



کاربرد پوشش‌های سطح برای حفاظت از گنجینه‌های تاریخی فرهنگی

حسین یاری^{*}، پونه کاردر

استادیار، گروه پوشش‌های سطح و خوردگی، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۶۵۴-۱۶۷۶۵.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۱۲ تاریخ بازبینی نهایی: ۹۷/۰۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۱۹ در دسترس بصورت الکترونیک: ۹۷/۰۳/۰۶

چکیده

هدف این مقاله بررسی کلیه روش‌های کاربردی بر پایه پوشش‌های سطح برای حفاظت از گنجینه‌ها و میراث فرهنگی می‌باشد. در این مقاله، در ابتدا ضرورت حفاظت از میراث فرهنگی بیان می‌شود و سپس انواع میراث فرهنگی شامل منسوجات، چرم، چوب، فلز، ابنیه سنگی معرفی می‌گردد و روش‌های کلی حفاظت از آنها بیان می‌شود. در مورد پوشش‌های مختلف مورد استفاده برای حفاظت از میراث فرهنگی، ویژگی‌های بسیار مهمی وجود دارد که باید مد نظر قرار گیرند. از بین انواع پوشش‌ها، پوشش‌های آکرلیکی گرمانرم، پوشش‌های فلوئورینه، سیلانی و هیبریدی بهترین سامانه‌های پوششی محسوب می‌شوند که کاربردهای زیادی در محافظت از میراث فرهنگی پیدا کرده‌اند. همچنین، انواع پوشش‌های مقاوم در برابر شرایط بیرونی، سامانه‌های ابرآب‌گریز و خودتمیزشونده، پوشش‌های ضدباکتری و ضدقلیا مناسب برای انواع ابنیه و اشیاء فرهنگی معرفی می‌گردند.

واژه‌های کلیدی

میراث فرهنگی، حفاظت، روکش‌های سطح، خود تمیزشونده، ضدباکتری.

چکیده تصویری





Application of Surface Coating in order to Protect Cultural Heritage Assets

Hossein Yari*, Pooneh Kardar

Surface coating and Corrosion Department, Institute for Color Research and Technology, P. O. Box: 16765-654, Tehran, Iran.

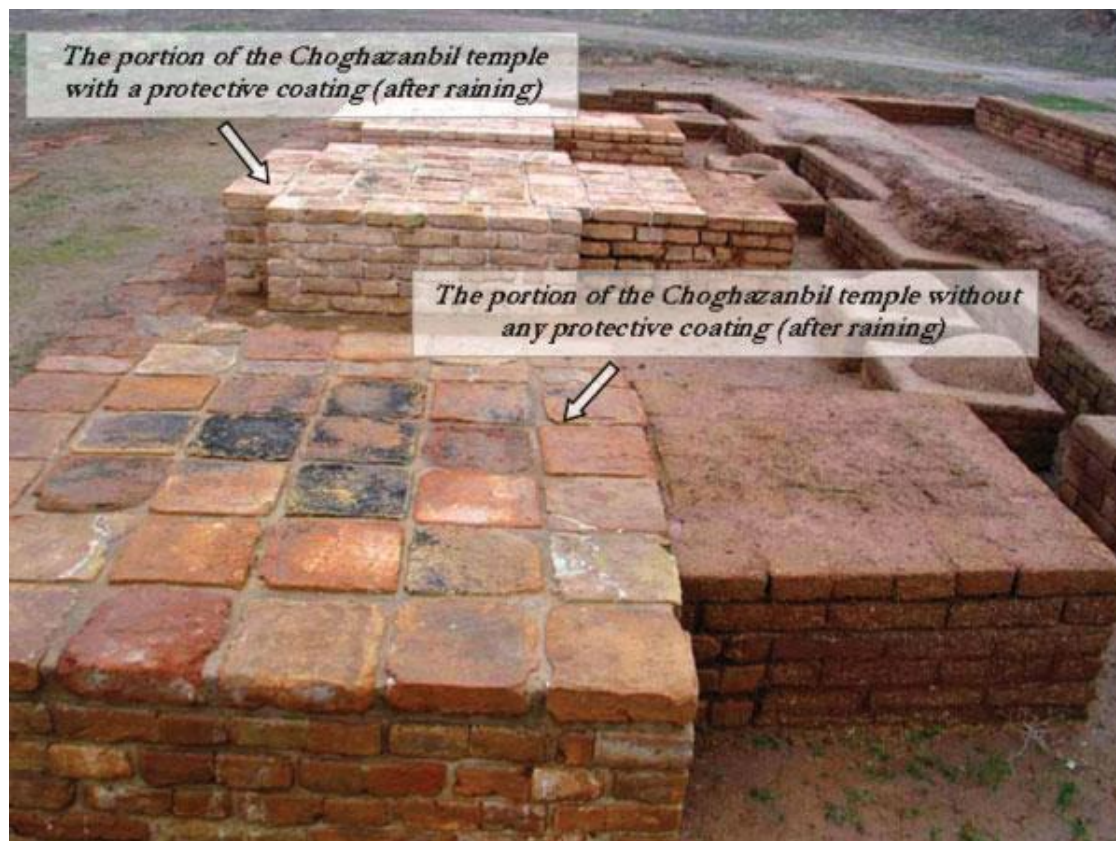
Abstract

The current report aims at reviewing the all coating-based methods to protect the cultural heritage assets. At first, the necessity of protection for cultural heritage assets is proposed. Then, all types of cultural heritage objects including textiles, papers, metals, leathers and ... are introduced. Finally, general protection procedures are proposed. The main characteristics and requirements which have to be used in coating of cultural heritage objects are explained. Among various coating systems, Acrylic, Fluorinated resins, silanes, hybrid coatings are introduced that can be good candidates for cultural heritage protections against various harsh environments. In addition different functional coatings (like self-cleaning, weathering resistant, anti-bacterial, ...) are proposed for cultural heritage protection purposes.

Keywords

Cultural heritage, Protection, Surface coatings, Self-cleaning, Anti-bacterial.

Graphical abstract



۱- مقدمه

خیال آسوده می توان اقداماتی را جهت بهبود مراقبت از منسوجات و اطمینان از دسترسی مداوم به اطلاعات تاریخی و فرهنگی و زیبایی شناسی که آنها ارائه می کنند، انجام داد.

پارچه‌ها نسبت به آسیب فیزیکی و آسیب ناشی از تخریب‌های شیمیایی اجزا آنها آسیب پذیر هستند. آسیب فیزیکی بسیار آشکار است و شامل این موارد می باشد: تعمیر نامناسب آسیب، حمله حشره، آسیب ناشی از شستن منسوجات تاریخی در ماشین‌های لباسشویی امروزی، انقباض، پارگی، شکاف در پارچه‌هایی که چندلا یا چین دار شده اند، مناطق پوشیده شده و آسیب ناشی از عدم پشتیبانی مناسب در هنگام نمایش. آسیب به علت خرابی های شیمیایی شامل این موارد می باشد: محو شدن و تغییر رنگ در اثر تابش پرتو فرابنفش و میزان روشنایی بالا، تضعیف الیاف به دلیل واکنش های شیمیایی ناشی از نور و پرتو فرابنفش، نابودی به علت رشد کپک (کپک مواد را هضم می کند)، خسارت ناشی از آلاینده‌ها در محیط نگهداری و نمایش و خسارت های ناشی از تعریق، خون و سایر لکه‌ها.

۲-۱-۱- پوشش های مورد استفاده در حفاظت از منسوجات

در سال ۲۰۱۵، رود^۱ و همکارانش جهت حفاظت از پارچه‌های پلی استری پوششی بر پایه اکسید روی به دلیل خواص ضدباکتری آن طراحی کردند [۱]. این محققین خواص ضدباکتری این پوشش ها را با تغییر مقدار اکسید روی موجود در پوشش تغییر دادند و موفق به افزایش چشمگیر در خواص حفاظتی این منسوجات گردیدند.

در سال ۲۰۱۶، مالوچلی^۲ نیز از روش پوشش دهی با سل ژل لایه به لایه جهت بهبود مقاومت منسوجات در برابر حریق ناشی از گرمای زیاد استفاده کرد [۲]. این تحقیق نشان داد که با روش سل ژل لایه به لایه، می توان پوشش نانوساختار قابل کنترلی برای منسوجات تهیه کرد.

۲-۲- چرم

چرم می تواند از پوست هر حیوانی ساخته شود. چرم می تواند به روش های مختلف آسیب ببیند. چرم همچنین تحت تاثیر شرایط نامناسب محیطی و آفات زیستی قرار می گیرد. چرم های دباغی شده گیاهی، از جمله اجزای افسار، تجهیزات نظامی و صحافی کتاب و لوازم داخلی، حساس به پوسیدگی هستند که نمود آن به رنگ قرمز می باشد که از آلودگی ها در جو ایجاد می شود. گرد و غبار یک مشکل عمده برای اشیاء چرمی است زیرا می تواند باعث آسیب های شیمیایی و مکانیکی شود. لبه های تیز ذرات ریز ساینده هستند و اگر با روش هایی به جز مکش حذف شوند، می توانند باعث آسیب الیاف شوند. گرد و غبار همچنین هاگ های قارچی را جذب می کنند و به عنوان یک مرکز برای تراکم و حمله شیمیایی بعدی عمل می کنند. کپک ها، باکتری ها، موش ها، موربانه ها و بسیاری از حشرات دیگر به چرم و مواد موجود در آن حمله می کنند.

میراث فرهنگی از چندین جنبه بسیار حائز اهمیت است. مهم ترین جنبه میراث فرهنگی، جنبه هویتی - فرهنگی - معنوی این آثار است. میراث فرهنگی هر سرزمینی در دل خود حاوی اطلاعاتی از هویت، پیشینیان، آداب و رسوم آن سرزمین است. از دیدگاه مادی - اقتصادی نیز میراث فرهنگی بسیار حائز اهمیت است. اشتغال زایی مستقیم و غیرمستقیم و کسب درآمد از محل جذب گردشگر و صنعت گردشگری مهمترین جنبه های مادی - اقتصادی است که می تواند باعث ثروت آفرینی و افزایش درآمد و رفاه عمومی گردد. در تمام جوامع برای افزایش ثروت و رفاه اقتصادی به میراث فرهنگی توجه ویژه دارند. زیربنای اقتصاد بسیاری از کشورهای جهان صنعت گردشگری بوده که بر پایه میراث فرهنگی آنها استوار است. لذا حفظ و نگهداری این آثار فرهنگی و برنامه ریزی در این راستا مورد توجه همه جوامع و حکومت ها می باشد.

