شبکه آزمایشگاهی فناوری نانو

فصلنامه

دانش آزمایشگاهی ایران

سال دوازدهم ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۳ ■ شماره پیاپی ۴۶

ISSN 2538-3450

اثر افزودنی‌ها بر خواص اصطکاکی گریس‌های مختلف

استمرار توسعه شبکه‌سازی و هم‌افزایی مراکز آزمایشگاهی کشور

آشنایی با طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته

اندازه‌گیری چگالی، چگالی نسبی یا گراویتی API نفت‌خام و فرآورده‌های نفتی مایع با روش هیدرومتر براساس استاندارد INSO 197

اندازه‌گیری مستقیم سلنیوم و دیگر عناصر ناچیز در نمونه‌های سرم با ICP-MS

هیدروکسی آپاتیت به‌عنوان ماده استحکام بخش جدید در استحکام‌بخشی استخوان‌های باستانی

آزمون استاندارد اودی: روشی برای ارزیابی مواد و مصالح بکار رفته در مخازن و ویترین‌های نمایش آثار تاریخی و فرهنگی

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir

نویسندگان
سمیه کاظمی دهقی[۱و۳*]
منیژه هادیان دهکردی[۱]
سید احمد ظهیر میردامادی[۲و۳]
۱. پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری
پژوهشگاه مواد و انرژی
۲. کارگروه استاندارد و کالیبراسیون
*somayekazemi82@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۴

واژه‌های کلیدی
آزمون اودی، خوردگی تسریعی، آلاینده‌های موزه‌ای، کوپن‌های فلزی.

آزمون استاندارد اودی: روشی برای ارزیابی مواد و مصالح بکار رفته در مخازن و ویترین‌های نمایش آثار تاریخی و فرهنگی

چکیده

در طی سی سال گذشته، دانشمندان حفاظت در موزه بریتانیا در پژوهش روی منابع و اثرات تولید کننده گازهای گلخانه‌ای در سیستم‌های مخازن و ویترین‌های موزه‌ها پیشگامان جهانی بوداند. به‌طورکلی، اشیاء ارزشمند ممکن است در یک محفظه، مانند یک کابینت و یا ویترین قرار داده شوند که بیشتر به‌منظور بهبود امنیت فیزیکی شامل سرقت و گرد و غبار است و درصورت لزوم تهویه زیست محیطی نیز انجام می‌شود. با این حال، سهواً ممکن است با توجه به انتشار گازهای مضر در مخازن نگهداری و یا ویترین‌ها، شیء در معرض خطر و آسیب‌های (خوردگی) جدی قرار داشته باشد.

برخی از مواد مورد استفاده در ویترین‌ها و یا تجهیزات انبارداری (مخازن نگهداری) می‌توانند ترکیبات فراری منتشر کنند که این ترکیبات باعث ایجاد تغییرات آسیب‌رسان و تشکیل مواد خاصی در اشیاء هنری می‌شوند. از این رو، قبل از استفاده از یک ماده جدید به‌ویژه در یک محیط بسته، مانند یک ویترین یا مخزن نگهداری، اطمینان از این موضوع که این مواد به‌طور بالقوه ترکیبات فرار مخرب منتشر نمی‌کنند، بسیار حائز اهمیت است. در سال ۱۹۷۲ یک آزمون خوردگی تسریعی توسط اندر اودی طراحی شد که این آزمون برای یافتن مواد ایمن به‌منظور استفاده طولانی مدت در فضای محصور اشیاء باستانی با حداقل ایجاد تخریب در اشیاء موجود در این فضا بود.

روی برخی از مواد مورد استفاده در مخازن نگهداری و ویترین‌های نمایش آثار باستانی در موزه بریتانیا این روش به‌طور وسیعی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین مؤسساتی که از آزمون اودی در تحقیقات خود به‌طور عمده استفاده کردند عبارتند از: موزه جی پاول گتی، موزه هنر نلسون اتکینز و موزه هنر متروپولیتن [۱].

در این مقاله، با مرور اجمالی به معرفی آزمون اودی به‌عنوان یک روش استاندارد به‌منظور ارزیابی مواد مورد استفاده در مخازن نگهداری و ویترین‌های نمایش پرداخته خواهد شد. همچنین در ادامه، با شناسایی و اطلاع از میزان آلاینده‌های موزه‌ای در تعدادی اثر، از طریق مشاهدات عینی و روش‌های میکروسکوپی، سعی بر آن می‌شود تا با آگاهی نسبی از وجود آنها، اثرات مضر ناشی از این مواد نامناسب را کاهش دهیم.

مقدمه

آزمون اودی به‌عنوان یک روش ذهنی برای تعیین مناسب بودن یا نبودن موادی مانند چوب، پارچه و یا رنگ به‌منظور استفاده در فضای بسته (مانند ویترین) برای آثار هنری و یا سایر آثار میراث فرهنگی استفاده می‌شود. در اصل، این یک آزمون پیرسازی تسریعی با هزینه کم برای تشخیص گازهای بالقوه خطرناک منتشر شده در یک محیط بسته با رطوبت بالا و گرم است.

برای انجام آزمایش، نمونه مطالعاتی در یک ظرف مهر و موم شده که در آن سه کوپن فلزی به حالت آویزان (از جنس نقره، مس و سرب) و یک لوله آزمایش محتوای مقدار کمی آب، قرار داده می‌شود. سپس ظرف مهر و موم شده در آون الکتریکی با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۸ روز قرار می‌گیرد تا رطوبت نسبی بالای ۹۵ تا ۱۰۰ درصد را حفظ کند. در یک ظرف دیگر، همان سه کوپن فلزی را بدون هیچ ماده مورد آزمون، به‌عنوان کنترل قرار می‌دهیم. پس از ۲۸ روز، کوپن‌های فلزی برای تغییراتی که ممکن است نشان‌دهنده قرار گرفتن آنها در معرض ترکیبات مختلف باشد، ارزیابی می‌شوند. کوپن نقره ترکیبات گوگردی کاهشی، کوپن سرب اسیدهای آلی، آلدهیدها و گازهای اسیدی و کوپن مس می‌تواند کلریدها، اکسیدها و ترکیبات گوگرد را تشخیص دهند.

این آزمون به دلیل استفاده از تجهیزات و ملزومات ارزان قیمت رایج و همچنین در دسترس بودن، در سازمان‌های کوچک و بزرگ میراث فرهنگی توسط حفاظت‌گران و تولیدکنندگان تجاری استفاده می‌شود. نتایج در سراسر جهان برای ارزیابی مناسب بودن مواد به‌کار برده شده در انبارها و مکان‌های نمایش آثار باستانی میراث فرهنگی استفاده شده‌است. با این حال، به‌طور کلی با توجه به شواهد و گزارش‌هایی که تاکنون ارائه شده، به نظر می‌رسد نتایج آزمون اودی نظری است. علاوه‌بر این، همچنین نشان داده شده‌که دستیابی به استانداردسازی بین آزمایشگران و آزمایشگاه‌های مختلف بسیار دشوار است [۱ و ۲].

