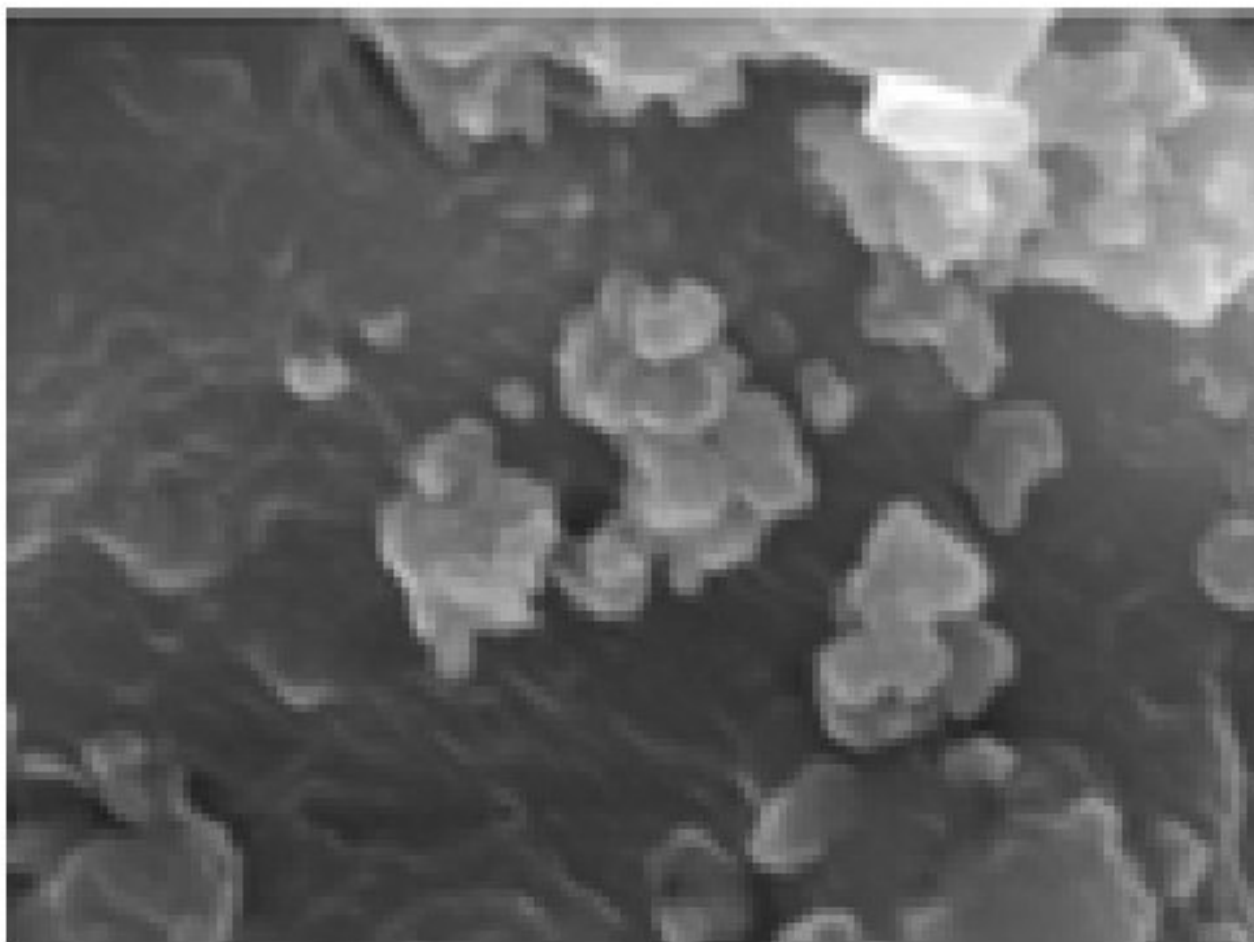
$$I(Q) = K \Delta \rho^2 \int_0^\infty f(R) R^6 F^2(QR) dR,$$