میراث فرهنگی هر کشوری نماد قدمت آن مرز و بوم می باشد که انواع مختلف اشیاء ریز و درشت با جنس های مختلف در موزه ها و جایگاه های فرهنگی تا ساختمان های قدیمی را شامل می شوند. در بیشتر مواقع، آثار فرهنگی دستخوش زمان شده و در معرض فرسودگی و نابودی قرار می گیرند. اما راه های متفاوتی برای محافظت اشیاء و ساختمان های گران بها وجود دارد. حفاظت از میراث فرهنگی ترکیبی از علم و هنر است و به همین دلیل بسیاری از روش های علمی که برای حفاظت از اشیاء توسط پژوهشگران در نشریات متعدد ارائه می شود، می بایست برای کاربردهای حفاظت از گنجینه های فرهنگی مورد تدبیر قرار گیرد.

در کنار حفاظت فیزیکی از میراث فرهنگی، حفاظت فنی نیز در حفظ و نگهداری این آثار بسیار تاثیرگذار است و به مجموع فعالیت هایی اطلاق می شود که این آثار را در برابر عوامل مخرب طبیعی و محیطی مصون می نماید. پوشش دهی آثار فرهنگی یکی از مهم ترین راهبردها در رابطه با حفاظت فیزیکی محسوب می شود. در این نوشتار سعی شده است که پس از معرفی انواع میراث فرهنگی، که باید مورد حفاظت قرار گیرند، ظرفیت های استفاده از انواع پوشش های سطح پلیمری در دستیابی به این اهداف به طور کامل تشریح گردد. با در نظر گرفتن حساسیت بالایی که در نگهداری این آثار وجود دارد و ضوابط بسیار مهمی که در اعمال پوشش بر این آثار باید رعایت شود، سامانه های پوششی متناسب و فناوری های جدید از جمله فناوری نانو به طور ویژه معرفی می گردد.

در این نوشتار، انواع میراث فرهنگی با جنس های مختلف و روش های محافظت آنها با پوشش های سطح شرح داده شده است. در بخش دیگری از نوشتار، استفاده از پوشش های نوین در حفاظت از بناهای تاریخی توضیح داده می شود.

۲- انواع میراث فرهنگی

۲-۱- منسوجات

منسوجات در بسیاری از مجموعه ها، موزه ها، گالری ها و کتابخانه ها یافت می شوند. اینها به دلیل سبقت تاریخی، زیبایی و اهمیت فرهنگی، ارزشمند هستند. با درک بیشتر از نحوه کارکردن، نمایش و نگهداری منسوجات با

¹ Rode

² Malucelli

مقاله

۱-۲-۲- محافظت چرم با پوشش

اشیا، از جمله اسلحه، ابزارها، ماشین آلات، اشیاء هنری تزئینی و جواهر آلات استفاده شده اند. برخلاف استحکام ظاهری آنها، فلزات زنگ‌زده و می‌توانند نسبت به آسیب فیزیکی آسیب‌پذیر باشند. فلزات نسبت به آسیب فیزیکی و زوال شیمیایی آسیب‌پذیر هستند. آسیب‌های فیزیکی شامل دندان‌شدن، سایش بخش‌های ماشین از طریق عمل تکرار شونده، سایش سطوح فلز از طریق پولیش کردن اضافی و خراشیدن می‌باشد. زوال شیمیایی در فلزات خوردگی نامیده شده است. آسیب فیزیکی به اجزا فلزی می‌تواند آن‌ها را در برابر خوردگی آسیب‌پذیر نماید. برای مثال، یک خراش در ورقه قلع منجر به خوردگی فلز پایه می‌شود. حضور رطوبت و اکسیژن برای خوردگی فلزات ضروری است. یون‌های کلرید، که در نمک معمولی مثل کلرید سدیم یافت می‌شوند، می‌توانند نرخ خوردگی را تسریع کنند و همچنین قادر به نفوذ در لایه‌های اکسید محافظ هستند. اسیدهایی که در اثر ترکیب آلودگی‌های هوا با رطوبت تشکیل می‌شوند به فلزات حمله خواهند کرد. مقبره‌ها و مجسمه‌های بیرونی بطور خاص در معرض آسیب با این نوع حمله هستند. گرد و خاک به آسانی رطوبت را جذب می‌کند. بنابراین در نواحی ایجادکننده گرد و خاک رطوبت محلی می‌تواند تقریباً بالاتر از محیط اطراف باشد. گرد و خاک، آلودگی‌ها و مواد فعال دیگر را نیز به خوبی جذب خواهد کرد.

۱-۴-۲- پوشش دهی فلزات

در سال ۲۰۰۴، نامارا^۴ و همکارانش، از پوششی به نام اینکرالاک^۵ برای محافظت از مجسمه‌های برنزی استفاده نمودند [۶]. در سال ۲۰۱۳، کیل^۶ و همکارانش، از یک پوشش آلی جهت بهبود خواص خوردگی آثار باستانی مسی استفاده نمودند. این محققین مقاومت خوردگی مس را با پوششی بر پایه سل ژل افزایش دادند [۷]. در سال ۲۰۱۷، بارات^۷ و همکارانش نیز مقاومت خوردگی مجسمه‌های برنزی را با اعمال پوشش بهبود بخشیدند [۸].

۲-۵- گنجینه‌های تاریخی در فضای باز

موارد فرهنگی در فضای باز شامل چنین بخش‌هایی هستند:

- ابنیه تاریخی
- مجسمه‌ها و کارهای هنری در سه بعد؛
- فواره‌ها، شکل‌ها، حیوانات و بخش‌های تزئینی دیگر ترکیب‌شده با هیدرولیک‌ها برای تشکیل جت‌ها و آبشارها
- مقبره‌ها، دیوارنماها (بخش‌های رنگ شده یا تزئینی بر روی دیوارها)
- یادبودهای جنگ
- محصولات مصنوعی، اشیایی که مرتبط با یک اتفاق تاریخی هستند. چنین بخش‌هایی شامل توپ‌ها، آثار جنگی، لنگرها و بخش‌های ذخیره شده از قطعات بزرگ‌تر هستند که از آن زمان نابود شده‌اند.

در دهه اخیر، مطالعات اندکی در مورد محافظت از چرم‌های استفاده شده در گنجینه‌های تاریخی انجام شده است. پوشش‌های قدیمی که برای محافظت از چرم استفاده می‌شدند بیشتر بر پایه روغن‌های حیوانی بودند. این پوشش‌ها امروزه منسوخ شده اند زیرا این ترکیبات بر پایه اسید چرب بوده و آسیب جدی به بافت چرم می‌رسانند. در سال ۲۰۰۶، محقق به نام بروئر^۱ در مقاله خود از پوشش‌های جدید بدون حلال به صورت ترکیبی از واکس‌ها و روغن استفاده نمود [۳]. پوشش طراحی شده هم به لحاظ زیبایی و هم محافظتی برای چرم مطلوب بود. در سال ۲۰۱۶ نیز، علی حسن^۲ از آمولسیون حوای روغن بزرک برای پوشش دهی چرم کتب تاریخی استفاده نمود [۴]. پوشش حاصله خواص حرارتی و فیزیکی-مکانیکی مطلوبی داشت.

۲-۳- چوب

مصنوعات چوبی موجود در مجموعه‌ها می‌تواند به شدت متفاوت باشد. آنها شامل اقلامی مانند مبلمان، مجسمه، مصنوعات صنعتی و فنی و قطعات باستانی می‌باشند. حساسیت چوب در برابر آسیب‌ها، به ترکیب آن وابسته است. نوسانات سریع در رطوبت نسبی می‌تواند موجب تاب‌دار شدن، متصل شدن اجزا کشیده شده، پیچ خوردن، از هم شکافته شدن، ترک خوردن، شکافتگی و از دست دادن رنگ و لایه‌های سطحی دیگر و روکش می‌تواند بلند یا پریده شود. چوب همچنین به آسیب زیستی، بسیار حساس است. حساسیت چوب نسبت به حمله زیستی کپک، باکتری و حشرات وابسته به مقدار رطوبت آن است و بنابراین می‌تواند به سطح رطوبت نسبی محیط اطراف وابسته باشد. حمله قارچی می‌تواند باعث آسیب رسیدن به الیاف چوب، شکست ساختاری سطح و لکه‌دار شدن شود.

۲-۳-۱- محافظت چوب با پوشش

بسیاری از روغن‌ها، پولیش‌ها و موم‌ها سال‌ها است برای خوراک‌دهی یا جوان‌سازی سطوح چوب استفاده شده‌اند. روغن‌ها، برای مثال روغن بزرک، اعمال شده روی سطوح چوب می‌توانند با فرسایش شبکه‌ای شوند که جدا کردن آنها سخت و سخت‌تر شده و اغلب تغییر رنگ داده و تیره‌تر می‌گردد. در سال ۲۰۱۶، گوفردو^۳ و همکارانش، از نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم برای پوشش دهی سطوح چوبی پارک‌های بناهای تاریخی استفاده نمودند [۵]. استفاده از مقادیر و انواع مختلف نانو ذرات با آمایش‌های سطحی متفاوت، نتایج مطلوبی را در خواص ضدباکتری این پارک‌ها نشان داد.

۲-۴- فلز

فلزات یک بخش قابل توجه در توسعه فناوری بشر بازی کرده اند. فلزات هم در شکل خالص و هم ترکیب شده با فلزات دیگر، برای تولید انواع زیادی از

⁴ Namara

⁵ Inclarac

⁶ Kiele

⁷ Barat

¹ Brewer

² Ali Hassan

³ Goffredo

مهم‌ترین عوامل مخربی که این میراث فرهنگی روباز را تهدید می‌کنند عبارتند از :

- شکافته شدن یا ترک برداشتن ناشی از گیاهان رشدکننده در شکاف‌های کوچک اشیا یا ناشی از نوسانات محیطی. این نوع از آسیب به ندرت سریع اتفاق می‌افتد. این معمولا در مدت یک دوره طولانی اتفاق می‌افتد و اغلب هوازدگی طبیعی در نظر گرفته می‌شود.
- آسیب ناشی از حشرات و حمله کپک.
- زوال شیمیایی ناشی از نور، پرتو فرابنفش، رطوبت و دمای بالا که می‌تواند سبب خوردگی، کم‌رنگ شدن، تغییر رنگ دادن و خشک شدن و شکننده شدن مواد شود.
- آلودگی‌های هوا، که باران اسیدی تولید می‌کنند. رگه‌های سیاه و زرد مایل به قهوه‌ای ناخوشایند دیده شده بر روی بسیاری از مجسمه‌ها نتیجه مستقیم آلودگی هستند. این فقط یک مشکل در شهر یا در مناطق صنعتی نیست. باران اسیدی قبل از بارش می‌تواند مسافت‌های زیادی را طی کند. آلودگی ناشی از کودها و افشانش محصول نیز می‌تواند تاثیری زیان آور بر روی اشیا در محیط بیرونی داشته باشد. نمک‌ها باعث آسیب به فلزات و همچنین بتون و سنگ می‌شوند. همان‌طور که افتادن فضله پرندگان می‌تواند کاملا اسیدی بوده و به سطح اشیای بیرونی آسیب بزند. پوشش‌های محافظ برای نگهداری از میراث فرهنگی روباز در بخش‌های بعدی آمده است.