دستورالعمل‌های این آزمایش در طول سال‌ها توسط اندر اودی[۱] و سایر افراد به‌عنوان مثال، رابینت[۲] و تیکت[۳] در موزه بریتانیا[۴] (۲۰۰۳)، بامبرگر[۵]، ویلر[۶] و هاو[۷] در موزه هنر متروپولیتن[۸] (۱۹۹۹)، اسمیت[۹] در موزه هنر ایندیاناپولیس[۱۰] (۲۰۱۸)، استیفنز[۱۱]، بوسکارینو[۱۲] و بریتونگ[۱۳] در موزه هنر متروپولیتن (۲۰۱۸) و کورنبرگ[۱۴]، کیبل[۱۵]، فیپارد[۱۶] و دویل[۱۷] در موزه بریتانیا (۲۰۱۷)، اصلاح، ارزیابی و تصحیح شده‌است.

اگرچه این اصلاحات گاهی قابلیت اطمینان نتایج را بهبود می‌بخشند اما بسیار مشاهده شده که دستیابی به نتایج سازگار و قابل تکرار و تجدیدپذیر هنوز هم می‌تواند چالش برانگیز باشد. مطالعه‌ای که در سال ۱۹۹۳ توسط گرین[۱۸] و تیکت انجام شد نشان داد که تغییرات رویه‌ای بین آزمایشگاه‌ها، مقایسه نتایج را دشوار می‌کند. در سال ۲۰۱۴ النا توروک و ژول ویکنز، یک نظرسنجی از ۴۳ حفاظت‌گر انجام دادند و نتایج نشان داد که حداقل ۲۰ روش مختلف آزمایش اودی در آن زمان در ایالات متحده مورد استفاده قرار می‌گرفت. سامانتا اونز[۱۹] آزمایش‌هایی موازی روی نمونه‌های مورد نظر مطابق با شش شیوه‌نامه یا پروتکل انتخاب شده در این حوزه انجام داد. آزمایش سامانتا، مطالعه گرین و تیکت را در سال ۱۹۹۳ تأیید نمود و نشان داد که بدون دقت، تکرار نتایج دشوار است. خلاصه‌ای از نتایج نظرسنجی که در سال ۲۰۱۴ انجام شد توسط توروک[۲۰] و ویکنز[۲۱] مورد استفاده قرار گرفت.

در طی سی سال گذشته، دانشمندان حفاظت در موزه بریتانیا، تحقیقات گسترده‌ای را روی منابع و اثرات گازهای منتشر شده از سیستم‌های مخازن و ویترین‌های موزه‌ها انجام دادند.

به‌طور کلی، برای بهبود امنیت فیزیکی اشیاء ارزشمند شامل سرقت و گرد و غبار، آنها را در یک محفظه، مانند یک کمد و یا ویترین نگهداری می‌کنند و درصورت لزوم، تهویه زیست محیطی انجام می‌شود. با این حال این امر ممکن است با توجه به انتشار گازهای مضر توسط مواد در مخازن نگهداری یا ویترین‌ها، ناخواسته شیء را در معرض خطر قرار دهد.

در سال ۱۹۷۲ یک آزمون خوردگی تسریعی به‌منظور یافتن مواد ایمن برای استفاده طولانی مدت روی اشیاء باستانی محصور شده در یک فضا، با توجه به این موضوع که باعث تخریب اثر نیز نشود، طراحی شد. امروزه قبل از استفاده تمامی مواد و مصالح مورد استفاده در محفظه یا ویترین‌های انبار و نمایش آثار باستانی در موزه بریتانیا، ابتدا باید این نوع آزمایش را بگذرانند تا حفاظت‌گران بتوانند از کاربرد آنها در ثبات مجموعه اطمینان حاصل کنند [۱ و ۳].

در این تحقیقات نتایج سوالات بسیار و مستمری توسط موزه بریتانیا از طیف گسترده‌ای از متخصصان، طراحان، معماران، حفاظت‌گران، مجموعه‌داران، موزه‌داران و تولیدکنندگان ویترین و در واقع هر شخصی که درگیر ایجاد محیطی امن برای اشیای گرانبها بود، دریافت و گردآوری شد.

هدف این مقاله، تنها پوشش تمام جنبه‌های مخازن نگهداری و یا ویترین‌های نمایش نیست بلکه هدف از این مطالعات، توضیح در مورد چرایی نیاز به این آزمون به‌منظور مواد مورد استفاده در نزدیکی اشیاء باستانی است. همچنین این تحقیقات می‌تواند راهنمای آزمونی جامع شامل همه روش‌هایی که تاکنون برای ارزیابی مواد مخازن نگهداری و ویترین‌های نمایش با مزیت‌های نسبی و اشکالات یا معایب مورد بحث بوده ارائه کند. همچنین در ادامه، اجرای عملی و روش‌هایی برای کاهش اثرات مضر مواد نامناسب پیشنهاد خواهد شد [۲].

فصلنامه
دانش آزمایشگاهی ایران
سال دوازدهم ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۳ ■ شماره پیاپی ۴۶

چرا نیاز به انجام این آزمون داریم؟

در ابتدا پلینی[۲۲] درباره اثرات خورنده چوب بر سرب (راخمن ۱۹۶۸) مطالعاتی انجام داد. یکی از اولین تحقیقات در مورد آسیب به اشیاء ناشی از مواد نامناسب نگهداری و ذخیره، توسط باینی[۲۳] در سال ۱۸۹۹ صورت گرفت. در آن زمان تخریب صدفها به دلیل گازهای ساطع شده از کابینت‌های انبارش و نگهداری چوبی با گذشت زمان، حضور اسید استیک (اسید اتانوئیک) (نیکلز ۱۹۳۴) را به اثبات رساند.

راتگن[۲۴] در کتاب خود با عنوان «حفظ آثار باستانی» در سال ۱۹۰۵ از تغییرات مختلفی که توسط آثار باستانی در زمین و هوا ایجاد شده‌است، مطالبی ارائه نمود (راتگن ۱۹۰۵). با این حال، اطلاعات اندکی در مورد تغییرات مواد و صنایع فرهنگی موجود است. به‌طور کلی، اگرچه راتگن گزارش داد که «هیدروژن سولفور» (سولفید هیدروژن) باعث ایجاد سولفیدهای فلزی می‌شود، اما به نظر می‌رسد که او از این موضوع بی‌اطلاع بود که مواد استفاده شده در موزه می‌تواند منبع گازهای مضری باشد که باعث پیشرفت تخریب اشیای مستقر در آنجا می‌شود. او همچنین اظهار داشت که اشیاء نقره‌ای که در موزه‌ها قرار می‌گیرد، بدون تغییر باقی می‌مانند و هیچگونه تغییر شیمیایی دیگری در آن محل صورت نمی‌گیرد. با این حال، شرایط محیطی تغییرات بسیار کمی در این آثار ایجاد کرد. همچنین او متذکر شد که اشیاء سربی به دلیل زنگارهای دفینه‌های پایدار سرب و خوردگی فعال، سفید به نظر می‌رسد.

