Archive of SID

نشریهٔ مرمت، آثار و بافت‌های تاریخی، فرهنگی
دو فصلنامهٔ علمی - پژوهشی، سال دوم، شماره سوم، بهار و تابستان ۱۳۹۱

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۸/۲۵
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۴/۱۹

نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم: بررسی اثر حفاظتی در محفظه‌های نگهداری و نمایش آثار کاغذی

محمد حدادی* مریم افشارپور عباس عابد اصفهانی*****

چکیده

حفاظت و نگهداری از آثار کاغذی درمقابل عوامل آسیب‌رسان امری مهم و ضروری است. ازآنجایی‌که نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم خواص منحصر به‌فردی درمقابله با عوامل آسیب‌رسان از خود نشان داده‌اند، از این نانوذرات به‌منظور حفاظت و نگهداری چندجانبه از آثار کاغذی بهره گرفته شد. بدین‌منظور ابتدا نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم سنتز و روی سطح شیشه لایه‌نشانی شدند. سپس با استفاده از این شیشه‌های لایه‌نشانی‌شده، محفظه‌ای جهت بررسی اثرات حفاظتی آن درمقابل عوامل آسیب‌رسان مختلف ساخته شد و نتایج حاصل از آزمایشات انجام‌گرفته روی این نمونه با محفظه ساخته‌شده از شیشه معمولی به‌عنوان شاهد مورد مقایسه قرار گرفت. از کاغذ صافی (واتمن) جهت بررسی اثر حفاظتی در هردو محفظه استفاده شد. نتایج آزمایش‌های پیرسازی گرمایی، نوری و بیولوژیکی بر نمونه‌های کاغذ نشان دادند که نمونه‌های قرارگرفته در محفظه لایه‌نشانی‌شده نسبت به محفظه‌های معمولی مقاومت کششی دارند و میزان اکسیداسیون آنها نیز کمتر بود. هم‌چنین در کاغذهای رنگی نیز، میزان رنگ‌پریدگی دربرابر نور UV، در نمونه‌های محفظه لایه‌نشانی‌شده بسیار کمتر از نمونه‌های محفظه معمولی بود. نتایج آزمایش بیولوژیکی نمونه‌های قرارگرفته در این محفظه‌ها نیز نشان از کاهش رشد قارچ در نمونه‌های کاغذ مربوط به محفظه لایه‌نشانی‌شده داشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان داشت که محفظه‌های لایه‌نشانی‌شده با نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم کارایی مناسبی جهت نگهداری آثار تاریخی ساخته‌شده از کاغذ برای مقابله با آسیب‌های بیولوژیک، نورUV و عوامل محیطی از خود نشان می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: آثار کاغذی، حفاظت و نگهداری، محفظه نگهداری، نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم.

* کارشناس‌ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، کارشناس مرمت سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران(نویسنده مسئول)
mohammad_hadadi2004@yahoo.com

** استادیار، هیات علمی پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران.

*** دانشجوی دکتری مرمت آثار تاریخی، دانشگاه هنر اصفهان.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آثار کاغذی[1] به‌دلیل ساختار متشکل از ترکیبات آلی (سلولزی)، نسبت به عوامل محیطی بسیار حساس هستند و دربرابر عواملی مانند تابش نور UV، دما و رطوبت، آلودگی هوا، حشرات، قارچ‌ها و ... به‌راحتی آسیب می‌بینند. لذا حفاظت از آنها امری ضروری است (May et al, 2006: 39 ؛ لیه‌ناردی و همکاران، ۱۳۷۶: ۷۴) و نگهداری از این آثار ارزشمند نیازمند شرایطی مناسبی است تا بتوان از این آثار برای مدت طولانی حفاظت و نگهداری کرد.

همان‌طور که می‌دانیم، یکی از مهم‌ترین اصول در نگهداری آثار بحث حفاظت پیشگیرانه است که به‌دلیل منافع بسیار آن مهم‌ترین روش شناخته شده است (Robinson et al, 2000). حفاظت پیشگیرانه به‌عنوان یکی از ارکان مهم موزه‌ها و مجموعه‌ها، روشی مناسب و کارآمد در امر سیاست نگهداری و حفاظت آثار محسوب می‌شود و برقراری چنین شرایطی در حفظ و پایداری آثار بسیار مؤثر است.

در این مقاله، از فناوری نانو در حفاظت و نگهداری آثار هنری کاغذی بهره‌گرفته شده است. نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به‌عنوان ماده‌ای بی‌ضرر و به‌دلیل خواص فوق‌العاده‌ای که از خود نشان داده است، انتخاب شد.