۳- مروری بر انواع پوشش‌های مورد استفاده در حفاظت از گنجینه‌های تاریخی و فرهنگی

۱-۳- تهدیدات و عوامل مخرب گنجینه‌های تاریخی

برای حفاظت کامل از آثار و بناهای فرهنگی بهتر است که در ابتدا عوامل مخرب شناسایی شوند. طیف وسیعی از مواد و عوامل در تخریب و زوال آثار فرهنگی اثرگذارند ولی کلیه این عوامل را می‌توان در چهار دسته کلی طبقه‌بندی کرد:

۱- عوامل طبیعی: این عوامل بطور موردی شامل اثرات آب و هوایی، زلزله، آتش و خوردگی است. عوامل آب و هوایی شامل سیل، باد، باران، انجماد و یخ زدگی و تغییرات دمایی است.

۲- عوامل انسانی مانند عبور و مرور (در مورد پل‌ها)، خرابگری و گردشگران

۳- عوامل زیستی: مانند انواع باکتری‌ها و قارچ‌ها، تخریب زیستی سازه‌های فرهنگی توسط میکروارگانیسم‌هایی است که در سطح آثار فرهنگی تشکیل فیلم می‌دهند. این فیلم‌های زیستی طی مدت قرارگیری در سطح سازه به واسطه انقباضات و تورم‌های مداومی که ایجاد می‌کنند، سبب ایجاد تنش مکانیکی به سازه شده و در نهایت تضعیف شبکه معدنی سازه را در پی دارند. علاوه بر این خوردگی‌های زیستی ناشی از اثر اسیدها و واکنش‌های اکسایش و کاهش نیز از جمله عوامل مخرب هستند.

۴- آلودگی‌ها و رشد نمک: پژوهشگران بر این عقیده‌اند که مهم‌ترین عامل زوال سنگ و آثار فرهنگی سنگی آلودگی‌های محیطی و صنعتی در مجاورت شهرهای صنعتی است. به همین دلیل هم راستا با افزایش آلودگی‌های محیطی و شهری، تلاش برای یافتن مواد مقابله کننده با آلودگی‌ها نیز

افزایش یافته است. این آلودگی‌های محیطی وقتی که با رطوبت هوا (در محیط شهرهای با میزان رطوبت بالا) همراه می‌شوند، شرایط تخریبی چندین برابر است. این مواد آلوده‌کننده که شدیداً عوامل خوردنده‌ای نیز محسوب می‌شوند، عبارتند از آلودگی‌های گازی مانند دی اکسید کربن، دی اکسید سولفور و اکسید نیتروژن. این ترکیبات گازی به راحتی در آب حل شده و ترکیبات اسیدی مانند اسید سولفوریک و اسید نیتریک ایجاد می‌کنند که می‌توانند به آسانی با مواد سنگی وارد واکنش شوند. سنگ‌های کربناتی مانند مرمر به راحتی توسط دی اکسید سولفور موجود در هوای آلوده مورد حمله قرار گرفته و به راحتی از حالت کربنات کلسیم به گچ تبدیل می‌شوند. از این شکل بعضاً به عنوان «سرطان مرمر» نام می‌برند که ساختمان‌های ارزشمندی نظیر تاج محل در هندوستان و اکروپلیس در یونان از این مشکلات رنج می‌برند. یکی دیگر از مشکلات ناشی از آلودگی‌های هوا، خطر رشد و توسعه نمک در سامانه‌های سنگی است. رشد این نمک‌ها در ساختار و خلل و فرج سنگ‌ها و تغییرات حجمی این نمک‌ها سبب تشکیل ترک در سنگ‌ها می‌شود. آلودگی‌های محیطی تنها عامل تشکیل نمک نیستند. عوامل دیگری مانند رسوب‌ها، غبارها، باد، مواد تمیزکننده ناسازگار و مواد تشکیل‌دهنده ناسازگار نیز در این میان بسیار تأثیر گذارند.

۲-۳- پوشش‌های مرسوم در نگهداری از گنجینه‌های تاریخی

صنعت پوشش‌های سطح در حوزه میراث فرهنگی بسیار محدود است و به لحاظ مالی برای صنعتگران از جذابیت بالایی برخوردار نیست و جنبه‌های فرهنگی آن بر جنبه‌های مالی و تجاری آن غالب است. از طرفی دیگر این پوشش‌ها به لحاظ ویژگی‌های فنی (دوام بالا، قابلیت برداشته شدن^۲ از سطح در همه زمان‌ها و حداقل اثرات ظاهری بر زمینه در حین اعمال و در شرایط هوازدگی درازمدت) نیز بسیار حساس می‌باشند. به طور کلی، طیف کوچکی از پوشش‌های معمول برای حفاظت گنجینه‌های فرهنگی استفاده می‌شوند و هیچ مقایسه‌ای که مشخصاً بیانگر مناسب بودن یک پوشش خاص برای یک شی تعریف شده باشد، وجود ندارد. در ادامه مهم‌ترین پوشش‌ها بر اساس ساختار آن‌ها معرفی می‌شوند.

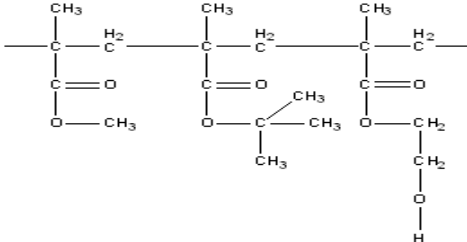
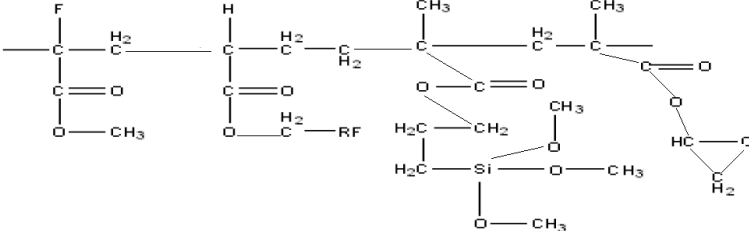
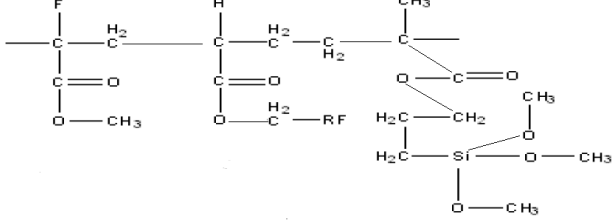
۱-۲-۳- پوشش‌های آکرلیکی

بسیاری از سامانه‌های پوششی آکرلیکی از سختی و دمای انتقال شیشه‌ای بالایی برخوردارند و به همین دلیل برای حفاظت از آثار تاریخی مناسب نمی‌باشند. به همین دلیل این پوشش‌ها نیاز به اصلاح با کومونومرهای دیگری دارند [۹]. در جدول ۱ ساختار مهم‌ترین مونومرهای استفاده شده در صنعت پوشش‌های محافظت از ابنیه تاریخی آورده شده است [۹]. در یک پژوهش توسط محققین ایتالیایی تأثیر مونومرها و گروه‌های شیمیایی مختلف روی زنجیر آکرلیکی بر پایداری نوری پوشش مورد بررسی قرار گرفت و چنین نتیجه گیری شد که گروه‌های متیلنی روی ساختار مونومر در محصول تأثیر زیادی در اکسایش زنجیر پلیمری دارد.

¹ Marble cancer

² Reversibility

جدول ۱- (ادامه).

نام تجاری	فرمول شیمیایی
-	
-	
-	

کاربرد این محصول تجاری در سال‌های اخیر کاهش یافته است و بخشی از سهم مصرف خود را به Paraloid 72 داده است. در یک پژوهش رزین‌های حلال پایه آکرلیکی با نمونه‌های آب پایه دیسپرسیونی آکرلیکی برای بررسی خاصیت سدکنندگی آنها در برابر سولفید هیدروژن و همچنین مقایسه با واکس‌های بلورینه، نیترات سلولز و وینیل استات مورد سنجش قرار گرفت. سامانه‌های دیسپرسیونی نسبت به سامانه‌های حلالی آکرلیکی بهتر عمل کردند به نحوی که توانستند با پوشش‌های نیترات سلولز و وینیل استات عملکرد برابری ارائه دهند. نتیجه دیگر حاصل از این پژوهش تأثیر چشمگیر همواری سطح و ضخامت در عملکرد پوشش بود چرا که ناهمواری سطح سبب کدر شدن متغیر و دیفرانسیلی سطح می‌شود. واکس‌های بلورینه به علت ماهیت جامدشان و سخت بودن اعمال آنها در بین این نمونه‌های مورد بررسی، بدترین نتایج را ارائه کردند. راه حل دیگر جهت اصلاح پلیمرهای آکرلیکی اصلاح و امتزاج آنها با رزین‌های دیگر می‌باشد. به عنوان مثال ترکیب رزین Paraloid 72 با یک آلکوکسی سیلان منجر به افزایش چسبندگی رزین آکرلیکی می‌شود.