دکتر الکساندر اسکات[۲۵] دومین فرد و بنیانگذار آزمایشگاه تحقیقات موزه بریتانیا به بررسی تخریب اشیاء نگهداری شده در طول جنگ جهانی اول در موزه بریتانیا پرداخت. او در اولین گزارش خود در سال ۱۹۲۱ دو نوع تخریب ناشی از گازهای آلاینده را منتشر کرد (اسکات ۱۹۲۱). او اظهار داشت که سرب سفید در حضور هیدروژن سولفید به سرب سیاه تبدیل می‌شود و خاطرنشان کرد که قرار دادن مدال یا سکه و اشیاء کوچک سربی در کابینت بلوط غیرعاقلانه است و این موضوع احتمالا به دلیل اثر اسیدهای فراری بود که از بلوط منتشر می‌شد.

در اوایل سال ۱۹۷۰، تحقیقات گسترده‌ای در موزه بریتانیا برای تعیین روش‌های جلوگیری از مشکل خوردگی آثار باستانی در معرض نمایش و مخازن نگهداری در حال انجام بود و آزمونی استاندارد برای تشخیص مواد مضر بالقوه گزارش شد. توسعه این مطالعات به‌منظور بررسی منابع انتشار و آسیب‌های منتج از آثار باستانی انجام شده‌است و در موزه بریتانیا همچنان ادامه دارد. در حال حاضر، در موزه‌های مختلف دیگر و همچنین در موسسات تحقیقاتی درکی جامع‌تر از دلایل تخریب و پوسیدگی وجود دارد.

اخیرا روش توسعه یافته‌ای برای تعیین کمیت مقدار بسیاری از آلاینده‌های خورنده مهم در محیط‌های معمول موزه مانند ویترین‌ها و مخازن نگهداری ارائه شده‌است [۳].

اثرات آلاینده‌ها

به‌طور عمده، هوا از نیتروژن و اکسیژن تشکیل شده اما همچنین شامل یک مخلوط پیچیده‌ای از گازهای مختلف با غلظت بسیار پایین است؛ به‌عنوان مثال، ازون، دی اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن. این غلظت کم برخی از گازها می‌تواند باعث تخریب آرام اشیاء شود. روی مجسمه سنگی در فضای باز پوسته‌ای از سولفات تشکیل می‌شود و مجسمه‌های برنزی با زنگار یا پینه‌ای از محصولات خوردگی، به ویژه در یک منطقه صنعتی یا دریایی پوشیده می‌شوند. با این حال، این آلاینده‌های فضای باز در سطوح بسیار پایین‌تری در فضای داخلی ساختمان و محیط‌های داخلی قرار دارند و محیط‌های داخلی دامنه مشخصه آلاینده‌های خاص خود را دارند.

ممکن است محیط‌های داخلی حاوی سطوح بالاتری از اسیدهای آلی به‌خصوص فرمیک اسید (متانوئیک) و اسید استیک باشند؛ علت این امر، تولید این اسید توسط موادی مانند چوب، ترکیبات چوبی و الوار است. بدلیل انتشار و افزایش غلظت اینگونه مواد آلی در فضاهای بسته مشکلات زیادی به وجود می‌آید.

اگر آثار باستانی با مواد و مصالح نامناسب محصور شوند، ممکن است محصولات فلزی بدلیل ایجاد خوردگی و اشیاء معدنی و غیرآلی با تشکیل نمک‌های مخلوط دچار شکنندگی شوند.

اگر نقره در ویترین باز قرار گیرد، یک ظاهر لکه‌دار پیدا خواهد کرد. این مساله به دلیل واکنش با سطوح پایین گاز سولفید و گازهای دیگر به‌عنوان مثال، سولفید هیدروژن و سولفید کربن و یا کلرید هیدروژن است.

با این حال، اگر روی ویترین‌ها و یا مخازن نگهداری از مواد نامناسب مانند نمد پشمی استفاده شود، نقره می‌تواند به سرعت کدر و لکه‌دار شود. اگرچه سولفید نقره اصلی‌ترین محصول خوردگی است که در نقره بسیار لکه‌دار و تیره یافت می‌شود، اما ترکیبات دیگری مانند سولفات‌ها، نیترات‌ها، هیدروکسیدها و کلریدها نیز شناسایی شده‌اند [۳ و ۵]. سولفات نقره ممکن است به دلیل اکسیداسیون سولفید کربن با اتمسفر یا جو تشکیل شده باشد. همچنین در ادامه، آثار مخرب گازهای سولفید در زنگار کلرید نقره یافت شد [۴ و ۵].

اشیاء ساخته شده از آلیاژهای نقره با فلزات دیگر غیر از طلا، به‌طور معمول مقاومت کمتری از لحاظ خوردگی نسبت به نقره خالص دارند.

اشیاء باستانی و نقره‌ای را می‌توان جلا داد و لکه‌های نقره‌ای بدشکل را حذف نمود. اگرچه پرداخت و جلای بیش از حد نیز نامطلوب است و مقدار کمی از نقره برداشته می‌شود. جلا دادن مکرر می‌تواند باعث از بین رفتن جزئیات سطح تزئین شده با نقره و یا موجب از بین رفتن کامل سطح شود. با این حال، در برخی شرایط، تمیز کردن نسخه‌های خطی و کتیبه‌ها با پوشش نقره‌ای بسیار دشوار است.

همچنین عکاسی مبتنی بر نقره (پایه نقره‌ای) می‌تواند به‌طور برگشت‌ناپذیر توسط گازهای سولفید آسیب دیده و منجر به تاریک شدن و از بین رفتن کنتراست تصویر شود. همچنین گزارش شده‌است که فرمالدهید (متانال) عکس‌ها را تغییر رنگ می‌دهد [۳].

طلا با درجه خلوص بالا نسبت به گازهای آلاینده مقاوم به نظر می‌رسد. با این حال، زمانی که طلا در ترکیب با فلزات دیگر وجود دارد به‌عنوان مثال، نقره زراندود و یا به‌عنوان یک آلیاژ با خلوص پایین، اثرات آلاینده بر فلزات وابسته نیز باید در نظر گرفته شود.

مس جلا داده شده مستعد حمله سولفیدها، اسیدهای آلی، کلریدها و فرمالدهید است که می‌تواند با اسید فرمیک در رطوبت بسیار بالا و یا اگر عوامل اکسیداسیون مانند ازون وجود دارد، اکسید شود. همچنین مس و آلیاژهای آن می‌توانند با «لکه سیاه» که در ابتدا تصور می‌شد ناشی از حمله میکروبیولوژیکی است، تغییر شکل داده و از شکل افتاده باشند. با این حال تحقیقات بعدی نشان داده است که نقاط سیاه و سفید روی مس، به دلیل واکنش با ترکیبات گوگرد موجود در جو و همچنین بیشتر به دلیل استفاده از مواد نامناسب در مخازن نگهداری و ویترین‌ها است. آلیاژ مس به سولفید مس تبدیل می‌شود به‌عنوان مثال، دیژنیت قهوه‌ای و کالکوسیت سیاه و سولفید مس.

با این حال، مس و آلیاژهای آن نسبت به نقره جلا داده شده، حساسیت کمتری به حمله سولفید دارد. مس دارای زنگار اکسید و یا یک لایه خوردگی گسترده‌تر است که می‌تواند محافظی در برابر حمله اتمسفر باشد. اگر مس مواجهه طولانی مدت با گازهای مضر داشته باشد، لایه زنگار یا خوردگی را می‌تواند تحت تاثیر قرار دهد. چند مورد سولفید سیاه از تشکیل زنگار کربنات مس در مجموعه موزه‌ها دیده شده‌است.