with

$$f(R) = (z+1)^{z+1} x^z \frac{e^{-(z+1)x}}{R_{avg} \Gamma(z+1)},$$

and

$$F(QR) = \frac{\sin(QR) - QR \cos(QR)}{(QR)^3}$$



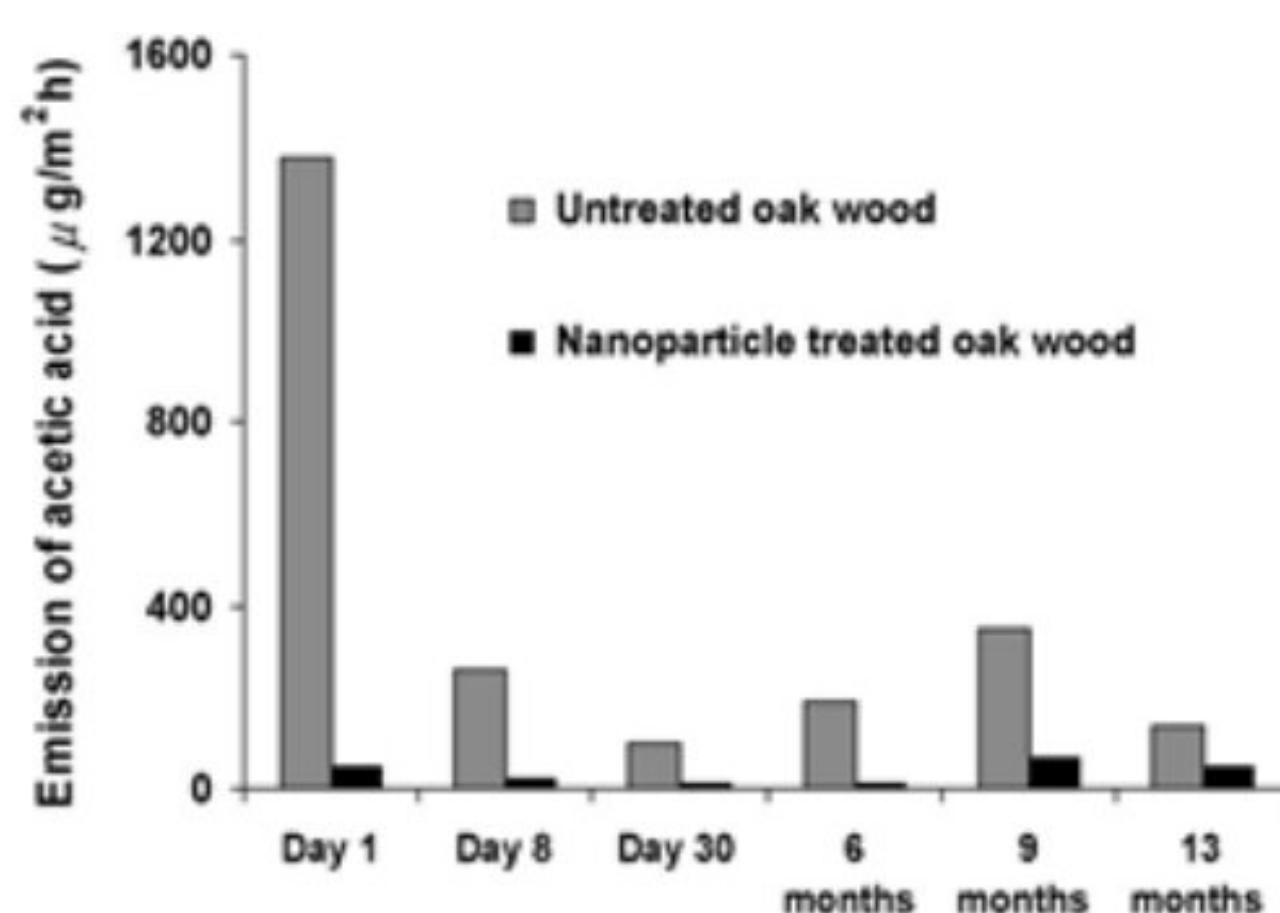
تصویر ۶- تصاویر SEM از مقطع عرضی نمونه های چوبی به طور عمودی برش خورده اند، خوشه های ذرات روی دیواره های سلولی چوب پس از کاربرد

Table 1
Concentration of acetic and formic acid vapor, and TVOC ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) emitted from treated and untreated oak wood.

Oak wood sample	Time	Acetic acid ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	Formic acid ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)	TVOC ^a ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$)
Untreated	1 day	1380	< 20	170
	8 days	260	< 20	100
	30 days	100	< 20	50
	6 months	190	< 20	40
	9 months	350	< 20	20
	13 months	140	< 20	10
Treated with nanoparticle	1 day	< 20	< 20	490 ^b
	8 days	20	< 20	340
	30 days	< 10	< 20	290
	6 months	< 10	< 20	1300
	9 months	70	< 20	850
	13 months	50	< 20	450
Fumed in NH_3	1 day	2300	< 20	70
	8 days	300	< 20	20
	30 days	300	< 20	20
	6 months	250	< 20	10
	9 months	320	25	20
	13 months	130	< 20	< 10

^a TVOC is given in toluene equivalents.

^b The predominant VOC is 1-propanol from nanoparticle solvent.



انتشار بخار اسید استیک از چوب با ذرات نانو به کمتر از ۷۰-۱۰ میکروگرم بر مترمربع در ساعت در طول ۱۳ ماه بسیار کم بود. (از ۷۰-۱۰ میکروگرم بر مترمربع ساعت)

در حالی که چوبی که با آمونیاک درمان شده بود و چوبی که درمان نشده بود، مقدار زیادی در حدود ۱۰۰۰-۲۰۰۰ میکروگرم بر مترمربع در ساعت انتشار بخارات اسیدی داشت. برای هر دو نمونه درمان شده با آمونیاک و نمونه درمان نشده بر حسب سرعت انتشار (جدول ۱) در طول هفته اول کاهش یافته و در هفته های بعد، بعد از ۹ ماه افزایش یافت. انتشار اسید از نمونه های درمان شده با ذرات نانو ۳ تا ۱۰ بار کمتر از نمونه درمان نشده بود.