۳-۲-۲- واکس‌ها

در حالی که بررسی‌ها نشان می‌دهد که به لحاظ خوردگی، واکس‌های بلورینه در مقایسه با سامانه‌های پوششی آکرلیکی هیچ حفاظت قابل قبولی در برابر خوردگی ارائه نمی‌دهند، ولی به لحاظ خاصیت سدکنندگی در برابر بخار اسیدهای آلی نسبت به پوشش‌های آکرلیکی حفاظت بهتری ارائه می‌دهند. پوشش‌های واکس به عنوان یک گزینه مناسب برای نگهداری از اشیاء برنزی در محیط‌های بیرونی معرفی می‌شوند. آن‌ها همچنین به‌عنوان یک پوشش

بنابراین اصلاح مونومر و استفاده از مونومرهایی که فاقد گروه‌های متیلن هستند، می‌تواند سبب بهبود پایداری نوری پوشش‌های آکرلیکی گردد. کومونومرهای حاوی فلئور نیز برای افزایش مقاومت و آب‌گریزی پوشش نهایی می‌تواند وارد زنجیره پلیمری شود.

محصولات آکرلیکی شرکت پارالونوئید^۱ که با نام اکریلوئید^۲ در آمریکا شناخته می‌شود، برای کاربردهای حفاظتی، به طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. بسته به در دسترس بودن در منطقه جغرافیایی، دیگر محصولات آکرلیکی مشابه نیز می‌تواند استفاده شود. محصول تجاری Paraloid B72 که کوپلیمری از متیل متاکریلات به اتیل اکریلات (به ترتیب ۷۰ به ۳۰) می‌باشد، یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین پوشش‌های چند منظوره برای حفاظت از آثار فرهنگی فلزی استفاده می‌شود. قابلیت برداشت از سطح حتی پس از زمان‌های طولانی بعد از اعمال پوشش، خواص مکانیکی و چسبندگی بالا از این پوشش یک محصول چندمنظوره قوی ساخته است که برای بسیاری سطوح استفاده می‌شود.

Incralac یک لاک حاوی Paraloid B44 است که از کومونومرهای اتیل متاکریلات / بوتیل اکریلات تهیه شده است. این لاک همچنین حاوی روغن سویا اپوکسی‌دار شده است که به عنوان همتراز کننده و بنزوتتری آزول به عنوان پایدارکننده نوری در آن استفاده شده است. این محصول صنعتی برای محافظت از آلیاژهای مس از ابتدای دهه ۱۹۶۰ میلادی برای محیط‌های بیرونی مورد استفاده قرار گرفته است. مقاله‌های اخیر نشان می‌دهد که

^۱ Paraloid
^۲ Acryloid

مقاله

می‌تواند همچنین قابلیت برداشت از سطح را نیز افزایش دهد. در حقیقت سیلان‌ها در اثر آب رسیده به سطح مشترک پوشش و فلز می‌تواند شکسته شوند. به عبارت دیگر اتصال (فلز-O-Si) که در اثر واکنش تراکم، ایجاد شده در حضور آب آبکافت می‌شود. برای محافظت از نفوذ آب به سطح مشترک، اضافه کردن ضخامت پوشش راهکار مناسبی نمی‌باشد چرا که باعث می‌شود که پوشش حاصله بسیار شکننده شود.

پیلز^۱ [۱۱] از موسسه تحقیقاتی مونیخ، پوششی آلی معدنی بر پایه ترکیبات سیلانی برای مجسمه‌های برنزی ارائه داد. سامانه پوششی آن بر پایه ۳- گلیسیدوکسی پروپیل تری متوکسی سیلان (تشکیل‌دهنده شبکه) و دی فنیل سیلان (اصلاح کننده شبکه) بود که از دوام بالایی برای مجسمه‌های برنزی برخوردار بود.

بشر^۲ و مکزی^۳ از یک پوشش سیلانی به همراه پوشش رویه بر پایه یک محصول تجاری فلوئورینه (Lumiflon) برای حفاظت از طرح موزائیکی "آخرین قضاوت" در شهر پراگ و همچنین برای حفاظت از زمینه‌های برنجی و برنزی استفاده کردند [۱۲]. بررسی‌ها نشان داد که پس از سه سال قرارگیری در معرض شرایط جوی هیچ نشانه‌ای از تخریب در سطح پوشش‌ها مشاهده نشد. در لبه نمونه‌ها آثاری از شروع تخریب مشاهده شد که با اضافه کردن ذرات سیلیکا به پوشش این حد از تخریب نیز از بین رفت. در یک مورد از کارهای عملی انجام گرفته توسط پژوهشگران ایرانی، پوشش از اکلیل آلکوکسی سیلوکسان بر کاهش عمق نفوذ نزولات جوی در سطح معبد چغازنبیل بکار گرفته شد که در شکل ۱ دیده می‌شود [۹].

رویه فداشونده برای مجسمه‌های برنزی در معرض شرایط بیرونی استفاده می‌شوند که لایه آکرلیکی زیرین خود را از تخریب محافظت می‌کنند. یک سامانه سه لایه متشکل از پرایمر حاوی بازدارنده بنزوتری آزلو، یک لایه اصلی از رزین Inralac و یک پوشش رویه از واکس بلورینه به عنوان یک سامانه پوششی محکم حفاظتی توسط تیم‌های مختلف در حفاظت از آثار برنزی استفاده شده است.

۳-۲-۳- سیلان‌ها

در حالی که ترکیبات سیلیکونی آلی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته اند، بطور عملی و در صنعت حفاظت از میراث‌های فرهنگی بصورت محدود به آنها توجه شده است. این در حالی است که امکان استفاده از این نوع پوشش‌ها برای کاربرد حفاظت از سطوح فلزی فرهنگی وجود دارد. این پوشش‌ها می‌توانند به عنوان پوشش‌های آب‌گریز و با شفافیت بالا برای اصلاح سطوح فلزی استفاده شوند.

این ساختارهای آلی معدنی در سالیان اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. پس از اعمال این پوشش‌های محافظ روی سطوح سنگی، واکنش‌های هیدرولیز در حضور آب رخ می‌دهد تا گروه‌های آلکوکسی را به گروه‌های سیلانی تبدیل کند. این گروه‌های سیلانی طی واکنش‌های تراکمی با هم و خروج آب یا الکل، پلیمر پلی سیلوکسانی شکل می‌گیرد. با استفاده از ترکیبات سیلانی پیش‌ساز حاوی زنجیرهای بلند آلکیلی و یا استفاده از نانوذرات در ساختار پوشش می‌توان شیمی و ریخت یک پوشش را به نحوی تغییر داد که زاویه تماس آب (آب‌گریزی) پوشش به میزان قابل توجهی افزایش یابد [۱۰].

خواص سدکنندگی سیلان‌ها می‌تواند با اضافه کردن صفحات سیلیکا، که می‌توانند نفوذ آب را کاهش دهند، بهبود یابد. اضافه‌کردن این صفحات

¹ Pilz
² Bescher
³ Mackenzie



شکل ۱- پوششی از اکلیل آلکوکسی سیلوکسان برای کاهش عمق نفوذ نزولات جوی در سطح معبد چغازنبیل [۹].

۳-۲-۴- پلیمرهای فلئورینه

یکی از روش‌های افزایش خاصیت آب‌گریزی تغییر شیمی سطح با کاهش انرژی سطحی می‌باشد. از بین انواع پلیمرهایی که به عنوان پوشش‌های محافظ با کشش سطحی کمتر از آب شناخته می‌شوند، فلئوروپلیمرها به دلیل خواص منحصربفردشان مانند پایداری نوری، روغن‌گریزی و آب‌گریزی، ضدخزه و انرژی سطحی پایین از بقیه متمایز می‌شوند. وارد کردن گروه‌های فلئورینه در یک ساختار منجر به کاهش انرژی سطحی آن و همچنین پایداری پیوندهای کربن-فلئور و کم بودن یونیزاسیون این پیوند سبب بهبود پایداری کلی پوشش‌های حاصله می‌شود. در حالی که پوشش‌های آکریلیکی و سیلیکونی بواسطه پیوندهای کوالانسی و پیوندهای قطبی-قطبی با اینه چسبندگی مناسبی دارند، پوشش‌های فلئورینه از چسبندگی کمتری نسبت به سطح برخوردارند. به همین دلیل باید پلیمرهای فلئورینه را با سیلیکون‌ها و آکریلیک‌ها مخلوط یا اصلاح کرد. اختلاط رزین‌ها در فاز مایع صورت می‌گیرد ولی پس از تشکیل فیلم، فلئوروپلیمر به سطح مهاجرت کرده و در آنجا یک لایه محافظ و مقاوم ایجاد می‌کند. در پژوهشی که توسط پژوهشگران ایتالیایی انجام گرفت، نمونه‌های سنگی از جنس مرمر کاندولیا^۱ و کالکرنیت^۲ با پوشش‌های مختلف حاوی و عاری از زنجیرهای جانبی فلئور پوشش داده شدند و خواص مختلف آنها در زمینه محافظت درازمدت از گنجینه‌های فرهنگی سنگی در معرض شرایط بیرونی شهری را سنجیدند [۱۳].

علت استفاده از این زمینه‌ها نیز طبق ادعای پژوهشگران، متنوع بودن این نوع سنگ‌ها به لحاظ خواص خلل فرجی آنها و همچنین گسترده بودن استفاده آنها برای یادبودها و ساختمان‌های قدیمی سنگی است. این سنگ‌ها برای ساخت کلیسای میلان و بناهای شهر نوتو در منطقه سیسیلی ایتالیا به کار گرفته شده‌اند. جمع‌بندی این پژوهشگران روی سامانه‌های پوششی مختلف اعمالی روی زمینه‌های مزبور نشان داد که مطابق انتظار، حضور یک زنجیر جانبی فلئورینه اثر مثبتی بر خواص حفاظتی درازمدت ایجاد می‌کند، ولی به لحاظ عملکردی پوشش‌های فلئورینه به کار گرفته شده در این پژوهش، در مقایسه با محصولات آلکیل آلکوکسی سیلوکسان‌ها از خواص حفاظتی ضعیف‌تری برخوردار بودند.