این ماده یکی از مهم‌ترین اکسیدهای فلزی است که به سه شکل کریستالی روتایل[2]، آناتاز[3] و بروکایت[4] موجود است (Zhu et al, 2005:6730-6736). اهمیت ساختارهای آناتاز و روتایل ازنظر کاربردی بیش‌تر از ساختار بروکایت است. طیف عبوری و بازتاب ساختارهای آناتاز و روتایل تفاوت اندکی با هم نشان می‌دهند. کوچک‌تر بودن طول موج جذب فرابنفش در ساختار آناتاز نسبت به روتایل کاربرد این ساختار را در صنعت به‌مراتب بیش‌تر کرده است (Winkler, 2003:12-13). رنگ‌هایی که با دی‌اکسید تیتانیوم ساخته می‌شوند، منعکس‌کننده‌های بسیار خوب پرتو مادون قرمز هستند و بنابراین منجمان به‌طور گسترده‌ای از آن استفاده می‌کنند (نجفی‌پور، ۱۳۸۸). هم‌چنین از این ماده برای پوشش‌دهی[5] منسوجات Xin et al, 2004: 97-100) ;Daoud et al, 2004: 25-29) و نیز به‌عنوان رنگدانه معدنی در ساخت شیشه‌های رنگی، لعاب‌ها و سرامیک‌ها (احمدی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۷: ۹۵-۱۰۱)، حذف آلاینده‌های مختلف هوا و هم‌چنین حذف آلودگی‌های میکروبی آب (Benabbou et al, 2007: 257-263)، ماده خودتمیزکننده[6] و خودضدعفونی‌کننده (Xiujian et al, 2008: 1424-1430 ;Mellott et al, 2006: 112-120) (Chabas et al, 2008: 2124-2131 ;al, 2008: 1430 استفاده می‌شود. این نانوذرات هم‌چنین در ازبین‌بردن انواع قارچ‌ها و باکتری‌ها مؤثرند (Kuhn et al, 2003: 71-77 ;Makowski et al, 2001: 19-25). با استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم تعداد ذرات در مساحت هر واحد افزایش می‌یابد، بنابراین اثرات ضد قارچ و باکتری حداکثر تأثیر خود را می‌گذارد. نانوذرات نقره و دی‌اکسید تیتانیوم زمانی که با قارچ‌ها و باکتری‌ها تماس پیدا می‌کنند، متابولیسم سلولی آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهند و به‌این ترتیب از رشد سلولی، تکثیر و رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها جلوگیری به‌عمل می‌آورد. این چنین است که خاصیت ضد قارچ و باکتری این پوشش‌ها عملکرد خود را نشان می‌دهد (Wong et al, 2006: 1-8). افزودن نانوذرات نقره به فیلم نازک TiO_2 متخلخل می‌تواند خواص ضد باکتری آن را در شرایطی که نور UV نباشد، بالا ببرد (Xiujian et al, 2008: 1424). شیشه‌هایی که با این نانوذرات پوشش داده شوند، مزایای زیر را خواهند داشت: پس زدن آب و روغن از روی سطوح، عدم چسبیدن آلودگی روی سطوح، عدم رسوب‌گرفتن سطوح، ممانعت از خوردگی شیشه، افزایش استحکام و مقاومت شیشه دربرابر خش‌افتادگی، جلوگیری از تشکیل اثر انگشت روی شیشه، افزایش دید ازطریق شیشه در شرایط بد آب‌وهوایی، کاهش مقدار عبور اشعه UV از شیشه (نوری، ۱۳۸۷).

کاربرد و کارآیی TiO_2 به‌شدت تحت تأثیر ساختار بلوری، شکل و اندازه ذرات آن است (Gao et al, 2004: 1365-1368) و انواع روش‌های فیزیکی و شیمیایی برای تهیه پوشش این نانوذرات استفاده شده است (Colón et al, 2002: ؛ Baorang et al, 2002:184-188 ؛91-101 Sankapal et al, 2006:702-707).

با توجه به خصوصیات و توانایی‌های ذکرشده، دی‌اکسید تیتانیوم به‌عنوان ماده‌ای مؤثر برای حفاظت و نگهداری از آثار کاغذی انتخاب شد. سپس، به‌منظور ایجاد شرایط محیطی بهینه جهت نگهداری آثار کاغذی، از این نانوذرات در ساخت محفظه‌های نمایش و نگهداری آثار استفاده شد. این روش هیچ‌گونه تغییری در ساختار آثار کاغذی ایجاد نکرده و اثرات حفاظتی جالب توجهی را نشان داده است. محفظه‌های شیشه‌ای که با این نانوذرات پوشش داده شده‌اند، مانند محفظه‌های معمولی ظاهری

www.SID.ir

Archive of SID

شفاف دارند، تغییری از نظر دیداری به‌وجود نمی‌آورند و به‌دلیل خواص ویژه این نانوذرات، آثار نگهداری‌شده در این محفظه‌ها به‌صورت چندجانبه حفاظت می‌شوند. از این محفظه‌ها نه‌تنها در سالن‌های نمایش بلکه در مخازن نگهداری آثار نیز می‌توان بهره جست. با توجه به فقدان استانداردهای لازم مانند سیستم تهویه مناسب، ویترین‌های مناسب، نورپردازی مطلوب و شرایط نامساعد مخازن در موزه‌ها، کتابخانه‌ها و مجموعه‌های برخی از کشورها، استفاده از این محفظه‌ها در نگهداری و حفاظت از آثار تاریخی مؤثر واقع می‌شود.

پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر با توجه به گسترش فناوری نانو، استفاده از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم به‌دلیل قابلیت‌های مفید، کارآمد و هم‌چنین مؤثر واقع‌شدن این نانوذرات رو به‌افزایش است و هرساله تحقیقات بیش‌تری در ارتباط با خواص و کاربردهای آن صورت می‌گیرد.

در دهه اخیر TiO_2 به‌طور وسیعی به‌عنوان مواد خودتمیزکننده و خودضدعفونی‌کننده برای پوشش بسیاری از لوازم شامل لوازم بهداشتی، لوازم میز غذا، لوازم آشپزی و اقلامی که در بیمارستان‌ها کاربرد دارند، استفاده شده است (Fujishima et al, 1999). شیشه‌های خودتمیزشونده (فتوکاتالیستی + آب‌دوستی) از سال ۲۰۰۲ در بـازار دردسترس بوده‌اند و هـرروز نیاز و تقاضای استفاده از آن شیشه‌هـا افزایش می‌یابد (نوری، ۱۳۸۷).

از شیشه‌های لایه‌نشانی‌شده با این نانوذرات به‌دلیل خواص ایجادشده در آنها استفاده‌های متنوعی شده است، به‌طور مثال در شیشه ساختمان‌ها، اتومبیل‌ها و ... اما در مبحث حفاظت و نگهداری آثار تاریخی گزارشی از استفاده از این‌گونه شیشه‌ها ارائه نشده است.