کاهش انتشار از چوب منجر به کاهش سرعت تخریب لوله های سربی ارگ شد. در مطالعات خوردگی سرب نشان داده شده بود که یک رابطه خطی بین خوردگی سرب و غلظت بخارات اسید استیک وجود دارد. بخاردهی چوب با آمونیاک متد موثری برای کاهش انتشار اسیدهای آلی در چوب نیست. بخاردهی چوب با آمونیاک متدی قدیمی است که سازندگان ارگ برای تیره کردن چوب از آن استفاده می کردند. انتشار بخارات اسید استیک به اندازه نمونه های درمان نشده بالا بود (جدول ۱). این نکته زمانی مهمتر می شود که اسید زدایی از چوبهای اشباع از آب مطرح می شود. برخی از نویسندگان از این روش برای اسید زدایی

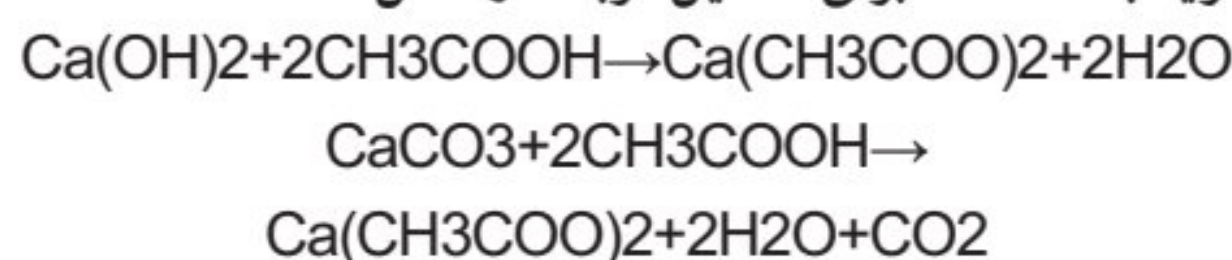
تصویر ۶- غلظت بخارات استیک منتشر شده از نمونه های چوب بلوط درمان شده و درمان نشده

اندازه گیری pH نیز نشان داد که عمق نفوذ به اولین میلی متر محدود بوده است. pH سطح بعد از درمان ۹ و برای عمق ۲ میلی متر ۴ الی ۵ گزارش شد.

در مورد کشتی باستانی وازا (Vasa) عمق ذرات ۱ سانتی متر بود. که به طبیعت متخلخل تخریب شده ی چوب های اشباع شده از آب بر می گردد. در چوب های تازه که تخریب توسط باکتری ها، اسیدیت و حضور آهن در آنها رخ نداده، ماتریکس فشرده ای وجود دارد که عمق نفوذ ذرات را محدود می کند.

ذرات نانو استفاده شده در این مورد مطالعاتی، پوششی برای چوب های بلوط تشکیل می دهد (که با چشم غیر مسلح، به سختی دیده می شوند) که انتشار اسید استیک را کاهش داده اند. این پوشش قلیایی ظاهر سطح را تغییر نداده به عنوان یک مانع برای انتشار گازهای اسیدی و تخریب لوله های ارگ عمل کرد با این حال دقت مکانیسم خنثی کردن اسیدها هدف این طرح بوده است به نظر واضح می رسد که کربنات ها به عنوان یک لایه فداکار عمل می کنند تا نمکهای کلسیم قادر نباشند لوله های ارگ را تغییر دهند. این قضیه که مواد آهکی با بخار اسید استیک واکنش می دهند مشهور است. در این مورد رفتار آنها شبیه به ذخیره قلیایی برای حفاظت آثار کاغذی از تخریب بیشتر بعد از اسید زدایی است. ذرات نانو هیدروکسیدی به اشباع چوب و عملکرد سریع آن با CO_2 هوا برای تشکیل کربنات کمک می کند. هر دو سیستم می تواند انتشار اسید را متوقف کند.

ذرات نانو هیدروکسیدی استفاده شده برای چوب به روش غوطه وری سریعاً با CO_2 هوا برای تشکیل کربنات واکنش دادند.