نشاسته در ساختمان‌های باستانی چین به صورت ملات چسبناک برنج - آهک به عنوان یک ماده چسبنده پوششی و همچنین تعمیر و ترمیم تراشه‌های سنگی استفاده شده است [۱۴]. در کنار مزایای نشاسته (که عبارتند از بی‌رنگ و بی‌بو بودن و ارزان بودن، دوست‌دار محیط‌زیست بودن)، پوشش حاصله مشکلاتی نیز به همراه دارد که کاربرد آن را به عنوان یک پوشش برای محافظت از آثار باستانی محدود می‌کند. این مشکلات عبارتند از: استحکام مکانیکی پایین، حساسیت به آب و دوام ضعیف. برای کاربرد محافظتی، نشاسته نیازمند اصلاح است. ساختار پر از گروه‌های هیدروکسیل در ساختار نشاسته آن را برای اصلاح سطح با دیگر ترکیبات و مواد شیمیایی بسیار مستعد ساخته است. یک گروه پژوهشگر چینی سعی کردند که به

کمک ترکیبات فلئورینه و سیلانی ساختار نشاسته را اصلاح نمایند. نحوه این اصلاح به طور تصویری در شکل ۲ آمده است. بررسی‌های این پژوهشگران نشان داد که اصلاح نشاسته با فلئوروسیلیکون زاویه تماس روی بستر سنگی را از ۵۱ درجه به ۱۰۷ درجه افزایش داد. همچنین بهبود پایداری حرارتی پوشش را نیز در پی داشت. پوشش اصلاح شده حاصله نیز از پایداری نوری قابل قبولی برخوردار بوده و میزان مقاومت در برابر آب نیز افزایش می‌یابد.

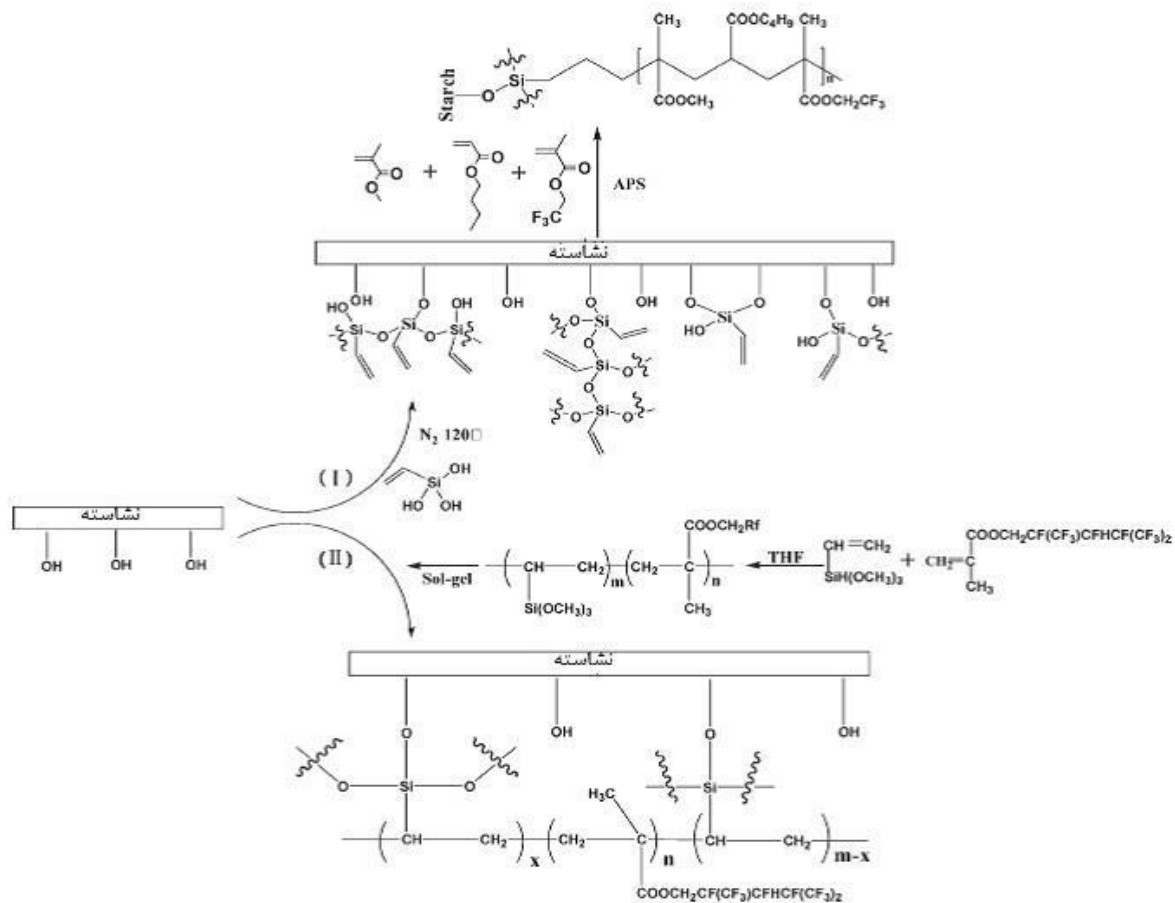
۳-۲-۵- پوشش‌های هیبریدی آلی / معدنی

برخلاف پایداری و آب‌گریزی که توسط پلیمرهای فلئورینه ارائه می‌شود، ترکیبات فلئورینه بر سلامتی و محیط‌زیست اثر منفی به دنبال دارند و همچنین ترکیبات پلیمری فلئورینه در بعضی موارد به دماهای بالا نیاز دارند. به همین دلیل، پژوهشگران برای رسیدن به پوشش‌های آب‌گریز و قابل اعمال در دمای محیط به دنبال جایگزینی برای سامانه‌های فلئورینه پژوهش‌هایی را آغاز نمودند. مواد آلی - معدنی هیبریدی بواسطه خواص فوق‌العاده، که از ترکیب انواع ساختارهای آلی و معدنی به کار رفته در ساختار این پوشش‌ها نشأت می‌گیرد، توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. در ساختار این پوشش‌ها، بخش‌های پلیمری منجر به بهبود چسبندگی، چقرمگی، انعطاف‌پذیری و فرآیندپذیری و بخش معدنی سبب خواص مکانیکی، مقاومت سایشی، خواص نوری و حرارتی می‌شود. روش‌های مختلفی برای ساخت این پوشش‌های آلی - معدنی هیبریدی به کار گرفته می‌شود.

معمول‌ترین این روش‌ها و ساده‌ترین آنها اضافه کردن نانوذرات معدنی مختلف به فاز آلی و سپس شبکه‌سازی فاز آلی است. در این حالت نیروی بین فاز آلی و معدنی نقش مهمی در خواص نهایی ایفا می‌کند و جهت تقویت این فصل مشترک آلی-معدنی انواع ترکیبات جفت شونده آلی - معدنی عامل‌دار معرفی شده‌اند که می‌توانند نیروهای بین دوفاز آلی و معدنی را از برهم‌کنش‌های فیزیکی به برهم‌کنش‌های قوی کوالانسی ارتقا دهند.

روش دیگر ساخت این پوشش‌ها، رشد فاز معدنی در درون فاز آلی است. در این روش که عمدتاً بر مبنای روش‌های سل-ژل می‌باشد، از یک ماده پیش‌ساز معدنی مانند تترا اتوکسی سیلان^۳ و یک الیگومر آلی برای ساخت پوشش استفاده می‌شود. این مخلوط که "سل" نامیده می‌شود، طی واکنش‌های آبکافت و تراکم به یک ساختار ژل مانند تبدیل می‌شود. مهم‌ترین مزیت روش سل ژل، دمای فرایند آن است که در دماهای کمتر از ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد است، رخ می‌دهد. دیگر مزایای این روش، کنترل استوکیومتری مواد پیش‌ساز، انجام فرآیند در فشار اتمسفری، تنوع مواد پیش‌ساز برای اصلاح خواص مختلف، امکان اعمال پوشش روی سطوح بسیار بزرگ مانند ابنیه تاریخی، عدم نیاز به مواد و تجهیزات پیچیده می‌باشند. ساختار و ریخت فاز معدنی به میزان زیادی وابسته به pH فرایند است.

¹ Candolia² Calcarenite³ Teraethoxysilane (TEOS)



شکل ۲- نحوه اصلاح شیمیایی نشاسته [۱۴].

دهد. در اثر خوردگی یک لایه سیاه و سبز روی سطح برنز ایجاد می‌شود. خوردگی نه تنها سبب تغییر رنگ می‌شود، بلکه سبب ایجاد حفره در سطح برنز می‌شود. حفره‌ها در حقیقت اثر بجای مانده ناشی از خروج محصولات محلول در آب خوردگی هستند که در اثر بارش‌ها و دیگر اشکال نزولات آسمانی از سطح شسته می‌شوند.

برای کاهش اثرات هوازدگی بر مجسمه‌های برنزی، پوشش‌های متنوعی با خواص مختلفی از حفاظت بر روی سطوح برنزی در محیط هوازدگی طبیعی و شتابیده شده مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. پوشش‌ها بین مواد خورنده و زمینه فلزی مانع ایجاد می‌کنند و از طریق سازوکارهای مختلفی از خوردگی جلوگیری می‌کنند. امروزه بیشتر پوشش‌های مورد استفاده در مجسمه‌های برنزی واکس یا یک سامانه آکرلیکی با نام تجاری اینکراالاک^۱ می‌باشد. این دو سامانه پوششی رویه شفاف بوده و چسبندگی مناسبی به سطح برنزی دارند و حفاظت مناسبی از سطوح برنزی فراهم می‌آورند. ولی دلیل اصلی استفاده از آنها ماهیت قابل برداشت بودن آنهاست. اینکراالاک یک پوشش پلیمری محلول در تولوئن است و واکس نیز قابل پاک شدن می‌باشد. اینکراالاک که در سال ۱۹۶۰ توسط موسسه بین‌المللی تحقیق و توسعه مس در سال ۱۹۶۰ توسعه داده شد، یک رزین بر پایه کوپلیمر اتیل متاکریلات /

در فرآیند شتاب داده شده در محیط اسیدی واکنش آبکافت سریع‌تر رخ می‌دهد و در نتیجه زنجیر بلندتر می‌شود. در فرآیند شتاب داده شده در محیط بازی واکنش تراکم با سرعت بیشتری در مقایسه با آبکافت رخ می‌دهد و در نتیجه زنجیرها با هم واکنش داده و در نتیجه تشکیل ذرات بیشتر است. عوامل تاثیرگذار دیگری نیز هستند که عبارتند از نوع و مقدار حلال، نسبت آب به فاز معدنی، نسبت فاز آلی به معدنی، غلظت شبکه ساز و روش خشک کردن. مثال‌های مختلفی از ساخت این گونه پوشش‌ها در متون علمی و نشریات چاپ شده است [۱۶، ۱۵].