روش تحقیق

ابتدا نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم براساس مطالعات انجام‌شده توسط محققان (Mansor et al, 2003: 87) به‌روش سل-ژل[۷] سنتز شد. سل تهیه‌شده به‌روش اسپری پیرولیز[۸] و با دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد روی زیرلایه[۹] شیشه فلوت با ضخامت ۳ میلی‌متر لایه‌نشانی شد. جهت اثبات وجود اکسید تیتانیوم از نمونه‌های لایه‌نشانی‌شده و معمولی آنالیز XRD و SEM گرفته شد (بدین‌منظور از دستگاه XRD مدل Philips PW1800 و میکروسکوپ الکترونی مدل XL30 محصول Philips و دستگاه لایه‌نشانی طلا مدل SCD محصول Bal-Tec استفاده شد). سپس به‌منظور ساخت محفظه‌ها، شیشه‌های لایه‌نشانی‌شده را به‌کمک چسب سیلیکونی (Aquarium Silicone به‌نام Sista ساخت Henkel آلمان) به‌یکدیگر چسبانده و محفظه مورد نظر ساخته شد. محفظه دیگری نیز جهت مقایسه با شیشه‌های معمولی تهیه گردید. پس از آماده‌شدن هردو محفظه آزمایش‌های پیرسازی گرمایی، نوری و بیولوژیکی بر نمونه‌های کاغذ قرارگرفته درون آنها انجام گرفت. از کاغذ صافی با مشخصات Whatman- Filter Paper 1 Qualitative به‌عنوان نمونه‌های کاغذ مورد استفاده برای انجام آزمایشات در محفظه‌ها استفاده شد.

به‌منظور پیرسازی گرمایی (پیرسازی توسط دما و رطوبت)، نمونه‌های کاغذ مورد آزمایش درون هردو محفظه قرار داده و بین درب محفظه‌ها و خود محفظه‌ها نیز کمی فاصله گذاشته شد تا کاملاً بسته نشوند و هوا و رطوبت بتواند به داخل آنها نفوذ کنند (این فاصله برای هردو محفظه برابر درنظر گرفته‌شد تا شرایط برای هـردو یکسان باشد). سپس این محفظه‌ها در دستگاه Ageing (Binder مدل KBF115) قرار داده شدند. این آزمایش براساس استاندارد ISIRI- 4706 (دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۶۵ درصد) و در آزمایشگاه بسته‌بندی و مواد سلولزی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و نیز آزمایشگاه شیمی سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران انجام شد. پس از گذشت زمان‌های ۲۴، ۴۸، ۱۶۸ و ۲۴۰ ساعت یکی از نمونه‌ها را از هر محفظه خارج کرده و به بررسی تغییرات صورت‌گرفته بر هر نمونه در زمان سپری‌شده پرداخته شد. بدین‌منظور، از نمونه‌ها طیف FTIR (با دستگاه FTIR Bruker, model Equinox 55 با تفکیک‌پذیری $4\ cm^{-1}$ و پیمایش ۳۲ درمحدوده cm^{-1} ۴۰۰۰-۴۰۰) گرفته شد و نیز میزان مقاومت کششی[۱۰] نمونه‌های پیرسازی‌شده اندازه‌گیری و با یکدیگر مقایسه شد. اندازه‌گیری مقاومت کششی براساس استاندارد ISIRI– 8273-2 و توسط دستگاه Tinius olsen مدل H10KS انجام گرفت.

برای بررسی خاصیت ضد قارچی این نانوذرات نیز آزمایش پیرسازی تسریع‌شده بیولوژیکی بااستفاده از قارچ Aspergillus Flavous انجام شد. در این آزمایش، قارچ را در دو پلیت محیط کشت جداگانه از Sabouraud- 4% Dextrose – Agar[۱۱]، قرار دادند و پس از رشد قارچ بر سطح محیط کشت، پلیت‌های حاوی قارچ را در

www.SID.ir

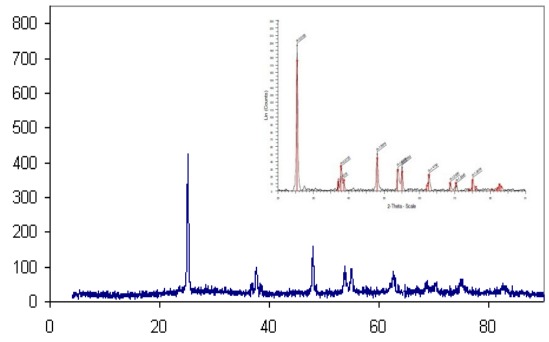
Archive of SID

محفظه‌های مورد نظر قرار دادند و چند قطعه نمونه کاغذ واتمن با اندازه یکسان را در داخل محفظه‌ها و درکنار پلیت‌های قارچ گذاشتند و برای تأمین رطوبت مورد نیاز نیز یک بِشِر حاوی آب داخل محفظه‌ها قرار دادند. سپس، به‌منظور انتشار هاگ‌های قارچ در محیط و بررسی اثر ضد قارچی محفظه، درب پلیت قارچ را باز کردند و پس از بستن درب هر محفظه، محفظه‌ها درداخل انکوباتور تنظیم‌شده در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد ± ۲۶ و رطوبت نسبی ۴۰ درصد قرار داده شدند.

به‌این ترتیب، تأثیرات این قارچ درطول زمان روی نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه معمولی و محفظه لایه‌نشانی‌شده با یکدیگر مقایسه شد.