References

- [1] A. NiklassOn, S. Langer, K. Arrhenius, L. RO-sell, C.J. Bergsten, L.G. JOhanssOn, et al., Air pOllutant cOncentratiOns and atmOspheric cOrrOsiOn Of Organ pipes in EurOpean church envirOn-ments, Studies in COnservatiOn 53 (2008).
- [2] P.C. Arni, G.C. COchrane, J.D. Gray, The emis-siOn Of cOrrOsive vapOurs by wOOD, Part I, Survey Of the acid-release prOp-erties Of certain freshly felled hardwOODs and sOftwOODs, JOurnal Of Applied Chemistry 15 (1965) 305–313.
- [3] P.C. Arni, G.C. COchrane, J.D. Gray, The emis-siOn Of cOrrOsive vapOurs by wOOD, Part II, The analysis Of the vapOurs emit-ted by certain freshly felled hardwOOD and sOftwOODs by gas chrOmatOg-raphy and spectrOphOtOmetry, JOurnal Of Applied Chemistry 15 (1965) 363–368.
- [4] A. NiklassOn, L.G. JOhanssOn, J.E. Svens-sOn, Influence Of acetic acid vapOur On the atmOspheric cOrrOsiOn Of lead, JOurnal Of the ElectrOchemical SOciety 152 (2005) B519.
- [5] A. NiklassOn, L.G. JOhanssOn, J.E. Svens-sOn, AtmOspheric cOrrOsiOn Of lead - The influence Of fOrm ic acid and acetic acid vapOrs, JOurnal Of the ElectrOchemical SOciety 154 (2007) C618.
- [6] A. NiklassOn, L.G. JOhanssOn, J.E. Svens-sOn, AtmOspheric cOrrOsiOn Of histOrical Organ pipes: influence Of acetic and fOrm ic acid vapOur and water leaching On lead, in: (Eds. AshtOn, J. and Hallam, D), PrOceedings Of the Triennial Metals COnservatiOn COnference - METAL 2004, Canberra, OctOber 4-8, Published by NatiOnal museum Of Australia, Canberra, 2004, pp. 273–280.
- R. GiOrgi et al. / JOurnal Of Cultural Heritage 10

تخته های قدیمی درمان شده با PEG استفاده کردند. این نکته که مقدار محسوسی اسید استیک در چوبهای اشباع از آب درمان شده با PEG وجود داشت این قضیه را مطرح می کند که آیا وجود اسید استیک در رابطه با تخریب PEG می باشد یا مربوط به تخریبهای شکستگی (کشتی وازا) میباشند. به هر حال اهمیت خنثی کردن اسیدها نمی تواند منکر شود. بنابراین نتایج ماهیچ گونه تاثیر سودمندی از روش بخاردهی با آمونیاک نشان نداد.

تنها مقدار کمتر از ۵ میکرو گرم بر مترمربع در ساعت از استالدئید و فرمالدئید از همه نمونه ها انتشار یافتند. انتشار اسیدفرمیک از نمونه های چوب بلوط بسیار کم بوده است. کمتر از ۲۰ میکرو گرم بر مترمربع در ساعت. این نتایج در تضاد با مقدار گزارش شده از ارگ می باشد. فرق بین مقدار اسیدفرمیک در مقایسه با مقدار انتشار یافته از نمونه های چوب در این بررسی ها به دلیل حضور چرم در داخل ارگ می باشد. چرم مشهور به انتشار اسیدفرمیک می باشد. همه ترکیبات آلی فرار انتشار یافته (TVOC) از نمونه های درمان شده با ذرات نانو بالاست. این به دلیل انتشار ۲- پروپانول بعد از اسیدزدایی است. ۲- پروپانول به عنوان حلال برای ذرات نانو استفاده می شود و باعث بالا رفتن خوردگی در قسمت های فلزی ارگ نمی شود.

تعیین دوام درمان بسیار مشکل است. باید اشاره کرد که چوب بلوط انتخاب شده برای آزمایش جدید بوده و به همین دلیل انتشار اسید استیک از چوب درمان نشده، از زمان شروع آزمایش تا به آخر، ۱۰ برابر کاهش یافت. این به آن معناست که ذرات نانو باید با مقداری از اسیدهای آلی که در طول هفته های اول ساطع می شود، مبارزه کنند. مورد قابل توجه این است که درمان به وسیله این روش باید قابل تکرار باشد.

نتیجه گیری

درمان چوب بلوط توسط ذرات نانو هیدروکسید کلسیم به نظر بسیار موثر می رسد و روش ساده ای برای جلوگیری از انتشار اسید استیک می باشد. انتشار بخارات اسید استیک از چوب های درمان شده با ذرات نانو بسیار پائین بود (کمتر از $70 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) در طول ۱۳ ماه بعد از درمان. در حالیکه نمونه های درمان نشده و درمان شده با بخار آمونیاک میزان زیادی اسید استیک

($200-400 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{h}$) منتشر کردند. از بین بردن بخار اسید های آلی از سیستم هوایی مهمترین استراتژی مرمتی برای غلبه بر خوردگی لوله های ارگهای قدیمی است. این روش جدید بر پایه ی ذرات نانوی هیدروکسیدی می باشد.