۳-۳- حفاظت از مجسمه‌های برنزی در محیط باز

برنز یکی از مهم‌ترین مواد استفاده شده در مجسمه‌های بیرونی می‌باشد. مجسمه‌های بیرونی در معرض مواد متعدد آلوده‌کننده و محیط‌های متخاصم هستند. این آلودگی‌ها می‌توانند تخریب‌های ناشی از عوامل طبیعی مانند رطوبت، اکسیژن، گرما، نور خورشید و پرتو فرابنفش و مواد زیستی را تسریع کنند. خوردگی‌های اتمسفری که عموماً از تولید روزافزون مواد خورنده مانند SO_x، NO_x، و CO₂ و کلریدها ناشی می‌شوند، در سطح جهان رو به افزایش است. این ترکیبات خورنده مواد مختلف از جمله برنز را تحت تاثیر قرار می‌دهند. برنز به محض تماس با یک الکترولیت دچار خوردگی می‌شود. موقعیت یک مجسمه برنزی در محدوده محیط شهری بسیار برای مجسمه مضر بوده و سبب می‌شود که دوام آن کاهش یافته و ظاهر اولیه آن را تغییر

¹ Incralac

متیل متاکریلات است. علاوه بر رزین، در این سامانه پوششی از یک همترازکننده، یک پایدار کننده نوری (بر پایه بنزوتتری آزول) و روغن سویا اپوکسی دار، اتانل و تولوئن استفاده شده است.

در جستجو جهت یک سامانه مناسب برای مجسمه‌های برنزی، فلئوروپلیمرهای بر پایه پلی وینیل فلوراید به علت ویژگی‌های منحصربفرد آن مانند دوام بالا در شرایط بیرونی، مقاومت شیمیایی و انعطاف پذیری خوب گزینه مناسبی برای کاربردهای بیرونی محسوب می‌شود. علاوه بر این پوشش توسط حلال‌های قطبی مانند استن قابل پاک کردن است و کاملاً شفاف می‌باشد. یکی از مشکلاتی که این سامانه پوششی به مانند همه سامانه‌های فلئورینه دارد، عدم چسبندگی آن‌ها به سطوح فلزی و از جمله برنز است. برای غلبه بر این مشکل، از مخلوط رزین‌های فلئورینه با دیگر رزین‌ها مانند آکریلیک استفاده می‌شود. این منجر به افزایش چسبندگی تا حد متوسط می‌شود.

۳-۴- پوشش‌های ابرآب‌گریز برای حفاظت از گنجینه‌های فرهنگی در محیط روباز

پوشش‌های آب‌گریز برای کاربردهای متعددی از جمله جلوگیری از یخ‌زدگی در آب و هوای سرد، پوشش‌های خود تمیزشونده (برای ساختمان‌ها، اتومبیل‌ها، چراغ‌های راهنمایی رانندگی، آنتن‌ها و غیره)، جلوگیری از لختگی در رگ‌های خونی مصنوعی، منسوجات ضدآب و لکه و همچنین کاهش ضریب اصطکاک در آب برای بدنه شناورها و پوشاک دریایی استفاده می‌شوند [۲۰-۱۷]. یکی دیگر از کاربردهای پوشش‌های ابرآب‌گریز، عملکردشان به عنوان پوشش‌های سدکننده برای حفظ و نگهداری از بناهای یادبود است. مهم‌ترین فاکتور مخرب برای آثار فرهنگی بیرونی و غیرقابل حمل باران است که از طریق چرخه ذوب و انجماد آب به درون خلل و فرج سنگ‌ها یا از طریق فرآیند بلورینه‌شدن نمک‌ها که بوسیله آب به درون خلل و فرج‌ها نفوذ می‌کند، سبب تخریب سنگ می‌شوند. به همین دلیل، پوشش‌های ابرآب‌گریز به عنوان یک راهبرد برای محافظت سطح گنجینه‌های بیرونی پیشنهاد می‌شوند [۲۵-۲۱، ۱۳]. تیمی از پژوهشگران یونانی راهکارهای ساده‌ای جهت آب‌گریز کردن سطوح مرمری، که در ساخت گنجینه‌های میراث فرهنگی بسیاری استفاده شده است، پیشنهاد داده‌اند. روش پیشنهادی‌شان به این صورت بود که آنها مخلوط نانوذرات و یک رزین سیلوکسانی یا آکریلیکی را روی سطح اعمال کردند و به این صورت خاصیت آب‌گریزی را به سطح منتقل نمودند.

در پژوهشی دیگر، پژوهشگران ترکیه ای برای حفاظت ابنیه از جنس سنگ مرمر در برابر آلودگی‌های جوی از یک پوشش آلی بر پایه فناوری‌های بایو و نانو با قدرت آب‌گریزی بالا بهره بردند [۲۶]. پوشش این پژوهشگران بر پایه پلیمر زیست تخریب‌پذیر پلی لاکتاید حاوی نانو صفحات خاک رس بود که بر روی سطوح مرمری اعمال گردید. مشخصه‌های پوشش اعمالی توسط عوامل مختلف نظیر زبری سطح، ترشوندگی، نفوذ رطوبت و جذب آب و رنگ پوشش مورد سنجش قرار گرفت. نتایج بررسی این پژوهشگران نشان داد که پوشش حاصله نه تنها تغییری در ظاهر نمونه‌های سنگ مرمر ایجاد نکرد، بلکه باعث افزایش قابل توجهی خاصیت آب‌گریزی سطح گردید و تحت

شرایط اسیدی به طور موفقیت آمیزی جلوی واکنش سولفاته شدن را گرفت. آنها چنین نتیجه‌گیری کردند که این پوشش بایو- نانو می‌تواند خواص حفاظتی مطلوبی در برابر آب و آلودگی‌های اتمسفری برای مجسمه و ابنیه‌های مرمری ایجاد کند.

۳-۵- پوشش‌های ضدباکتری و ضدقارچ برای یادبودهای سنگی

آلودگی با مواد میکروبی یکی از مهم‌ترین عواملی است که به علت اسیدولیتیک و خوردگی اکسایش - کاهش مواد سنگی نهایتاً منجر به تشکیل پوسته‌های زیان‌بار در سطح سنگ می‌شود. برای غلبه بر این مشکل، اعمال یک آمایش سطحی میکروبوکش که از رشد میکروب‌ها جلوگیری می‌کند، به عنوان یک راه حل مطرح می‌شود. چنین آمایش سطحی باید چند ویژگی مهم داشته باشد: ۱- اثر مضر بر سنگ نداشته باشد، ۲- در برابر گونه‌های میکروبی جدید فعال باشد، ۳- در برابر پرتوهای فرابنفش مقاوم باشد و ۴- دوست‌دار محیط زیست باشد.

تعداد محدودی گزارش و مقاله علمی درباره آمایش سطحی سنگ با هدف ضدباکتری و ضدقارچ منتشر شده است. نانوذرات فلزی از مهم‌ترین مواد ضدباکتری موثر محسوب می‌شوند. نقره و به طور ویژه نانوذرات نقره خواص ضد میکروبی وسیع و درازمدتی از خود نشان می‌دهند و بدین منظور در پوشش‌ها و مواد گچی استفاده می‌شوند. هم‌چنین نانوذرات دی اکسید تیتانیوم آناتاز نیز بواسطه خاصیت فوتوکاتالیستی چشم‌گیری که دارد، برای تصفیه آب و هوا در پوشش‌های ضد میکروب به کار گرفته می‌شود [۲۸، ۲۷]. اخیراً نیز استفاده از پوشش‌های تیتانی برای اعطا خاصیت خود تمیزشوندگی یادبودهای سنگی به کار گرفته شده است [۲۹]. در یک پژوهش توسط پژوهشگران رومانیایی از یک پوشش سیل سسکوکسانی حاوی تیتانیوم و نانوذرات نقره استفاده شده است [۳۰]. بنا بر ادعای این پژوهشگران، این اولین پژوهش در زمینه استفاده از ترکیبات نقره مورد استفاده برای یادبودهای سنگی است. تا پیش از این ترکیبات سنتزی پژوهشگران حاوی درصد بالایی از یون‌های نقره بود که سبب تجمع نقره در سطح می‌شد که تغییرات رنگی چشم‌گیری در سطح ایجاد می‌کرد که برای میراث فرهنگی غیر قابل قبول است. این پژوهشگران در فرآیند سنتز خود از کم‌ترین مقادیر نیترات نقره استفاده کردند.

۳-۶- پوشش‌های خود تمیز شونده برای ابنیه و گنجینه‌های بیرونی

لازم به ذکر است که عبارت خود تمیز شوندگی در این مفهوم گمراه کننده است و بدین معنا نیست که تصور شود یک سطح دیگر نیازی به تمیز شدن ندارد. با استفاده از این پوشش‌ها، مواد شوینده کمتری نیاز است که منجر به آلودگی محیطی کمتری می‌شود. به همین ترتیب، چرخه‌های تمیز کردن را کاهش می‌دهد و این واقعیت که آلودگی کمتر می‌چسبد بدین معناست که راحت‌تر جدا می‌شود.

عموماً خود تمیز شوندگی فوتوکاتالیزوری یک راه حل با نگهداری کم هزینه و بدون دردسر می‌باشد. برای عملیات کار، پرتو فرابنفش، اکسیژن و رطوبت هوا مورد نیاز می‌باشد. میزان پرتو فرابنفش موجود در نور روز معمولی برای فعال سازی واکنش فوتوکاتالیزوری کافی می‌باشد. آلودگی آلی روی سطح یک

مقاله

نقاشی‌های روغنی یک هدف مهم در نگهداری این گنجینه‌های تاریخی است. همچنین، زمینه‌های کاغذی و نقاشی‌های آن‌ها در معرض تخریب‌های زیستی ناشی از میکروارگانیسم‌ها هستند.

برخی از اکسیدهای فلزی قدرت ضد میکروبی بالایی دارند. نانوذرات این ترکیبات در مقایسه با اندازه‌های بزرگ‌تر آن‌ها به علت اندازه ذرات ریز و در نتیجه سطح ویژه بالای آن‌ها خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر بفردی دارند و بسیار مؤثرتر عمل می‌کنند. از بین این اکسیدهای فلزی، اکسید روی قدرت ضد باکتری عالی دارد. اگرچه سازوکار ضد میکروبی آن بطور دقیق مشخص نشده است ولی سازوکارهای متعددی مانند گونه‌های اکسیژن فعال ایجاد شده روی سطح نانو ذرات، رهایش یون روی بدین منظور پیشنهاد شده است. همچنین ذرات اکسید روی علیه بسیاری از گونه‌های قارچی خاصیت ضدقارچی نشان داده است. در کارهای متعددی از اکسید روی جهت خاصیت ضد میکروبی روی سطوح سلولز مانند کاغذ و پارچه‌های پنبه‌ای استفاده شده است [۳۲-۳۶].