تعداد قارچ موجود بر نمونه‌های کاغذ، با استفاده از روش رقیق‌سازی تعیین شد؛ بدین‌صورت که هر نمونه به‌ابعاد حدود ۱×۱ سانتی‌متر برش داده شد و در رقیق‌کننده پپتون و توئین ۸۰ غوطه‌ور شد. با استفاده از همین رقیق‌کننده تا رقت ۵- تهیه شد (۵ مرحله رقیق شد) و از تمامی نمونه‌های رقیق‌شده به‌صورت دوتایی[۱۲] روی محیط کشت YGC آگار[۱۳] کشت داده و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۳ تا ۵ روز گرم‌خانه‌گذاری شد. میزان رشد قارچ در هر نمونه به‌وسیله شمارش واحدهای تشکیل‌دهنده کلونی[۱۴] مطابق با استاندارد شماره ۹۸۹۹ استاندارد ملی ایران بررسی گردید. این آزمایش‌ها در آزمایشگاه میکروبیولوژی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و نیز در آزمایشگاه بیولوژی سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران انجام گرفت.

برای انجام آزمایش پیرسازی تسریعی نوری از پودر روناس برای رنگ‌آمیزی نمونه‌های کاغذ استفاده شد. پس از رنگ‌آمیزی نمونه‌ها توسط دستگاه طیف‌سنج (UV-VIS مدل AVA Spec) از نمونه‌ها طیف گرفته و ماکزیمم جذب آنها ثبت شد. تأثیر نور UV بر نمونه‌ها بااستفاده از یک منبع نور (۲۷۰ نانومتر) UV محصول Philips با توان ۳۰ وات که در یک محفظه تعبیه شده بود، انجام شد. در هر محفظه (لایه‌نشانی‌شده و معمولی) تعدادی از نمونه‌های رنگ‌شده قرار داده و این محفظه‌ها درون محفظه UV گذاشته و هم‌چنین تعدادی نمونه رنگ‌شده نیز در درون محفظه UV قرار داده و تغییرات آنها دراثر تابش نور UV در زمان‌های مختلف بررسی شد. پس از اتمام مدت زمان نوردهی مجدداً از نمونه‌ها طیف گرفته و با طیف آنها قبل از پیرسازی نوری مقایسه شد. این آزمایش با سپری‌شدن مراحل زمانی ۲، ۴، ۶ و ۷ ساعتی صورت گرفت.

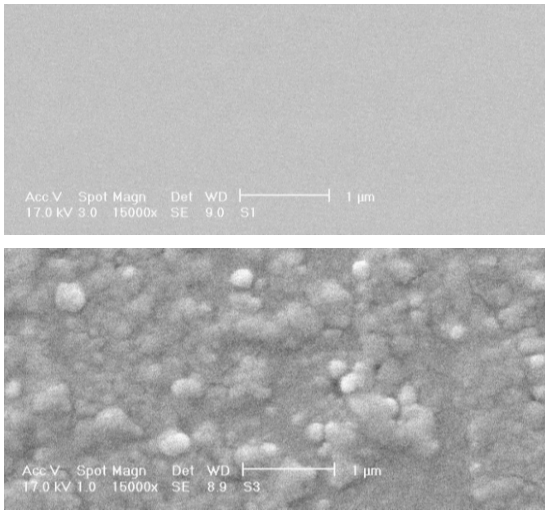


تصویر۱. الگوی XRD دی‌اکسید تیتانیوم سنتز شده

نتایج و بحث

نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم برای این‌که بتوانند خواص مورد نظر و خاص ما را در مقابله با عوامل آسیب‌رسان به آثار کاغذی داشته باشند، باید ساختار آناتاز داشته باشند؛ بنابراین، هدف تهیه نانوذراتی با ساختار آناتاز بوده است که باداشتن خواص مورد نظر بتوانند در نگهداری آثار کاغذی مؤثر باشند. تصویر (۱) XRD نمونه دی‌اکسید تیتانیوم سنتزشده به‌روش سل-ژل را در مقایسه با طیف استاندارد فاز آناتاز (Mansor et al, 2003: 90) نشان می‌دهد. همان‌طور که نشان داده شده است، الگوی پراش XRD نمونه سنتزشده با فاز آناتاز دی‌اکسید تیتانیوم مطابقت کامل دارد و وجود فاز آناتاز را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم در فاز آناتاز بر سطح شیشه لایه‌نشانی‌شده‌اند.

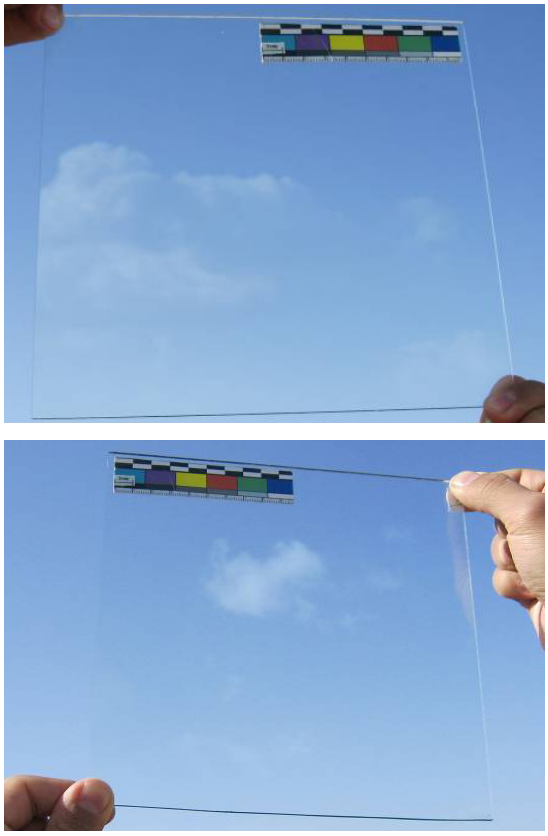
تصویر (۲)، SEM شیشه لایه‌نشانی‌شده را در مقایسه با شیشه معمولی نشان می‌دهد. همان‌طور که در این شکل پیداست، نانوذرات دراثر فرایند لایه‌نشانی روی این شیشه لایه‌نشانی‌شده‌اند.