سرب خالص اگر نامناسب ذخیره شود در خوردگی اتمسفری آسیب‌پذیر است. اسیدهای آلی فرار مانند اسید استیک و اسید فرمیک باعث خوردگی گسترده شده و کربنات سرب بازی تولید می‌کند.

در برخی از محیط‌ها شواهدی وجود دارد که فرمالدهید می‌تواند به اسیدفرمیک اکسید شود. در برخی موارد، نمک‌های سرب (ترکیبات (استری) اسید فرمیک) نیز به‌عنوان محصول اصلی خوردگی در آثار باستانی سربی شناخته شده‌است. دلیل این امر، حمله اسید فرمیک و فرمالدهید به جای اسید استیک است. یکی از مشکلاتی که با اشیاء سربی در یک مجموعه روبرو هستیم این است که آنها ممکن است از نظر بصری فقط به‌عنوان «فلز سفید» شناخته شوند. این در حالی است که ترکیب واقعی آنها فقط زمانی کشف می‌شود که تنها دچار خوردگی شده‌اند.

آلیاژهای سرب با مس یا قلع نسبت به سرب خالص در برابر خوردگی مقاوم‌ترند، اما برنزهای سرب‌دار ممکن است حاوی ذرات گسسته بزرگی از سرب باشند که درصورت نگهداری در محیط خورنده می‌توانند به‌طور مستقل از ماتریکس برنز خورده شوند.

به‌طور کلی، هنگام بررسی تأثیر گازهای آلاینده بر فلزات، تمرکز بر نقره، مس و سرب است، اما اینها تنها فلزات موجود در مجموعه‌های موزه‌ای نیستند. فلزات آهنی موجود در مجموعه نیز در معرض حمله دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن قرار دارند. فلز روی قرن‌هاست که شناخته شده‌است. این فلز در حضور اسیدهای آلی، فرمالدهید، کلریدها و دی اکسید گوگرد خورده می‌شود. خوردگی به شکل ذرات هیدراته شده روی سکه‌های روی که در کابینت‌های چوبی نامناسب نگهداری شود، شناسایی شده‌است.

در یک موقعیت جداگانه، خوردگی تعدادی سکه از جنس روی تجزیه و تحلیل شد و حضور کلر در برخی از محصولات خوردگی شناسایی شد. ممکن است این مساله به دلیل محیط قبلی آن باشد. به‌عنوان مثال، ممکن است از دریا آمده باشد. منابع دیگر کلریدها ممکن است از لمس کردن و یا کلرید فرار حاصل از مواد ذخیره‌سازی شده باشد. به‌طور کلی، آثار باستانی ساخته شده از فلزات جدید مانند آلومینیوم و منیزیم به دلیل حضور یک لایه نازک اکسید آلومینیوم پایدار است. به هر حال این لایه نازک اکسید، یک لایه ژلاتینی تولید نموده که محافظ طولانی مدتی نیست.

گزارش شده‌است که کلریدهای آلی و کلرید هیدروژن لایه اکسید را مختل می‌کند. آلیاژهای آلومینیوم با غلظت کمی از دیگر فلزات مانند مس، مقاومت در برابر خوردگی را کاهش می‌دهد. تعدادی از اشیاء از جنس آلومینیوم در موقعیت‌های مختلف انبارش در موزه بریتانیا مورد بررسی قرار گرفت و خوردگی بسیار کمی را نشان دادند. منیزیم به‌طور معمول یک لایه محافظ از جنس کربنات‌ها و سولفات دارد اما در حضور اسیدهای آلی دچار خوردگی و زنگ زدگی می‌شود.

دیگر فلزات جدید مانند نیکل، کادمیوم و کروم نیز در محیط‌های طبیعی در برابر خوردگی مقاوم هستند. اما خوردگی بیشتر این فلزات در اثر آلاینده‌ها، در مجموعه موزه مشخص می‌شود؛ به‌عنوان مثال، کادمیوم با اسیدهای آلی قوی دچار خوردگی می‌شود [۵ و ۶].

مواد غیر آلی معدنی نیز تحت تأثیر آلاینده‌ها قرار دارند. برخی از شیشه‌ها (عینک) اگر در معرض سطح بالایی از فرمالدهید، استیک یا اسید فرمیک باشند، مستعد تخریب هستند.

نمک‌های محلول به‌عنوان مثال، در سنگ و سرامیک، می‌توانند با اسیدهای آلی فرار واکنش دهند و ترکیبات نمکی مخلوط ایجاد کنند؛ به‌عنوان مثال، کلکاسیت (استات کلرید کلسیم $(Ca(CH_3COO)Cl.5H_2O)$)، استات نیترات کلرید کلسیم $(CaCl\ (NO_3)_2(CH_3COO)_3)$. همچنین مواد پایه کربناتی، مانند پوسته و صدف‌ها، با اسیدهای آلی واکنش داده و یک محصول بلورین تولید می‌کنند که به‌طور معمول از آن به‌عنوان بیماری باین[۲۶] یاد می‌شود که در اوایل سال ۱۸۹۹ گزارش شده بود.

رنگدانه‌های معدنی می‌توانند دچار تغییر رنگ شوند؛ به‌عنوان مثال، سرب سفید و سرب قرمز با گازهای سولفید واکنش نشان داده و به سرب سیاه تبدیل می‌شوند [۳ و ۴].

فصلنامه
دانش آزمایشگاهی ایران
سال دوازدهم ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۳ ■ شماره پیاپی ۴۶

مواد آلی هنگام قرار گرفتن در معرض برخی از آلاینده‌ها، اثرات نامطلوبی را متحمل می‌شوند. مواد پایه سلولزی مانند کاغذ و برخی از منسوجات ممکن است به دلیل اسید یا هیدرولیز قلیایی تخریب شوند. با این کار زنجیره‌های سلولزی شکسته می‌شوند و مقاومت مواد کاهش می‌یابد و درنهایت، شکننده و در اثر لمس کردن مستعد آسیب دیدن می‌شود. اجزای خاصی از کاغذ ممکن است باعث اسیدی شدن آن و یا در اثر پیری اسیدی شود. کاغذ ممکن است با زاج سفید و کلوفون آهارزنی شود و یا دارای نسبت بالایی از خمیر چوب شامل لیگنین باشد. کاغذهای کهن با ایجاد تغییرات شیمیایی لیگنین در اثر گذر زمان سیدی خواهند شد. به این ترتیب کاغذهای بدون لیگنین برای استفاده آرشیوی توصیه می‌شود. با این حال شواهد اخیر نشان می‌دهد که خواص مکانیکی کاغذهای کهنه و قدیمی حاوی لیگنین تفاوت قابل توجهی با کاغذهای بدون لیگنین ندارد.

همچنین اشاره شده‌است که بسیاری از کاغذهایی که در آزمایش‌های قبلی استفاده شدند، علاوه بر لیگنین حاوی آهار زاج سفید و کلوفون نیز بودند و افزایش اسیدیته کاغذ به دلیل آهار بود و نه لیگنین. در نتیجه، مشخص شد لیگنین در محیط خنثی و قلیایی تخریب نمی‌شود. با این حال ممکن است کاغذهای حاوی لیگنین با گذر زمان و آلاینده‌های جوی دچار تغییر رنگ نامشخص شوند. گزارش شده‌است که غلظت سطح پایین دی اکسیدکربن و اکسیدهای نیتروژن، مواد سلولزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۵ و ۶].