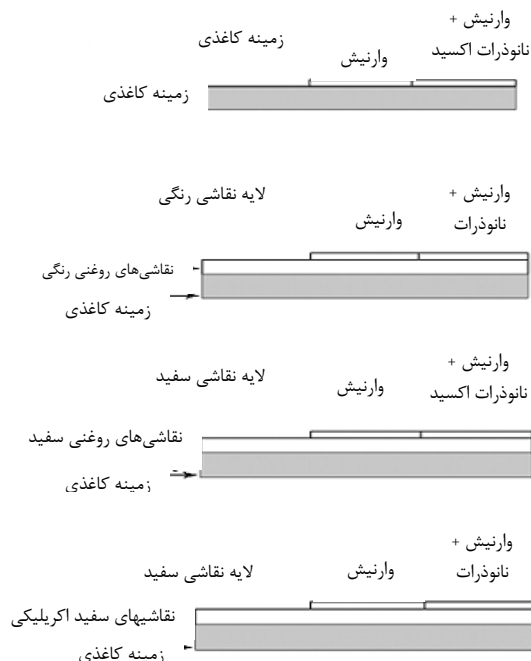
ویژگی مهم دیگر نانوذرات اکسید روی ویژگی خودتمیزکنندگی است که به زمینه‌هایی که روی آنها اعمال می‌شوند، اعطا می‌کند. این پدیده با فعالیت فوتوکاتالیستی نانوذرات اکسید روی در حضور پرتوهای فرابنفش توجیه می‌شود. تحت پرتوهای فرابنفش، نانوذرات اکسید روی قادر است آلودگی‌های آلی را به دی اکسید کربن و آب تجزیه کند. در یک کار تحقیقاتی، پژوهشگران مصری نقش پوشش اکسید روی در محافظت از نقاشی‌های روغنی و زمینه‌های کاغذی در برابر پرتوهای فرابنفش، آلودگی و حمله میکروبی ناشی از میکروارگانیسم‌ها را بررسی کردند. جهت انجام این پژوهش از چهار سری نمونه مطابق شکل ۳ استفاده شده است. در هر چهار سری از صفحات کاغذی فابریانو (ابعاد ۲۰×۱۵ سانتی‌متر) به عنوان زمینه استفاده شده است. در اولین سری از صفحات فابریانو با وارنیش حاوی و عاری از اکسید روی استفاده شده است (نمونه شاهد).

ماده با کمک کاتالیزور (اغلب دی‌اکسید تیتانیوم آناتاز) تجزیه می‌شود. علاوه بر کاتالیزور، جزء فرابنفش نور، با طول موج کمتر از ۳۹۰ نانومتر برای وقوع واکنش ضروری به نظر می‌رسد و بر شدت آن نقش مهمی ایفا می‌کند. به همین دلیل، سطوح با خود تمیز شونده فوتوکاتالیزوری عموماً در محیط بیرون مؤثرتر از محیط داخلی عمل می‌کنند. از این رو، این روش اغلب روی نمای ساختمان‌ها استفاده می‌شود.

در یک پژوهش [۳۱]، یک پوشش آکرلیکی تجاری که برای کاربردهای حفاظت از گنجینه‌های فرهنگی به صورت متداول استفاده می‌شود، به کمک نانوذرات دی اکسید تیتانیوم آناتاز اصلاح شده است تا خواص خودتمیزشوندگی و حفاظتی این پوشش بیرونی در درازمدت سنجیده شود. این رزین آکرلیکی یک بستر پلیمری چند منظوره ایجاد می‌کند و به عنوان چسب و پوشش برای طیف وسیعی از کاربردها و زمینه‌ها و همچنین حفاظت از ابنیه تاریخی بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. علت استفاده از آن به عنوان پوشش در زمینه حفاظت از میراث فرهنگی به قابلیت تشکیل فیلم عالی، خواص چسبندگی، پایداری بالای آن، شفافیت، خواص ضدزردشوندگی و قابلیت برگشت‌پذیری (پاک کردن از سطح) این رزین برمی‌گردد.

۳-۷- حفاظت از نقاشی‌های روغنی روی کاغذ در برابر آلودگی، حملات میکروبی، قارچی و پرتوهای فرابنفش

نقاشی‌های روغنی روی زمینه‌های کاغذی با گذشت زمان تخریب می‌شوند. زمینه‌های کاغذی قدیمی و نقش‌ها و نقاشی‌های روی آنها مورد احترام بسیاری از نویسندگان و هنرمندان بوده است. مخاطرات زیادی این آثار هنری روی صفحات کاغذی را تهدید می‌کند که کدر و تیره شدن لایه وارنیش روی آنها، ترک خوردگی وارنیش، نقاشی و لایه زمینه و همچنین هوازدگی خود کاغذ زمینه از این جمله اند. همچنین جدایش لایه نقاشی و لایه زمینه نیز می‌تواند رخ دهد. بنابراین حفظ و ترمیم این



شکل ۳- طرح‌واره چهار سری نمونه استفاده شده [۳۷].

یا محیط‌های در معرض مواد شیمیایی قرار دارند، می‌توان از پوشش‌های با مقاومت شیمیایی بالا استفاده کرد. یکی از بهترین سامانه‌های پوششی مقاوم در برابر مواد شیمیایی، پوشش‌های پلی دی متیل سیلوکسانی هستند. در یک پژوهش، پژوهشگران چینی به کمک روش سل ژل یک پوشش بر پایه پلی دی متیل سیلوکسان حاوی دی اکسید تیتانیوم و اکسید سیلیسیم تهیه کردند که از مقاومت شیمیایی قابل قبولی برخوردار بود [۳۸].

۴- نتیجه‌گیری

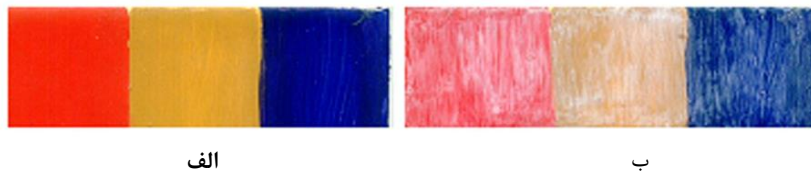
در این مقاله، پس از بیان ضرورت حفاظت از میراث فرهنگی، انواع میراث فرهنگی (شامل منسوج، چرم، چوب، فلز، ابنیه سنگی و غیره) معرفی گردید و انواع روش‌های کلی حفاظت از آنها بیان شد. در مورد پوشش‌های مختلف مورد استفاده برای حفاظت از میراث فرهنگی، ویژگی‌های بسیار مهمی تعریف گردید که باید مد نظر قرار گیرد. این ویژگی‌های عبارتند از: چسبندگی مناسب به زمینه، عدم تاثیر منفی بر ظاهر اثر و امکان بازگشت‌پذیری پوشش برای جدایی آسان از زمینه بدون وارد کردن صدمه به اثر از بین انواع پوشش‌ها، پوشش‌های آکرلیکی ترموپلاست، پوشش‌های فلوئورینه، سیلانی و هیبریدی بهترین پوشش‌ها محسوب می‌شوند که کاربردهای زیادی در حفاظت از میراث فرهنگی پیدا کرده اند. علاوه بر این، به کمک فناوری نانو می‌توان انواع ویژگی‌ها را به پوشش اعطا نمود تا محافظت موثرتری از اثر فرهنگی به عمل آید. این خواص ویژه عبارتند از خاصیت خودتمیزشوندگی، ضدخوردگی، آب‌گریزی، ضدفرابنفش و ضدمواد شیمیایی و پرتوهای فرابنفش. در این مقاله انواع پوشش‌هایی که بتوانند برای مقابله با انواع تخریب مقاومت بالایی ارائه دهند، معرفی گردید.

دومین سری با رنگ‌های قرمز، آبی و زرد که به کمک روغن لینسید تهیه شده بود نقاشی شد. سومین سری نیز با رنگ سفید بر پایه روغن لینسید نقاشی شد و سطح آن با وارنیش‌های عاری و حاوی اکسید روی پوشانده شد. در چهارمین سری هم کاغذ زمینه با یک پوشش سفید بر پایه آکرلیک روکش داده شد و به مانند بقیه سری‌ها از وارنیش شاهد و وارنیش حاوی اکسید روی جهت اعمال نهایی استفاده شد.

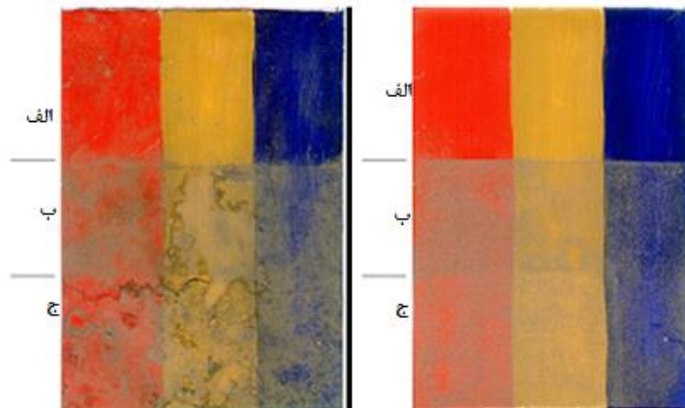
وارنیش جلوه نهایی نقاشی را همگون ساخته و به نقاشی‌های رنگی عمق اضافه می‌کند. وارنیش مورد استفاده یک پوشش آکرلیک بوده که به علت استفاده از ذرات اکسید روی در ابعاد نانویی شفافیت آن حفظ شده بود. این شفافیت در شکل ۴ در مقایسه با وارنیش مشابهی که ذرات میکرونی اکسید روی را در خود دارد، کاملاً مشهود است. شکل ۵ تصاویر نمونه‌های نقاشی روغنی که به مدت شش ماه در محیط باز رها شده‌اند را نشان می‌دهد. هر نمونه سه بخش دارد که با پوشش‌های مختلف محافظت شده اند که قدرت چرک‌پذیری متفاوتی دارند. بخش یک سوم پایینی رنگ بدون پوشش یک سوم میانی با پوشش وارنیشی بدون اکسید روی و یک سوم بالایی با وارنیش حاوی اکسید روی پوشانده شده است. همان‌طور که از شکل به وضوح پیداست در بخش‌هایی که ذرات اکسید روی وجود ندارد، به میزان زیادی اجتماع آلودگی در سطح مشخص است. تمیزکردن با برس‌های نرم (تصاویر سمت چپ) نشان داد که در بخش‌های حاوی اکسید روی این آلودگی‌ها به راحتی از سطح زدوده می‌شود.