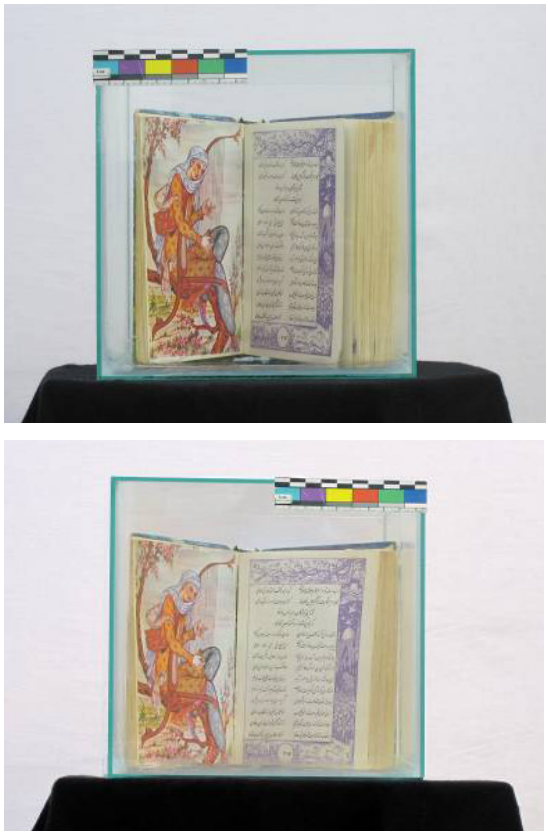
تصویر۲. SEM شیشه معمولی(بالا)، شیشه لایه‌نشانی‌شده(پایین)

www.SID.ir

Archive of SID



تصویر۳. شیشه معمولی (بالا)، شیشه لایه‌نشانی‌شده (پایین)



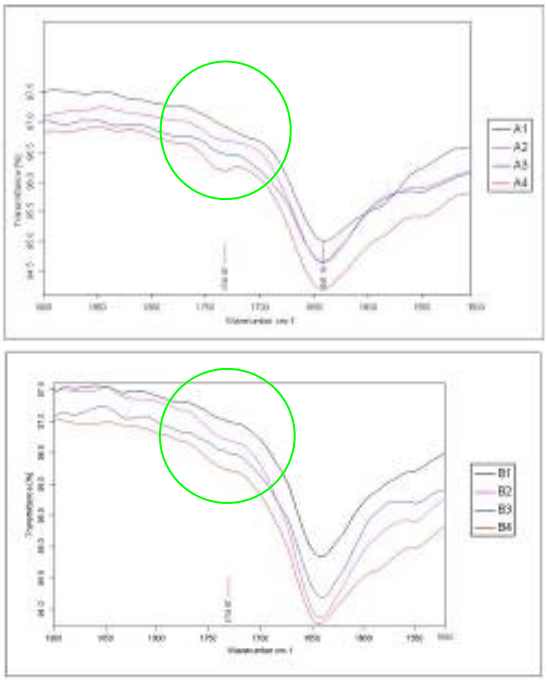
تصویر۴. محفظه معمولی (بالا)، محفظه لایه‌نشانی‌شده (پایین)

در تصویر (۳) نمونه شیشه لایه‌نشانی شده و شیشه معمولی و در تصویر (۴) محفظه‌های ساخته‌شده نشان داده شده‌اند.

همان‌طور که در این تصاویر مشاهده می‌شود، نمونه شیشه لایه‌نشانی‌شده از نظر شفافیت و بصری بسیار شبیه شیشه معمولی است و اشکالی در دید ناظر ایجاد نمی‌کند.

تصویر (۵) طیف FTIR مربوط به نمونه‌های موجود در محفظه معمولی و لایه‌نشانی‌شده را پس از پیرسازی توسط دما و رطوبت نشان می‌دهند. همان‌طور که در این تصاویر پیداست، با گذشت زمان در ناحیه $1730\ cm^{-1}$ پیک گروه C=O دیده می‌شود. با توجه به طیف هردو محفظه در این ناحیه مشاهده می‌شود که سرعت اکسیداسیون در محفظه لایه‌نشانی‌شده بسیار کمتر از محفظه معمولی است.

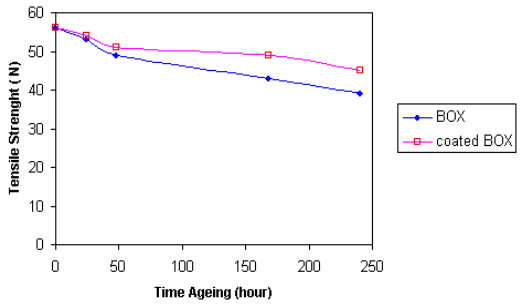
همان‌طور که در تصویر (۶) مشاهده می‌شود، مقاومت کششی نمونه‌های مربوط به هردو محفظه با افزایش زمان پیرسازی سیر نزولی طی نموده و دراثر گذشت زمان کاهش یافته است، اما در محفظه لایه‌نشانی‌شده کمتر از نمونه‌های مربوط به محفظه معمولی است و این نمونه‌ها مقاومت بهتری نسبت به نمونه‌های موجود در محفظه معمولی از خود نشان داده‌اند.