مشخص شده‌است که اسید استیک در غلظت‌های بالا باعث تجزیه کاغذ می‌شود. بسیاری از محیط‌های موزه می‌توانند حاوی غلظت‌هایی در حدود ۳۰۰۰ میلی‌گرم از این نوع اسید باشند. از این‌رو، تعیین اینکه آیا اسید استیک خطر طولانی مدت قابل توجهی برای کاغذ دارد، دشوار است.

منسوجات دارای نخ‌های فلزی می‌توانند با آلاینده‌های مورد بحث تحت تاثیر قرار گیرند. کاغذ نیز ممکن است شامل اجزای فلزی باشد. واکنش با آلاینده‌های حاوی گوگرد می‌توانند باعث ایجاد لکه‌های فاکسینگ شود.

ازون در سطح هوای محیط، خطر قابل توجهی ندارد اما در غلظت‌های بیشتر مانند یک مخزن نگهداری، می‌تواند میزان نابودی پنبه و لاستیک را افزایش دهد و باعث محو شدن رنگ شود.

پارچه‌های مصنوعی و مواد پلاستیکی اکنون توسط موزه‌ها جمع‌آوری می‌شود. نایلون در حضور مقادیر کم دی اکسید گوگرد تخریب را تسریع می‌کند. گزارش شده‌است که پلی متیل متاکریلات و پلی استایرن تحت تأثیر اسید استیک قرار دارند. [۸].

منابع آلوده کننده

در جدول (۱) منابع عمده و اثرات آلاینده‌های معمول داخلی به‌طور خلاصه آمده است. در یک موزه یا فروشگاه طیف گسترده‌ای از مواد برای ساخت و تزئین ویترین‌ها استفاده می‌شود. چوب یکی از آن دسته موادی است که به نسبت ارزان بوده و در بیشتر مناطق می‌توان از آن استفاده نمود. همچنین مزیت دیگر آن، تغییرات بافری در رطوبت نسبی است که ممکن است برای انواع خاصی از مصنوعات مفید باشد.

با این وجود تمام چوب‌ها سطح متفاوتی از اسیدهای آلی و فرمالدهید را منتشر می‌کنند. از آنجا که چوب یک ماده طبیعی و غیر همگن است، ویژگی‌هایی با خواص مربوط به خروج گاز از برخی گونه‌ها و یا محصولات خاص دارد؛ اما به‌طور کلی می‌توان گفت که بلوط و شاه بلوط سطح بالاتری از اسیدهای آلی را نسبت به راش یا صنوبر منتشر می‌کند.

تنوع در تولید گازهای گلخانه‌ای از گونه‌های مشابه می‌تواند تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله، زمان قطع، درون چوب و یا برون چوب باشد. مشخص شده‌است که خشک کردن چوب در کوره، باعث تولید اسیدهای آلی آزاد بیشتری نسبت به خشک شدن آن در هوا می‌شود.

میزان رطوبت محصولات چوبی و الوار نیز بر خاصیت خوردگی طبیعی آنها تأثیرگذار است. مشخص شده‌است که برخی چوب‌ها بعد از بیست سال، سطح قابل توجهی مواد فرار را منتشر می‌کنند [۹].

جدول (۱): منابع و اثرات آلوده کننده‌های متداول موزه‌ای.

آلاینده‌ها	منبع اصلی	تاثیرگذاری
گونه‌های حاوی گوگرد **هیدروژن سولفید** H_2S **کربن سولفید** COS	پشم ، پارچه و نمد رزین و چسب	نقره و مس
اسیدهای آلی **فرمیک اسید** CHCOOH **استیک اسید** CH_3COOH	چوب به‌خصوص بلوط، کامپوزیت چوب، MDF، تخته سه لا، رنگ‌ها، نئوپان، تابلو، چسب ،لاک الکلی، پلی وینیل استات و برخی از پلی اورتان‌ها، درزگیرها، سیلیکون، ضد بید و پوسیدگی	سرب، مس، روی، کادمیوم، نمک منیزیم سنگ و سرامیک پوسته، احتمالا کاغذ
فرمالدهید CH_2O	چسب، اوره و فنول فرمالدهید چوب کامپوزیت چوب تخته سه لا، نئوپان MDF	سطح بالای فرمالدهید می‌تواند بیشتر فلزات را تحت تاثیر قرار دهد. مصنوعات ارگانیک در شرایط مناسب
کلرید	پلاستیک PVC، PVDC بازدارنده‌های آتش، نمک‌های معدنی	مس، آلومینیوم، روی و آهن
اکسید نیتروژن **NOX**	**پلاستیک و نیترات سلولز**	**مس و آهن**

علاوه‌بر اجزای ساختاری، محصولات چوبی بیشتر برای اتصالات داخلی ویترین مانند قرنیزها، تخته‌های پایه و تخته‌های نصب استفاده می‌شود. تخته سه‌لا، نئوپان، تخته فشاری، تخته فیبر و تخته با تراکم متوسط (ام دی اف) کامپوزیت‌هایی از چوب و چسب هستند که بیشتر مبتنی بر فرمالدهید است. به‌طور کلی، محصولات تولید شده برای مصارف داخلی با رزین و اوره فرمالدهید ترکیب می‌شوند، در حالی که برای استفاده خارجی از رزین فنل فرمالدهید استفاده می‌شود. چسب اوره فرمالدهید، به دلیل هیدرولیز، فرمالدهید بیشتری منتشر می‌کند. رزین‌های فنل فرمالدهید پایدارتر هستند و در نتیجه، آزادی فرمالدهید با نسبت پایین‌تری انجام می‌شود. بنابراین، محصولات فنل فرمالدهید برای استفاده در محیط موزه، مطلوب‌تر است. با توجه به مقررات ایمنی و سلامت در صنعت مبلمان، محدودیت‌هایی برای بیشینه مقدار فرمالدهید در محصولات چوبی مانند ام دی اف وجود دارد [۱۱].

ام دی اف با برچسب E1 مطابق با قوانین، دارای مقدار کمی آلدهید است. محصولاتی با استفاده از مواد چسب‌دار، بدون فرمالدهید تولید شده که در دسترس هستند؛ اما مشکل اصلی این است که فقط چسب نیست که فرمالدهید را تولید می‌کند، بلکه ذرات چوب نیز تولید کننده فرمالدهید هستند. بنابراین، اگرچه می‌توان از چسب بدون فرمالدهید استفاده کرد اما این امر منجر به تولید یک محصول کاملاً عاری از فرمالدهید نمی‌شود. همچنین فرمالدهید از هر محصول چوبی اسید استیک و فرمیک منتشر می‌شود و این مواد احتمالاً آسیب رسان‌تر از فرمالدهید هستند.