۳-۸- پوشش‌های مقاوم در برابر آلودگی‌ها و مواد شیمیایی

در مواردی که گنجینه‌های میراث فرهنگی در محیط‌های آلوده و



شکل ۴- شفافیت یک پوشش آکرلیک حاوی ذرات اکسید روی نانویی در مقایسه با وارنیشی مشابهی حاوی ذرات میکرونی اکسید روی [۳۷].



شکل ۵- تصاویر نمونه‌های نقاشی روغنی که به مدت شش ماه در محیط باز رها شده‌اند (سمت چپ) و همان نمونه‌ها بعد از پاک‌کردن آنها با برس و پارچه کتان خشک. بخش یک سوم پایینی رنگ بدون پوشش یک سوم میانی با پوشش وارنیشی بدون اکسید روی و یک سوم بالایی با وارنیش حاوی اکسید روی پوشانده شده است [۳۷].

- C. Rode, M. Zieger, R. Wyrwa, S. Thein, C. Wiegand, M. Weiser, A. Ludwig, D. Wehner, U.C. Hipler, "Antibacterial Zinc Oxide Nanoparticle Coating of Polyester Fabrics", *J. Text. Sci. Technol.* 1, 65–74, **2015**.
- G. Malucelli and Giulio, "Surface-Engineered Fire Protective Coatings for Fabrics through Sol-Gel and Layer-by-Layer Methods: An Overview", *Coatings*. 6, 33-56, **2016**.
- T. Brewer, SC6000 and Other Surface Coatings for Leather: Chemical Composition and Effectiveness, <https://www.ischool.utexas.edu/~cochine/pdfs/t-brewer-04-sc6000.pdf>, **2004**.
- R. R. Ali Hassan, "A preliminary study on using linseed oil emulsion in dressing archaeological leather", *J. Cult. Herit.* 21, 786–795, **2016**.
- م. محمدی آچالویی، ح. احمدی، ک. پورطهماسی، "پتینه کردن چوب با دی اتانل آمین: ویژگیها و مقاومت آن در برابر هوازدگی"، نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ، ۲۴۸، ۲۳۷–۲۴۸، **۱۳۹۳**.
- C. J. McNamara, M. Breuker, M. Helms, T. D. Perry, R. Mitchell, "Biodeterioration of Incralac used for the protection of bronze monuments", *J. Cult. Herit.* 5, 361–364, **2004**.
- E. Kielo, J. Lukseniene, A. Griguceviciene, A. Selskis, J. Senvaitiene, R. Ramanauskas, R. Raudonis, A. Kareiva, "Methyl-modified hybrid organic-inorganic coatings for the conservation of copper", *J. Cult. Herit.* 15, 242–249, **2014**.
- B. Ramírez Barat, A. Crespo, E. García, S. Díaz, E. Cano, "An EIS study of the conservation treatment of the bronze sphinxes at the Museo Arqueológico Nacional (Madrid)", *J. Cult. Herit.* 24, 93–99, **2017**.
- M. Sadat-Shojai and A. Ershad-Langroudi, "Polymeric coatings for protection of historic monuments: Opportunities and challenges", *J. Appl. Polym. Sci.* 112, 2535–2551, **2009**.
- ع. شکفته، ح. احمدی، م. یزدی، "مروری بر مواد پوشش دهنده (استحکام بخشهای سطحی) در حفاظت سنگ‌های تاریخی و فرهنگی"، نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ، ۶، ۶۴–۴۳، **۱۳۹۵**.
- M. Pilz, H. Römmich, "Sol-gel derived coating for outdoor bronze conservation", *J. Sol-Gel Sci. Technol.*, 8, 1071–1075, **1997**.
- E. Bescher, J. D. Mackenzie, "Sol-Gel Coatings for the Protection of Brass and Bronze", *J. Sol-Gel Sci. Technol.* 26, 1223–1226, **2003**.
- G. Alessandrini, M. Aglietto, V. Castelvetro, F. Ciardelli, R. Peruzzi, L. Toniolo, "Comparative evaluation of fluorinated and unfluorinated acrylic copolymers as water-repellent coating materials for stone", *J. Appl. Polym. Sci.* 76, 962–977, **2000**.
- J. Qu, J. Liu, L. He, "Synthesis and evaluation of fluorosilicone-modified starch for protection of historic stone", *J. Appl. Polym. Sci.* 132, 11, 41650-41660, **2014**.
- T. Monde, H. Fukube, F. Nemoto, T. Yoko, T. Konakahara, "Preparation and surface properties of silica-gel coating films containing branched-polyfluoroalkylsilane", *J. Non. Cryst. Solids*, 246, 54–64, **1999**.
- A. Ershad-Langroudi, C. Mai, G. Vigier, R. Vassoille, "Hydrophobic hybrid inorganic-organic thin film prepared by sol-gel process for glass protection and strengthening applications", *J. Appl. Polym. Sci.* 65, 2387–2393, **1997**.
- S. R. Coulson, I. Woodward, J. P. S. Badyal, C. Willis, "Super-Repellent Composite Fluoropolymer Surfaces", *J. Phys. Chem. B.* 104, 8836–8840 **2000**.
- C. Kapridaki and P. Maravelaki-Kalaitzaki, "TiO₂-SiO₂-PDMS nano-composite hydrophobic coating with self-cleaning properties for marble protection", *Prog. Org. Coat.* 76, 400–410, **2013**.
- L. Y. L. Wu, A. M. Soutar, X. T. Zeng, "Increasing hydrophobicity of sol-gel hard coatings by chemical and morphological modifications", *Surf. Coatings Technol.* 198, 420–424, **2005**.
- H. Miao, F. Bao, L. Cheng, and W. Shi, "Fluorinated modification of hyperbranched polyesters used for improving the surface property of UV curing coatings", *J. Fluor. Chem.* 131, 1356–1361, **2010**.
- O. Chiantore, M. Lazzari, "Photo-oxidative stability of paraloid acrylic protective polymers", *Polymer (Guildf.)*, 42, 17–27, **2001**.
- L. Toniolo, T. Poli, V. Castelvetro, A. Manariti, O. Chiantore, M. Lazzari, "Tailoring new fluorinated acrylic copolymers as protective coatings for marble", *J. Cult. Herit.* 3, 309–316, **2002**.
- G. C. Borgia, M. Camaiti, F. Cerri, P. Fantazzini, F. Piacenti, "Hydrophobic Treatments for Stone Conservation - Influence of the Application Method on Penetration, Distribution and Efficiency", *Stud. Conserv.*, 48, 217–226, **2003**.
- A. Tsakalof, P. Manoudis, I. Karapanagiotis, I. Chrysoulakis, C. Panayiotou, "Assessment of synthetic polymeric coatings for the protection and preservation of stone monuments", *J. Cult. Herit.* 8, 69–72, **2007**.
- L. D'Arienzo, P. Scarfato, L. Incarnato, "New polymeric nanocomposites for improving the protective and consolidating efficiency of tuff stone", *J. Cult. Herit.* 9, 253–260, **2008**.
- Y. Ocak, A. Sofuoğlu, F. Tihminlioglu, H. Böke, "Sustainable bio-nano composite coatings for the protection of marble surfaces", *J. Cult. Herit.* 16, 299–306, **2015**.
- N. M. Mahmoodi, Z. Mokhtari-Shourijeh, "Preparation of polyacrylonitrile-Titania electrospun nanofiber and its photocatalytic dye degradation ability", *Prog Color Colorant, Coating*, 10, 23–30, **2017**.
- N. M. Mahmoodi, S. Soltani-Gordefamarzi, "Dye Removal from Single and Quaternary Systems Using Surface Modified Nanoparticles: Isotherm and Kinetics Studies", *Prog Color Colorant Coat.* 9, 85-97, **2016**.
- E. Quagliarini, F. Bondioli, G. B. Goffredo, A. Licciulli, P. Munafò, "Smart surfaces for architectural heritage: Preliminary results about the application of TiO₂-based coatings on travertine", *J. Cult. Herit.* 13, 204–209, **2012**.
- M. Aflori, M. Aflori, B. Simionescu, I. E. Bordianu, L. Sacarescu, C. D. Varganici, F. Doroftei, A. Nicolescu, M. Olaru, "Silsesquioxane-based hybrid nanocomposites with methacrylate units containing titania and/or silver nanoparticles as antibacterial/antifungal coatings for monumental stones", *Mater. Sci. Eng. B Solid-State Mater. Adv. Technol.* 178, 1339–1346, **2013**.
- D. Scalarone, M. Lazzari, O. Chiantore, "Acrylic protective coatings modified with titanium dioxide nanoparticles: Comparative study of stability under irradiation", *Polym. Degrad. Stab.* 97, 2136–2142, **2012**.
- K. Ghule, A. V. Ghule, B. J. Chen, Y. C. Ling, "Preparation and characterization of ZnO nanoparticles coated paper and its antibacterial activity study", *Green Chem.* 8, 1034, **2006**.
- N. Vigneshwaran, S. Kumar, A. A. Kathe, P. V. Varadarajan, V. Prasad, "Functional finishing of cotton fabrics using zinc oxide-soluble starch nanocomposites", *Nanotechnology.* 17, 5087–5095, **2006**.
- R. Wang, J. H. Xin, X. M. Tao, W. A. Daoud, "ZnO nanorods grown on cotton fabrics at low temperature", *Chem. Phys. Lett.* 398, 250–255, **2004**.
- H. F. Moafi, A. F. Shojaie, M. A. Zanjanchi, "Photocatalytic self-cleaning properties of cellulosic fibers modified by nano-sized zinc oxide", *Thin Solid Films*, 519, 3641–3646, **2011**.
- W. Sricharussin, P. Threepopnatkul, N. Neamjan, "Effect of various shapes of zinc oxide nanoparticles on cotton fabric for UV-blocking and anti-bacterial properties", *Fibers Polym.* 12, 1037–1041, **2011**.
- O. M. El-Feky, E. A. Hassan, S. M. Fadel, M. L. Hassan, "Use of ZnO nanoparticles for protecting oil paintings on paper support against dirt, fungal attack, and UV aging", *J. Cult. Herit.* 15, 165–172, **2014**.
- X. Tian, Q. Chen, L. Song, Y. Wang, H. Li, "Formation of alkali resistant PDMS-TiO₂-SiO₂ hybrid coatings", *Mater. Lett.* 61, 4432–4434, **2007**.