تصویر۵. طیف FTIR نمونه‌های موجود در محفظه معمولی(بالا) و لایه‌نشانی‌شده(پایین)؛ (نمونه‌های A۱ تا A۴ به‌ترتیب نمونه‌های کاغذ قرارگرفته در محفظه معمولی و نمونه‌های B۱ تا B۴ به‌ترتیب نمونه‌های کاغذ قرارگرفته در محفظه لایه‌نشانی‌شده پس از گذشت ۲۴، ۴۸، ۱۶۸و ۲۴۰ ساعت هستند).

www.SID.ir

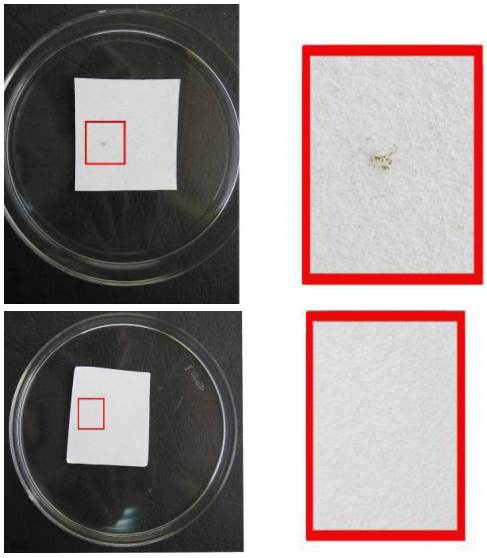
Archive of SID



تصویر ۶. نمودار بررسی میزان مقاومت کششی نمونه‌ها

جدول ۱. تعداد قارچ شمارش‌شده در هر نمونه

Number of fungi in sample coated box	Number of fungi in sample ordinary box	Time (day)
–	–	5
–	$5/3\times10^{1}$	15
$3/5\times10^{1}$	$9/5\times10^{2}$	30
3×10^{3}	2×10^{4}	45



تصویر۷. نمونه کاغذ موجود در محفظه معمولی (بالا) و محفظه لایه‌نشانی‌شده (پایین)

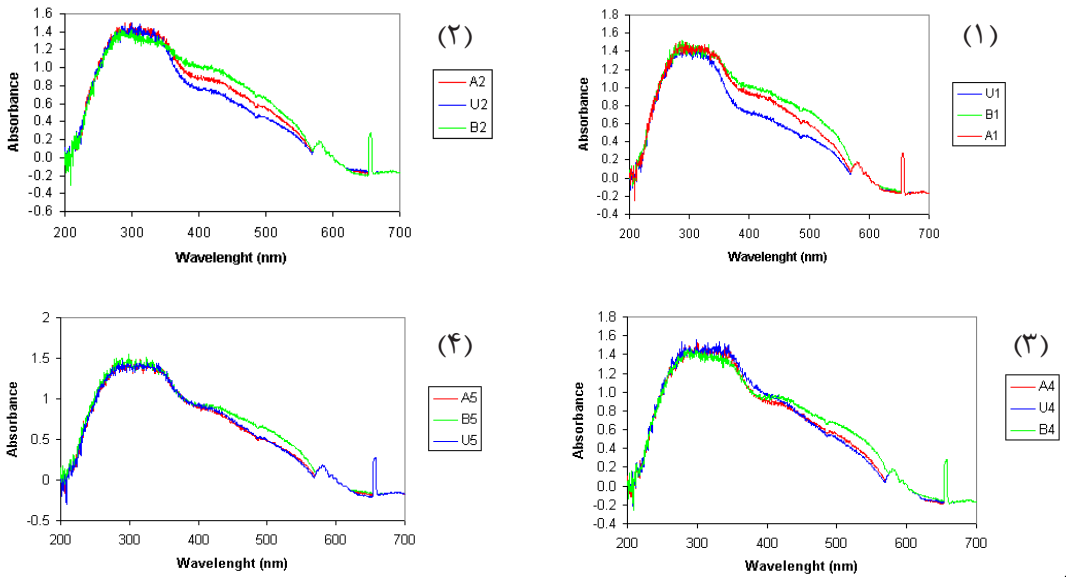
جدول(۱) تعداد قارچ شمارش‌شده در هر نمونه را در دوره‌های زمانی مشخص برای هرکدام از نمونه‌ها نشان می‌دهد.

تصویر(۷) رشد قارچ را در نمونه کاغذ مربوط به محفظه لایه‌نشانی‌شده و معمولی پس از گذشت ۴۵ روز نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل نشان داده شده است، رشد قارچ در نمونه معمولی به‌صورت آشکار مشاهده می‌شود، درصورتی‌که در نمونه مربوط به محفظه لایه‌نشانی‌شده هیچ اثری از رشد قارچ روی کاغذ به‌صورت بصری دیده نمی‌شود.

براساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان کرد که نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم لایه‌نشانی‌شده بر سطح محفظه در کاهش سرعت رشد قارچ مؤثر بوده اما جلوی رشد قارچ را نگرفته است.

تصویر(۸) طیف‌های UV-VIS گرفته‌شده از نمونه‌های کاغذ قرارگرفته در معرض نور UV را در زمان‌های مشخص‌شده، برای محفظه معمولی و محفظه لایه‌نشانی‌شده نشان می‌دهند.

پیکی که در ناحیه ۴۰۰-۵۰۰ نانومتر ظاهر شده، مربوط به رنگ روناس است (عدد دقیق آن از طیف روناس به‌دست آورده شده است). مقایسه نمونه‌ها درطی ۲ ساعت



تصویر۸. طیف UV-VIS نمونه‌ها پس از ۲ ساعت (۱)، ۴ ساعت (۲)، ۶ ساعت (۳) و ۷ ساعت (۴)
U): نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه UV، A: نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه معمولی، B: نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه لایه‌نشانی‌شده)