همچنین پارچه‌هایی که در ویترین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند، می‌توانند به‌عنوان منبع آلاینده محسوب شوند. پشم نیز به‌عنوان منبعی برای تولید گازهای سولفید و به‌طور عمده، سولفید کربونیل شناخته شده‌است. با این حال اگرچه ممکن است بسیاری از الیاف طبیعی دیگر یک منبع آلوده کننده نباشند اما پارچه دارای افزودنی‌هایی مانند مواد مقاوم در برابر چین یا مواد ضد حریق است که ممکن است منبعی از مواد مضر مانند فرمالدهید یا اسیدهای آلی باشد و همچنین رنگ‌ها می‌توانند منبع دیگری برای تولید آلاینده‌ها محسوب شوند. [۱۲].

از زمانی که آزمایش روی مواد ویترین‌ها و مخازن ذخیره‌سازی در موزه بریتانیا در اوایل سال ۱۹۷۰ توسط اودی انجام شد، وجود خوردگی روی ویترین‌ها در گالری به حداقل رسید؛ با این حال، موارد نادر از تخریب و خوردگی مشاهده شده‌است.

در پروژه‌ای که در یک گالری انجام شد، قطعات بزرگ گچ به همراه سه شیء سرب کوچک در ویترین قرار گرفت. پشت ویترین بزرگ (به‌طور تقریبی ۳/۵ × ۰/۵ × ۲ متر) صفحات تخته فیبری با چگالی متوسط قرار دادند و این صفحات با پوشش تزئینی مناسب پوشانده شدند تا با طرح رنگ گالری ترکیب شوند.

با این حال، هنگامی که در موقعیت قرار گرفت، رنگ تابلو مناسب نبود و با گذر زمان پس از چند ماه خوردگی سفیدی روی قطعات سربی مشاهده شد. این تغییر به‌عنوان مخلوطی از پایه کربنات سرب و فرمت سرب شناخته شد.

سطح اسید استیک و فرمالدئید در ویترین ۲۰ برابر بیشتر از سطح اندازه‌گیری شده در گالری بود. رنگی که در داخل ویترین استفاده شده بود مورد آزمایش قرار گرفت و به‌عنوان منبعی برای اسیدهای آلی با خوردگی بالا در سرب شناخته شد. همچنین تخته ام‌دی‌اف منبع شناخته شده فرمالدهید و اسیدهای آلی است [۱۰ و ۱۵].

در مواردی که خوردگی اشیاء در اثر گازهای آلاینده اتفاق می‌افتد، باید در نظر داشت که این امر همیشه ناشی از نگهداری نامناسب، مواد و مصالح مخازن و یا ویترین‌ها نیست. تحقیقات نشان داده که انسان‌ها نیز می‌توانند گازهای حاوی سولفور تولید کنند. اگرچه سطح تماس انسان با بخشی از ویترین ممکن است به ندرت باشد اما سطح این تماس در فروشگاه‌ها یا اتاق‌ها بیشتر است. اشیاء نیز ممکن است گازافشان باشند و بر مواد مرتبط با خودشان تاثیر بگذارند. گردنبندی از آلیاژ نقره و مس در سال ۱۹۸۰ کشف شد که دچار خوردگی شده بود (اشکال (۱) و (۲)). پس از حفاظت دوباره در مخازن ذخیره‌سازی، در عرض چند سال دچار تخریب و در نتیجه، خوردگی شدید نیترات مس سبز رنگ ایجاد شد.

شکل (۱): گردنبند کشف شده در سومالی، ساخته شده از آلیاژ نقره و نیترات سلولز [۱].

فصلنامه علمی دانش آزمایشگاهی ایران
سال دوازدهم ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۳ ■ شماره پیاپی ۴۶

شکل (۲): جزئیات خوردگی بر آلیاژ دانه‌های نقره به دلیل تخریب نیترات سلولز [۱].

در ابتدا، دانه‌های زرد رنگ روی گردنبند ذکر شده به‌عنوان کهربا در نظر گرفته شده بود؛ اما با تجزیه و تحلیل مشخص شد که در واقع نیترات سلولز است. به دلیل از دست دادن روان‌کنندگی، دانه‌های نیترات سلولز ناپایدار شده و با تولید اسید نیتریک، دچار تخریب می‌شوند. بدین ترتیب این ترکیب پس از حمله به اجزای آلیاژهای نقره و مس گردنبند، محصول خوردگی نیترات مس را تولید می‌کند. سرانجام دانه‌های نیترات سلولز از گردنبند جدا می‌شود تا از پوسیدگی بیشتر آلیاژ نقره جلوگیری نماید و اثرات آن بر سایر مصنوعات موجود در همان محل ذخیره‌سازی کاهش یابد [۲۳].

سفالینه‌هایی با درجه اشتعال پایین در حفاری از سایت‌های بی‌هوازی باستان‌شناسی کشف شد که گاز سولفید تولید می‌کردند. این موضوع موجب تشکیل رسوب سیاه سولفید مس روی اشیاء برنز در همان ویترین می‌شد. ظروف سفالینه ممکن است در مدت زمان مدفون بودن در خاک، آغشته به موادی غنی از گوگرد و سولفید باشند. به تازگی مشخص شده‌است که آثار آهنی کشف شده از یک سایت مشابه نیز می‌توانند منبع سولفیدها باشد. این منابع از گاز سولفید را باید در زمان طراحی ویترین‌ها در نظر داشت.

استفاده از سیستم تهویه مطبوع به‌منظور حذف گازهای مضر آلاینده از موزه‌ها رویکردی پرهزینه است و به‌طور معمول بر کاهش میزان گازهای تولید شده در داخل ویترین یا مخازن نگهداری موثر نیست. در مرحله اول باید اطمینان حاصل شود که مواد مورد استفاده برای ساخت ویترین‌ها و یا مخازن نگهداری آثار، از منابع آلوده کننده نباشد و این کار با آزمایش مواد انجام می‌شود [۷ و ۲۱].

در حال حاضر، آزمایش‌هایی به‌منظور استفاده از مواد در مخازن نگهداری و ویترن‌ها که متناسب با گروه خاصی از مصنوعات هستند، ارائه شده‌است.

آزمون خوردگی تسریعی شامل یک روش استاندارد است که در سال ۱۹۹۵ منتشر شد و اصلاح روش برای ساده‌سازی آزمون و کاهش زمان لازم برای راه‌اندازی آن طراحی شد.

روش آزمایش

مواد مورد آزمایش را در یک لوله یا بطری شیشه‌ای به همراه کوپن‌های فلزی قرار داده و مهروموم می‌شوند. خوردگی فلز با یکی از روش‌های زیر تسریع می‌شود:

- نسبت مواد مورد آزمون به فضای اطرافش بسیار بالاتر از آن است که در یک ویترین یا مخزن نگهداری مواجه می‌شود. بنابراین، غلظت هر گاز خورنده فرار بالاتر می‌رود.
- کوپن فلزی باید پاک و صیقلی باشد تا یک سطح صاف فلزی واکنشی را نشان دهد.
- رطوبت نسبی در لوله ۱۰۰ درصد افزایش می‌یابد تا خوردگی را تسریع دهد.

برای افزایش دادن میزان انتشار مواد فرار و تسریع خوردگی، درجه دما تا ۶۰ درجه افزایش می‌یابد. بعد از گذشت ۲۸ روز، آزمون به پایان می‌رسد. مقدار خوردگی کوپن فلزی با طبقه‌بندی مواد، به شرح زیر استفاده می‌شود:

- مناسب برای استفاده دائمی (بدون خوردگی)؛
- برای استفاده موقت - تنها تا شش ماه (خوردگی جزئی)؛
- نامناسب برای استفاده (خوردگی واضح).