- Bremerhaven, August 20–24, ICOM, COmmittee fOr COnservatiOn, Working GrOuP On Wet Organic ArchaeOlOgical Materials, Deutsches Schiffahrtsmuseum, Bremerhaven, 1991, pp. 133–141.
- [15] V.L. Richards, The COnsOlidaitOn Of De-graded Deacidified Batavia Timbers, *AICCM bulletin* 16 (1990) 35–52.
- [16] P. BagliOni, R. GiOrgi, SOft and Hard nanO-materials fOr restOratiOn and cOnservatiOn Of cultural heritage, *SOft Matter* 2 (2006) 293–303.
- [17] R. GiOrgi, C. BOzzi, L. Dei, C. Gabbiani, B.W. Ninham, P. BagliOni, NanOparticles Of Mg(OH)₂: synthesis and applicatiOn tO paper cOnservatiOn, *Langmuir* 21 (2005) 8495–8501.
- [18] M. AmbrOsi, L. Dei, R. GiOrgi, C. NetO, P. BagliOni, COllOidal particles Of Ca(OH)₂: prOperties and applicatiOn tO restOratiOn Of frescOes, *Langmuir* 17 (2001) 4251–4255.
- [19] R. GiOrgi, L. Dei, M. CeccatO, C.V. SchettinO, P. BagliOni, NanOtechnOlOgies fOr cOnservatiOn Of Cultural Heritage: paper and canvas deacidificatiOn, *Langmuir* 18 (2002) 8198–8203.
- [20] B. SalvadOri, L. Dei, Synthesis Of Ca(OH)₂ NanOparticles frOm DiOlS, *Langmuir* 17 (2001) 2371–2374.
- [21] H.J. POck, Mass DeacidificatiOn - An Up-date Of POSSibilities and LimitatiOns, *ECPA repOrts*, ECPA – EurOpean COmmissiOn On PreservatiOn and Access, Amsterdam, 1996.
- [22] PreservatiOn TechnOlOgies L.P., BOOkkeeper PrOcess, U.S., <http://www.ptlp.cOm>.
- [23] ASTM D 4988, Standard Test MethOd fOr DeterminatiOn Of Alkalinity Of Paper as Calcium CarbOnate (Alkaline Reserve Of Paper), 1996.
- [24] R. Jenkins, R.L. Snyder, IntrOductiOn tO X-ray POwder DiffractOMetry, John (2009) 206–213 213
- [7] M. SandstrOm, F. Jalilehvand, I. PerssOn, U. Gelius, P. Frank, I. Hall-ROth, DeteriOratiOn Of the seventeenth centurywar-shipVasa by internal fOrmatiOn Of sulphuric acid, *Nature* 415 (2002) 893–897.
- [8] R. GiOrgi, D. Chelazzi, P. BagliOni, NanOpar-ticles Of calcium hydrOxide fOr wOOD cOnservatiOn. The deacidificatiOn Of the Vasa warship, *Langmuir* 21 (2005) 10743–10748.
- [9] R. GiOrgi, D. Chelazzi, P. BagliOni, COnserva-tiOn Of acid waterlOgged shipwrecks: nanOtechnOlOgies fOr de-acidifica-tiOn, *Applied Physics A: Materials Science & PrOcessing* 83 (2006) 567–571.
- [10] D. Chelazzi, R. GiOrgi, P. BagliOni, NanO-technOlOgy fOr Vasa WOOD De-AcidificatiOn, *MacrOmOlecular SympOsia* 238 (2006) 30–36.
- [11] D. Chelazzi, R. GiOrgi, P. BagliOni, NanO-technOlOgies fOr the cOnservatiOn Of waterlOgged wOOD: the Vasa case studies, in: R. FOrt, M. Alvarez de BuergO, M. GOMEZ-Heras, C. Vazquez-CalvO Eds., *PrOceedings Of HWC 2006 - Heritage, Weathering and COnservatiOn cOnference*, Madrid, June 21-24, Taylor & Francis/A.A.Balkema Pub-lishers, LONdOn, 2006, pp. 797–802.
- [12] Organ in the KenilwOrth UniOn Church: <http://www.kuc.Org/music/Organ.html>.
- [13] A. Aaslund, I. Ortgies, GOArt, GötebOrg Or-gan Art Center, GÖthenburg University, Sweden, PersOnal cOmmunicatiOn, 2006.
- [14] I.D. MacLeOd, C. Kenna DegradatiOn Of ar-chaeOlOgical timbers by pyrite: OxidatiOn Of irOn and sulphur species, in: P. HOffmann ed., *PrOceedings Of the 4th ICOM GrOuP OnWet Organic Archae-OlOgical Materials COnference*,

Organic Archaeological Materials Conference,
Stockholm, June 11–15,
ICOM, Committee for Conservation, Working
Group on Wet Organic
Archaeological Materials, Deutsches Schiffahrts-
museum, Bremerhaven,

Wiley & Sons, New York, 1996.

[25] T. Blanton, T.C. Huang, H. Toraya, C.R. Hubbard, S.B. Robie, D. Louer, et al., JCPDS—International Centre for Diffraction Data Round Robin study of silver behenate. A possible low-angle X-ray diffraction calibration standard, Powder. Diff. 10 (1995) 91–95.

[26] J.A. Lake, An iterative method of slit-correcting small angle X-ray data, Acta. Cryst. 23 (1967) 191–194.