www.SID.ir

Archive of SID

نشان می‌دهد که سرعت رنگ‌پریدگی (کاهش جذب نور در ناحیه ۴۰۰-۵۰۰) در نمونه بدون محفظه بسیار بیش‌تر بوده و در مقایسه محفظه‌ها، محفظه لایه‌نشانی‌شده رنگ‌پریدگی کمتری داشته است اما باگذشت زمان، میزان رنگ‌پریدگی نمونه بدون محفظه و محفظه معمولی برابر می‌شود و این نشان می‌دهد که درزمان طولانی عملاً محفظه معمولی نقش حفاظتی چندانی دربرابر رنگ‌پریدگی ندارد و تأثیر آن فقط در زمان‌های کوتاه است. اما تا زمان پایانی آزمایش (۷ساعت)، هم‌چنان میزان رنگ‌پریدگی در نمونه محفظه لایه‌نشانی‌شده کمتر است.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های پیرسازی، نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه لایه‌نشانی‌شده اکسیداسیون کمتری نشان میدهند و از مقاومت کششی بالاتری نسبت به نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه معمولی برخوردارند. هم‌چنین، سرعت رشد قارچ در نمونه‌های کاغذ موجود در این محفظه‌ها نسبت به محفظه‌های معمولی پس از گذشت زمان‌های درنظر گرفته‌شده، کمتر است و تعداد قارچ کمتری روی این نمونه‌ها وجود دارد. دراثر پیرسازی نوری نیز نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه لایه‌نشانی‌شده بسیار کمتر از نمونه‌های کاغذ موجود در محفظه معمولی دچار رنگ‌پریدگی می‌شوند و میزان رنگ‌پریدگی این نمونه‌ها به‌مراتب کمتر از نمونه‌های موجود در محفظه معمولی است. با توجه به تأثیر مثبت نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم موجود در محفظه‌های لایه‌نشانی‌شده درمقابل آسیب‌های محیطی مختلف، از این روش می‌توان به‌خوبی در حفاظت و نگهداری آثار کاغذی بهره جست.

سپاسگزاری

نگارندگان در پایان از زحمات دکتر محمدمهدی باقری محققی، عضو هیئت علمی دانشگاه علوم‌پایه دامغان، مهندس رضایی، مسئول آزمایشگاه میکروسکوپ الکترونی دانشگاه تربیت‌مدرس، خانم فهیم‌دخت مختاری و خانم بهزادی کارشناسان مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، خانم حسن‌نژاد کارشناس امور پژوهشی مرکز پژوهشی علوم و فناوری نانو و سایر کارشناسان و همکاران محترم در اداره کل حفاظت و نگهداری سازمان اسناد و کتابخانه ملی که در به‌ثمررسیدن این پژوهش نقش مؤثری داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایند.

پی‌نوشت

۱ منظور از آثار کاغذی، کلیه آثار تاریخی، فرهنگی و هنری است که روی کاغذ شکل گرفته‌اند. این آثار شامل کتب، نسخ خطی، مینیاتورها، مرقعات، انواع آثار نقاشی روی کاغذ (آبرنگ، گواش، رنگ‌وروغن، پاستیل و زغال)، تصاویر، عکس‌ها، مدارک آرشیوی، اسناد، تمبرها و قطعات خوشنویسی می‌شود.

2- Rutile
3- Anatase
4- Brookite
5- Coating
6- Self Cleaning
7- Sol-gel

www.SID.ir

Archive of SID

۸- spray pyrolysis : روش اسپری پیرولیز، روشی متداول و ساده برای تهیه لایه‌های نازک و ضخیم اکسیدها و برخی از ترکیبات دوتایی و سه‌تایی نیمه‌رساناها، مواد مغناطیسی و ابررساناهاست. لایه‌های تهیه‌شده به این روش ساختاری بلوری دارند همراه با رسانایی الکتریکی و شفافیت اپتیکی بالا. مواد اولیه این روش، مواد شیمیایی (نمک‌های مناسب) محلول، سل یا سوسپانسیون هستند. به‌طور کلی در این روش، محلولی شیمیایی با ترکیب معدنی یا آلی-فلزی تهیه و روی یک زیرلایه (بستر) داغ اسپری می‌شود و درنتیجه با انجام یک واکنش شیمیایی در سطح زیرلایه، لایه نازکی از مواد ترکیبی تهیه می‌شود.

9- Substrate

10- Tensil strength

۱۱- روش تهیه این محیط کشت بدین‌صورت است که ۶/۵ گرم Sabouraud- 4% Dextrose- Agar را در یک لیتر آب‌مقطر حل می‌کنند و حرارت می‌دهند تا به نقطه جوش برسد. سپس، آن را داخل اتوکلاو به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱/۵ اتمسفر استریل می‌کنند و در پلیت‌های استریل‌شده یک‌بار مصرفی که توسط اشعه گاما استریل شده باشد، می‌ریزند و در دمای محیط قرار می‌دهند تا حالت ژله‌ای به‌خود بگیرد و پس از آن در داخل یخچال قرار می‌دهند.

12- Duplicate

13- Yeast extract Glucose Chloramthenicol Agar

14- Colony Forming Unit (CFU)

منابع

- احمدی‌مقدم، حسن. جزایری، حمید و یاغچی‌سقاخانه، ریحانه(۱۳۸۷). *«تولید دی‌اکسید تیتانیوم با ساختار بلوری آناتاز با روش سولفات به‌عنوان عامل اپک‌کننده لعاب». علوم و فناوری رنگ*، (۲)، ۹۵-۱۰۱.
- لیه‌ناردی، آن و وان‌دم، فیلیپ(۱۳۷۶). *راهنمای حفاظت نگهداری و مرمت کاغذ*. ترجمه ابوالحسن سروقد مقدم، مشهد: بنیاد پژوهش‌های اسلامی.
- نجفی‌پور، فرزین(۱۳۸۷). *تیتانیوم*. بازیابی‌شده در تاریخ ۱۵ مهر ۱۳۸۸، http://www.maximumtechnic.com/index.php?pid=2&op=2&id=1037 .
- نوری، حسین(۱۳۸۷). *نتایج حاصل از کاربرد نانوفناوری در صنعت تولید شیشه*. بازیابی‌شده در تاریخ ۱۲ مرداد ۱۳۸۸، http://www.andishehgostar.com/paper.aspx?ID=240