کوپن‌های فلزی برای نشان دادن ترکیبات مرتبط با مصنوعات یا آثار انتخاب شده‌اند. مس، نقره و سرب حساس‌ترین فلزات مورد استفاده در دوران باستان هستند. مس ممکن است برای نشان دادن آلیاژهای مس (برنز، برنج و غیره) استفاده شود. برخی از برنزهای سرب‌دار حاوی ذرات سرب گسسته هستند؛ بنابراین، پیشنهاد می‌شود مواد مخازن نگهداری و ویترین‌ها نیز از نظر تأثیر آنها بر سرب آزمایش و بررسی شود. چنین آزمایش‌هایی با موفقیت اندکی برای فلزاتی مانند منیزیم، روی و آلومینیوم (Green، Thickett I99I) و همچنین آهن (Green، Bradley I997) انجام می‌شود که به‌عنوان کوپن انتخاب خوبی نیست [۱۵و ۲۲].

نتیجه گیری

همان‌طورکه در بالا به آن اشاره شد، آزمون اودی برای اولین بار توسط آنتونی ورنر در سال ۱۹۷۳ پیشنهاد شد. در سال ۱۹۷۵، اندرو اودی، که در آن زمان در بخش علمی موزه بریتانیا کار می‌کرد، آن را به یک روش آزمایش تکرارپذیر برای شناسایی آلاینده‌های فرار (VOCs[۲۷]) که احتمال می‌رفت از مواد مورد استفاده در ویترین موزه‌ها به‌صورت گاز منتشر شود، توسعه داد.

با این روش می‌توان مواد سمی را از ویترین‌هایی که برای نمایشگاه‌های موزه‌ای استفاده می‌شود، حذف کرد (اودی ۱۹۷۵). آزمون اودی یک آزمون خوردگی است که در آن آلاینده‌ها به‌صورت فاز گاز در سه شاخص یا اندیکاتور[۲۸] و یا نشانگر فلزی (نقره، مس و سرب) به‌طور انحصاری، با رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد باعث خوردگی می‌شوند. اندیکاتور فلزات باید پس از یک دوره ۲۸ روزه در رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد و ۶۰ درجه سانتیگراد ارزیابی شوند.

علی‌رغم این واقعیت که تمام نویسندگان بر پایبندی دقیق به طراحی و روش آزمون تأکید دارند، به‌منظور مقایسه نتایج، در حال حاضر حدود ۲۰ پروتکل مختلف در دست اجراست که بیشتر آنها در آزمایشگاه‌های موزه‌ها و یا توسط حفاظت‌گران به‌طور مستقل انجام می‌شوند.

در نتیجه، تاکید بر این نکته مهم است که نتایج به‌دست آمده و گهگاه منتشر شده، قابل مقایسه و تکرار نیستند و در بسیاری از موارد مملو از عدم دقت قابل توجه است [۲۵ و ۲۶].

پی‌نوشت

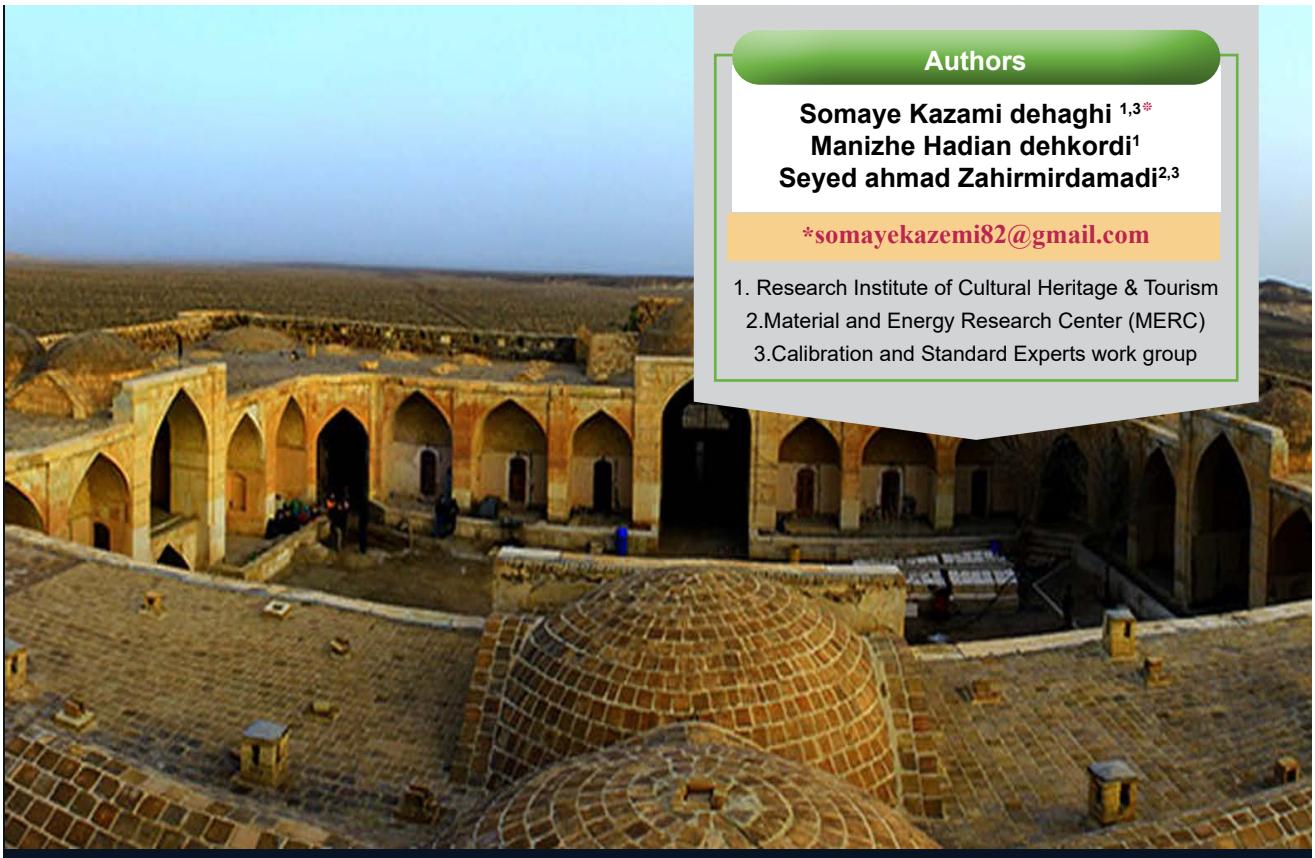
1. Andrew Oddy
2. Robinett
3. Thickett
4. British Museum
5. Bamberger
6. Wheeler
7. Howe
8. Metropolitan Museum
9. Smith
10. Indianapolis Museum
11. Stephens
12. Buscarino
13. Breitung
14. Korenberg
15. Keable
16. Phippard
17. Doyle
18. Green
19. Samantha Owen
20. Torok
21. Wickens
22. Pliny
23. Byne
24. Rathgen
25. Dr Alexander Scott
26. Byne's disease
27. VOCs = Volatile Organic Compounds
28. indicator

مراجع

[1] Thickett, D. & Lee, L., 2004. Selection of material for the storage or display of museum objects, London.
[2] Bamberger, J.A., et al., A variant Oddy test procedure for evaluating materials used in storage and display cases. Studies in Conservation, 1999, 44: p. 86-90.
[3] Green, L. R., and D. Thickett. 1995. “Testing Materials for Use in the Storage and Display of Antiquities: A Revised Methodology.” Studies in Conservation 40 (3): 145–152.
[4] Wang, S., et al., An Improved Oddy Test Using Metal Films, Studies in Conservation, 2011. 56: p. 138-153.
[5] Green, L. R., and D. Thickett. 1993. “Interlaboratory Comparison of the Oddy Test.” In Conservation Science in the UK, edited by N. H. Tennent, 111–116. London: James & James Science Publishers.
[6] Hodgkins, R.E., et al., Silver Nanofilm Sensors for Assessing Daguerreotype Housing Materials in an Oddy Test Setup. e-Preservation Science, 2013. 10: p. 71-76.