[27] M. Kotlarchyk, S.H. Chen, Analysis of small-angle neutron-scattering spectra from polydisperse interacting colloids, J. Chem. Phys. 79 (1983) 2461–2469.

[28] H. Gustafsson, Organic Indoor Air Pollutants, Wiley-VHC, New York, 1999.

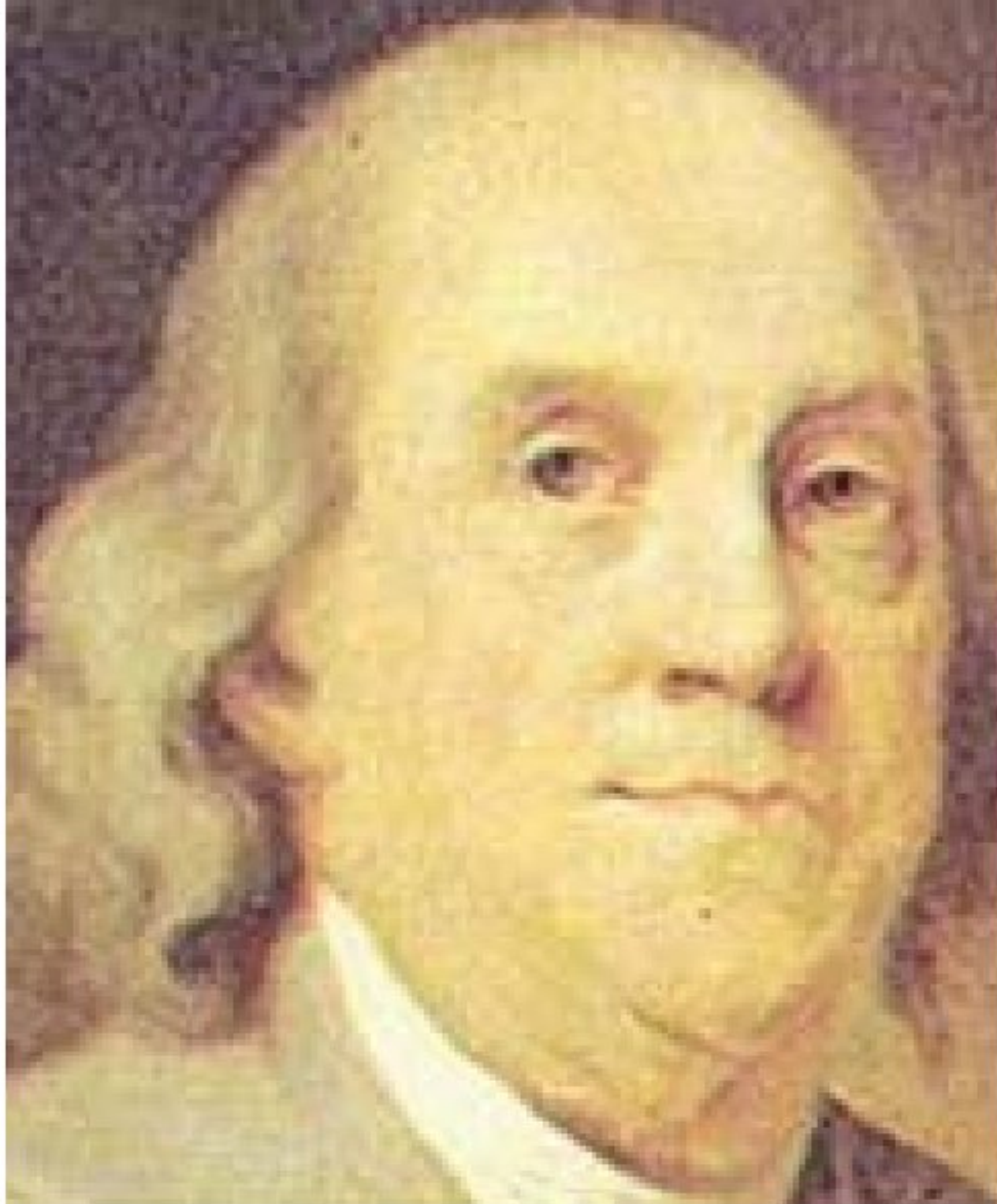
[29] J. Zhang, W.E. Wilson, P.J. LiOy, Sources of Organic acids in indoor air: A field study, J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol. 4 (1994) 25–47.

[30] A.W. Bokerhof, M. Van Bommel, Deterioration of calcareous materials by acetic acid vapour: a model study, In: J. Bridgland Ed., Preprints of the 11th ICOM-CC Triennial Meeting, Edinburgh, September 1–6, James and James, London, 1996, pp. 769–776.

[31] E. Sasaoka, N. Sada, Md.A. Uddin, Preparation of macroscopic Lime from Natural Lime by Swelling Method with Acetic Acid for High-Temperature Desulfurization, Ind. Eng. Chem. Res. 37 (1998) 3943–3949.