- Baorang, Li. Wang, X. Yan, M.& Li, L. (2002). «Preparation and Characterization of Nano- TiO_2 Powder". Mater. Chem. Phys, Vol. 78: 184–188.
- Benabbou, A. Derriche, Z. Felix, C. Lejeune, P.& Guillard, C. (2007). "Photocatalytic inactivation of Esherischia coli Effect of Tio_2 and microorganism, nature and intensity of UV irradiation". Applied Catalysis, Vol. 78: 257-263.
- Chabas, A. Lombardo, T. Cachier, H. Pertuisot, M.H. Oikonomou, K. Falcone, R. Verita, M.& Geotti, B.F. (2008). "Behaviour of self-cleaning glass in urban atmosphere", Building and Environment, Vol. 43: 2124–2131.
- Colón, G. Hidalgo, M.C.& Navıo, J.A. (2002). "A Novel Preparation of High Surface Area TiO2 Nanoparticles from Alkoxide Precursor and Using Active Carbon as Additive". Cata Today, Vol. 76: 91–101.
- Daoud, W.A.& Xin, J.H. (2004). «Low Temperature Sol-Gel Processed Photocatalytic Titania Coating". Sol-Gel Science and Technology, Vol. 29: 25–29.
- Fujishima, A. Hashimoto, K. & Watanabe, T. (1999). TiO2 Photocatalysis; Fundamentals and Applications. Tokyo, Japan: Best Knowledge Center (BKC).
- Gao, Y. Musoda, y. Seo, W.S. Ohta, H. & Koumoto, K. (2004). "TiO2 Nanoparticles Prepared Using an Aqueous Peroxotitanate Solution". Ceramics International, Vol. 30: 1365–1368.
- Kuhn, K.P. Chaberny, I.F. Masholder, K. Stickler, M. Benz, V.W. Sonntag, H.G.& Erdinger, L. (2003).

www.SID.ir

Archive of SID

"Disinfection of surfaces by photocatalytic oxidation with titanium dioxide and UVA light". Chemosphere, Vol. 53, No. 1: 71– 77.

- Makowski, A. & Wardas, W. (2001). Photocatalytic "degradation of toxins secreted to water by cyanobacteria and unicellular algae and photocatalytic degradation of the cells of selected microorganisms". Current Topics in Biophysics, Vol. 25, No. 1: 19- 25.
- Mansor A.b. & Ismail A.b. (2003). «Preparation of Titanium Dioxide Thin films by Sol gel dip coating method». Malaysian Jornal of Chemistry, Vol.5, No.1: 086-091.
- May, E. & Jones, M. (2006). Conservation Science Heritage Materials. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Mellott, N. P. Durucan, C. Pantano, C.G. & Guglielmi, M. (2006). "Commercial and laboratory prepared titanium dioxide thin films for self-cleaning glasses: Photocatalytic performance and chemical durability". Thin Solid Films, Vol.502: 112 - 120.
- Robinson, J. & Pardoe, T. (2000). An Illustrated Guide to theCare of Costume and Textile Collections. Scottish Museuem Council, Museums & Galleries Commission. London: MGC Publications.
- Sankapal, B.R. Sartale, S. & Ennaoui, A. (2006). "Chemical and Electrochemical Synthesis of Nanosized TiO2 Anatase for Large-Area Photon Conversion". C. R. Chimie, Vol. 9: 702–707.
- Wong, Y.W.H. Yuen, C.W.M. Leung, M.Y.S. Ku, S.K. & Lam, H.L.I. (2006). "Selected Applications of nanotechnology in textiles". Autex Research Journal, Vol.6, No 1: 1-8.
- Xin, J.H. Daoud, W.A. & Kong, Y.Y. (2004). "A New Approach to UV-Blocking Treatment for. Cotton Fabrics". Textile Research Journal, Vol.74: 97-100.
- Xiujian, Z. Zhao, Q. Yu, J. & Li, B. (2008). "Development of multifunctional photoactive self-cleaning glasses". Journal of Non-Crystalline Solids, Vol. 354: 1424-1430.
- Zhu, H.Y. Lan, Y. Gao, X. P. Ringer, S.P. Zheng, Z.F. Song, D.Y.& Zhao J.C. (2005). "Phase transition between nanostructures of titanate and titanium dioxides via simplewet-chemical reactions". J. Am. Chem. Soc. Vol. 127: 6730-6736.

www.SID.ir

Archive of SID

Maremat-e Asar & Baft-haye Tarikhi-Farhangi
Biannual, Vol.2.No.3.spring & summer 2012
3

Receive date: 2011/11/16
Admission date: 2012/07/09

Titanium Dioxide Nanoparticles: Study of Protective Effects on the Display and Storage Boxes

Mohammad Hadadi* **Maryam Afsharpour**** **Abbas Abed Esfahani*****

Abstract

Protection and preservation of paper works against damaging factors is very important and essential. Due to the unique properties of titanium dioxide nanoparticles against damaging factors, these particles are used for multi-protection and keeping safe of paper works. For this purpose, first, titanium dioxide nanoparticles are synthesized and coated to the surface of glass. Then, a box prepared by using these coated glasses for investigating the protecting effects of coated glasses, and the results of this coated box are compared with those of uncoated glass box as a blank. Filter paper (*Whatman*®) is used for these experiments in both boxes. The results of thermal, light and biological aging tests have proved that paper samples in the coated box show more tensile strength and less oxidation rate. Also, the discoloring rate in coated box for colored papers was much less than uncoated ones. And the biological test results show decreasing of fungus growth in the coated box.

Due to these results, it can be said that titanium dioxide nanoparticles have an appropriate performance to reduce different environmental damaging factors as well as maintain historical paper works well.

Keywords: paper works, protection, preservation, storage boxes, titanium dioxide, nanoparticle

* MA, Restoration Faculty, Art University of Isfahan.

** Assistant Professor, Institute of Chemical & Engineering, Iran.

*** PhD Candidate, Restoration Faculty, Art University of Isfahan.

www.SID.ir