مراجع

[7] Zhang, Z. and Pawliszyn, J., 'Headspace solid phase microextraction', Analytical Chemistry 65 (1993) 1843-1852.
[8] Martos, P.A. and Pawliszyn, J., 'Sampling and Determination of Formaldehyde Using Solid-Phase Microextraction with On-Fiber Derivatization', Analytical Chemistry 70 (1998) 2311-2320.
[9] Tsukada, M., Rizzo, A. and Granzotto, C., 'A New Strategy for Assessing Off-Gassing from Museum Materials: Air Sampling in Oddy Test Vessels', Newsletter of the American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works 37 (2012) 1,3-7.
[10] Lattuati-Derieux, A., Egasse, C., Thao-Heu, S., Balcar, N., Barabant, G. and Lavédrine, B., 'What do plastics emit? HS-SPME-GC/MS analyses of new standard plastics and plastic objects in museum collections', Journal of Cultural Heritage 14 (2013) 238-247.
[11] Pajaro-Castro, N., Caballero-Gallardo, K. and Olivero-Verbel, J., 'Identification of volatile organic compounds (VOCs) in plastic products using gas chromatography and mass spectrometry (GC/MS)', Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science 9 (2014) 610-620.
[12] Smithsonian American Art Museum & National Portrait Gallery Washington, D.C. ,November 19 & 20, 2015.
[13] Curran, K. and Strlič, M., 'Polymers and volatiles: Using VOC analysis for the conservation of plastic and rubber objects', Studies in Conservation 60 (2015) 1-14.
[14] Rachel Greenberg1 (Objects Conservator),Smithsonian National Air and Space Museum, Washington, DC. 1 Research completed as an Object Conservator at the British Museum.
[15] Ana Martins (Associate Research Scientist) and Lee Ann Daffner (Andrew W. Mellon Foundation Conservator of Photographs) ,The Museum of Modern Art, New York, NY.
[16] Angela Chang (Assistant Director and Conservator of Objects and Sculpture), Peter Atkinson (Director of Facilities Planning and Management), Kathy Eremin (Patricia Cornwell Conservation Scientist), Kathleen Kennelly (Collections Information and Database Specialist), Narayan Khandekar (Director of the Straus Center for Conservation and Technical Studies and Senior Conservation Scientist), and Georgina Rayner (Andrew W. Mellon Postdoctoral Fellow in Conservation Science) ,Harvard Art Museums, Cambridge, MA.
[17] Christopher A. Maines (Senior Conservation Scientist), Bethann Heinbaugh (Head of Preventive Conservation), Cecily Grzywacz (Facilities Scientist), Judy Ozone (Senior Conservator), Sarah Wagner (Senior Photograph Conservator), Andrew Watt (Armature Maker/Projects Coordinator), and Gordon Anson (Deputy Chief of Design), National Gallery of Art, Washington, DC.
[18] Molly McGath (Postdoctoral Research Fellow), Blythe McCarthy (Andrew W. Mellon Senior Scientist), and Jenifer Bosworth (Exhibitions Conservator) ,Freer and Sackler Galleries, Smithsonian Institution, Washington, DC.
[19] Thickett, D., 1998. Sealing of MDF to prevent corrosive emissions. Conservator, Volume 22, pp. 49-56.
[20] Thickett, D., David, F. & Luxford, N., 2005. Air exchange rate – the Dominant Parameter for Preventive Conservation. The Conservator, Volume 29, pp. 19-34.
[21] Thickett, D., Fletcher, P., Calver, A. & Lambarth, S., 2007. The effect of air tightness on RH buffering and control. London, English Heritage, pp. 245-251.
[22] Thickett, D. & Luxford, N., 2007. Development of show cases for archaeological metals in aggressive environments. Protection of metal arefacts, Volume 5, pp. 105-109.
[23] Thickett, D., Stanley, B. & Booth, K., 2008. Retrofitting old display cases. New Delhi, 15th ICOM committee for conservation triennial meeting, pp. 775-782.
[24] Masahiko Tsukada, Adriana Rizzo, and Clara Granzotto, Department of Scientific Research,Metropolitan Museum of Art,January 2012,Vol. 37, No. 1.
[25] D. Thickett and L.R. Lee, Occasional Paper No. 111, first published 1996, new and completely revised edition 2004.
[26] Bamberger, J. A., E. G. Howe, and G. Wheeler. 1999. “A Variant Oddy Test Procedure for Evaluating Materials Used in Storage and Display Cases.” Studies in Conservation 44: 86–90.



Authors

Somaye Kazami dehaghi [1,3*]
Manizhe Hadian dehkordi[1]
Seyed ahmad Zahirmirdamadi[2,3]

*somayekazemi82@gmail.com

1. Research Institute of Cultural Heritage & Tourism
2.Material and Energy Research Center (MERC)
3.Calibration and Standard Experts work group

Audi standard test: a technique for evaluating the materials and materials used in the reservoirs and display cases of historical and cultural

Abstract

Valuable objects are usually stored in a container, however, due to the release of harmful gases in these containers or showcases, the object may be at risk and damaged. Some materials used in showcases or storage equipment can cause damage to objects. Therefore, before using a new material in a closed environment, it is important to ensure that it does not emit potentially harmful volatile compounds. Earlier, an accelerated corrosion test was designed by Ander Udi to find safe materials for long-term use in a confined space with minimal damage to objects in this space. In this article, with a brief overview, the Odi test will be introduced as a standard method for the evaluation of materials used in storage tanks and showcases.

Keywords

Audi test, accelerated corrosion, museum pollutants, metal coupons.

Iran Nanotechnology Laboratory Network

Iranian Journal of laboratory Knowledge

ISSN 2538-3450

Volume 12 ■ Issue 2 ■ Summer 2024 ■ No.46

Effect of Additives on the Tribological Properties of Various Greases

Introduction to nuclear magnetic resonance spectroscopy

Determination of density, relative density,or API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method.

Direct Determination of Selenium and other Trace Elements in Serum Samples by ICP-MS

Hydroxyapatite as a new strengthening material in the strengthening of ancient bones

Audi standard test: a technique for evaluating the materials and materials used in the reservoirs and display cases of historical and cultural

www.IJLK.ir
info@ijlk.ir