[32] Y. Fors, M. Sandström, Sulfur and iron in shipwrecks cause conservation concerns, Chem. Soc. Rev. 35 (2006) 399–415.

[33] E.L. Ghisalberti, I. Godfrey, K. Kilminster, V.L. Richards, E. Williams, The analysis of acid-affected Batavia timbers, in: P. Hoffmann, J.A. Spriggs, T. Grant, C. Cook, A. Recht, Eds., Proceedings of the 8th ICOM Group on Wet



تصویری از فرانکلین، اثر ژان باپتیست گرویتزه

طرح بازسازی خانه

بنجامین فرانکلین

Project Reconstruction Franklin's House

محمدیونسسی، مهدی حاجی زاده

ی جالب این است که قطعات مختلفی از نامه های فرانکلین را بر این ساختمان با سنگ های آبی نگاشته اند. این چنین تعبیری، ابعادی انسانی به محل می افزاید. علاوه بر این محوطه ی رو باز، زیر زمینی واقعی است که در واقع موزه ی آثار و احوال بنجامین فرانکلین است. منحصر به فرد بودن چنین مجموعه ای باعث گردیده است تا سالانه بیش از یک میلیون سیاح از آن دیدن کنند و نیز باعث شده است تا این محل به عنوان اصلی ترین نمایشگاه تاریخ آمریکا تبدیل شود.



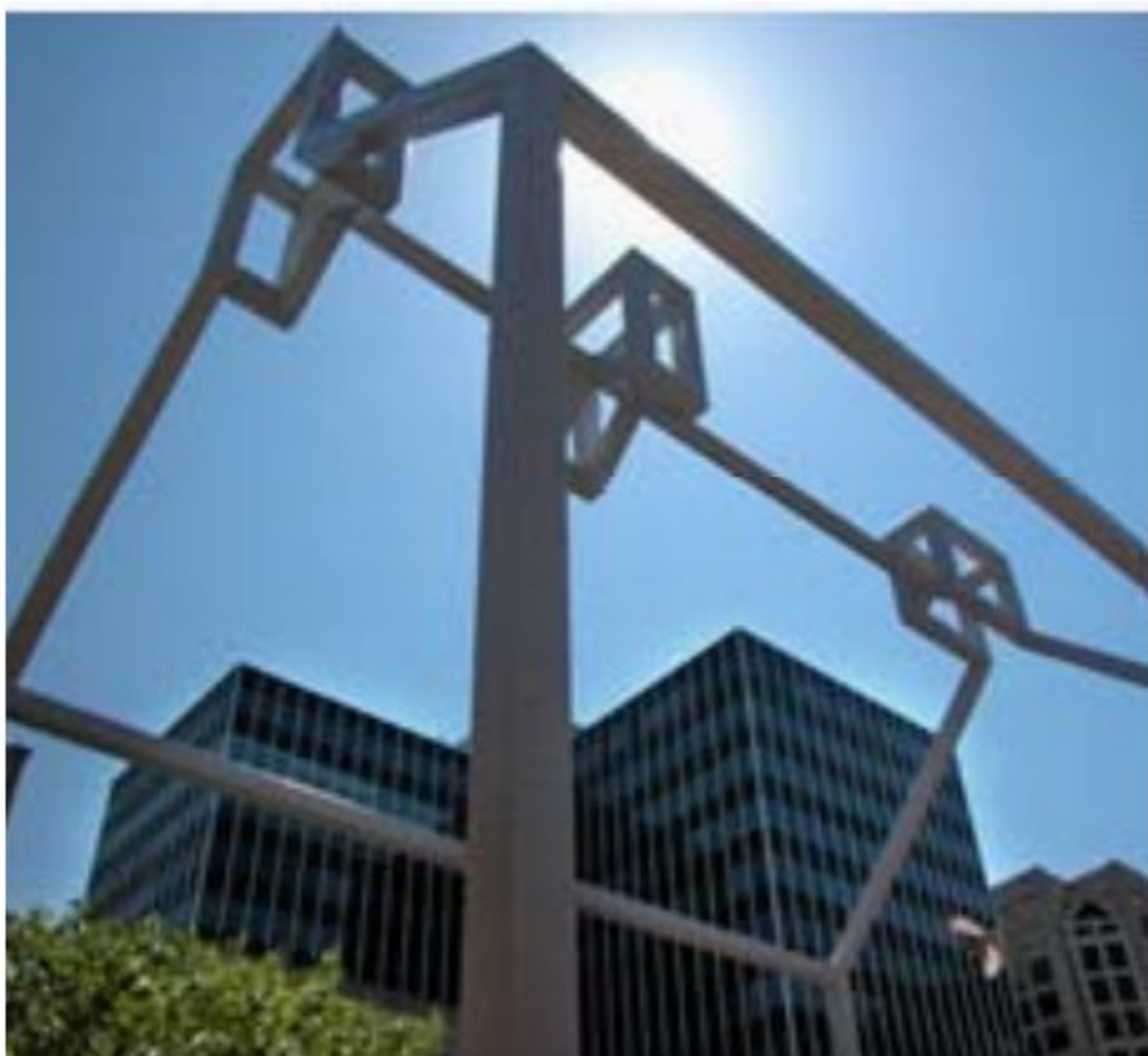
بنجامین فرانکلین (۱۷۹۰-۱۷۰۶) نویسنده و ناشر، سیاستمدار، طبیعی دان و مخترع آمریکایی، یکی از بنیان گذاران ایالات متحده ی آمریکا است و با توجه به سخنانی که در روابط انسانی و اخلاقی دارد، به عنوان یک انسان بزرگ، آمریکایی ها او را قهرمان ملی می دانند. این نوشته به طرح بازسازی بقایای خانه ی وی در شهر فیلادلفیا از ایالت پنسیلوانیا اشاره دارد که به نحوی یک حرکت نو و نسبتاً عجیب از بازسازی به مفهومی که در ذهن حفاظت گران است را متبادر می کند و کاملاً متفاوت است.

در سال ۱۹۷۵ م. سازمان خدمات ملی پارک های آمریکا دو نفر معمار به نام های ونتوری (Veaturi) و راش (Rauch) را جهت بازسازی آبنسره ای از خانه و درشکه خانه ی بنیامین فرانکلین در محل اصلی خودشان که مدت های مدیدی از تخریب آنها می گذشت، دعوت به کار کرد.

علی رغم اینکه باستان شناسان و صاحبان آرشیو، اطلاعات مکتوب بسیاری پیرامون این دو خانه و زمین های اطراف آن در اختیار معماران گذاردند، لیکن به علت فقدان اسناد باستان شناسی و مدارک مصور از این محل، امکان بازسازی دقیق خانه ها فراهم نیامد. همین فقدان مدارک، مبنای تصمیمی خاص گردید و به این منجر شد که با طراحی خطوط بیرونی بنا با آلات فلزی، چهار چوب کلی خانه را بسازند. ورودی ها، خطوط سقف ها، تزئینات سه گوش بالای پنجره ها و دودکش ها در اندازه و شکل طبیعی ساخته و سر جای خودشان نصب گردیدند.

دیوار های طبقه ی همکف و اتاق های طبقه ی اول با طرحی از سنگ های آبی گرانیته در سطح زمین ساخته شد و قسمت های دیگر محوطه را نیز چمن و یا آجر فرش کردند. بقایای دیوارها، پی و زیر زمین اصلی خانه را می توان از پشت شیشه هایی که در کف خانه جا سازی شده اند ملاحظه نمود.

پلان هر یک از اتاق های طبقه ی همکف با رنگ ها و اشکال مختلفی که با سنگ فرش ایجاد شده اند، مشخص گردیده اند. نکته



منابع

استانلی پرایس، نیکلاس؛ «حفاظت و مرمت در کاوش های
باستان شناسی»، مترجم: میرحسین موسوی، تهران: دانشگاه هنر،
چاپ دوم، ۱۳۸۰

<http://blog.houseplans.com/2009/11/20/modern-cottage-and-bungalow-plans>

<http://press.gophila.com/media/1346#>

<http://www.nps.gov>

http://www.ushistory.org/tour/tour_fcourt.htm

http://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Franklin

نگرشی بر طیف سنجی

مؤلفین: دونالد پاولیا، گری لمپمن، جورج کریز

مترجم: برهمن موثق

ویرایش دوم

انتشارات علمی و فنی، تهران، ۱۳۸۰

کتاب نگرشی بر طیف سنجی، درس و مکملی جهت تعیین ساختمان مولکولی در مباحث مربوط به مواد آلی است. این کتاب در ۶۵۲ صفحه و به صورت مصور و در نه فصل به بررسی تکنیک های طیف سنجی می پردازد و در این راستا به بحث پیرامون چگونگی تعیین فرمول مولکولی یک ترکیب و استخراج اطلاعات ساختمانی آن پرداخته و سپس تکنیک های طیف سنجی مادون قرمز، رزونانس مغناطیسی هسته، ماوراء بنفش و طیف سنجی جرمی مورد ارزیابی قرار گرفته اند. در این میان تمرینات مختلف همراه با پاسخ، آزمون مناسبی را برای خواننده فراهم می کند. همچنین نثر ساده و روان، بررسی جزء به جزء و شروع از مسائل پایه تا تفسیر نتایج نسبتاً پیچیده، آن را از بسیاری از منابع مشابه متمایز نموده است. مطالعه ی این کتاب اطلاعات کاربردی مناسبی را در راستای درک صحیح تکنیک های طیف سنجی و نحوه ی تفسیر آنها در جهت شناسایی ترکیبات آلی در اختیار خواننده قرار می دهد و با توجه به اهمیت و کاربرد روزافزون این تکنیک ها، مطالعه ی این کتاب به دانشجویان و پژوهشگران حفاظت و مرمت آثار تاریخی توصیه می گردد.

