دوفصلنامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی
Bi-annual Journal of Restoration Science and Cultural Heritage
http://www.aui.ac.ir/index.php/fa/rsch

درمان با اکسیژن اتمی، روشی به‌منظور احیا نقاشی‌های آسیب‌دیده با استفاده از دود[1]

شارون راتلج، بروس بانکس، مارک فورکاپا، توماس استوبر، ادوارد سچیکار، کوین مالینووسکی

مترجم: هومن بخشایی

کارشناسی ارشد مرمت اشیا فرهنگی و تاریخی؛ دانشگاه هنر تهران، دانشکده باغ ملی

مکاتبات:Hoomanbakhshaee@gmail.com

چکیده

در این مقاله به شرح روش غیر تماسی پرداخته شده که به‌واسطه اکسیژن اتمیِ که تحت فشار پایین در حضور نیتروژن تولید می‌شود، به‌منظور پاکسازی دوده و ورنی سوخته از روی سطوح نقاشی‌ها استفاده می‌کند. این فرآیند که شامل اکسیداسیون سطوح است، به مرمت‌گر امکان کنترل میزان برداشت لایه‌ی چرکی تشکیل شده بر سطح را می‌دهد. اثربخشی این روش به‌واسطه سنجش انعکاسی از سطوح انتخابی در زمان پاکسازی دوده از بستر آکریلیک، جوهر از سطح کاغذ، لایه‌های رنگِ‌روغن ورنی دار ارزیابی شده است. روش درمانی مناسبِ لایه دوم، شامل حذف ورنی آسیب‌دیده و بست رنگ از سطوح است.

واژگان کلیدی: اکسیژن اتمی، درمان، تمیزکاری، آسیب، ورنی نقاشی.

Atomic Oxygen Treatment as a Method of Recovering Smoke Damaged Paintings

Sharon K. Rutledge and Bruce A. Banks, Mark Forkapa, Thomas Stueber and Edward Sechkar, Kevin Malinowski

Translated to Farsi by: Bakhshaee Hooman

Abstract

The noncontact technique that is described uses atomic oxygen, generated under low pressure in the presence of nitrogen, to remove soot and charred varnish from the surface of a painting. The process, which involves surface oxidation, permits control of the amount of surface material removed. The effectiveness of the process was evaluated by reflectance measurements from selected areas taken during the removal of soot from acrylic gesso, ink on paper, and varnished oil paint substrates. For the latter substrate, treatment also involved the removal of damaged varnish and paint binder from the surface.

Kay words: Atomic Oxygen, Treatment, Cleaning, Damage, Paint Varnish

(این مقاله ۱۲ صفحه است)

۱- مقدمه

مطالعات در ارتباط با روش درمانی از طریق اکسیژن اتمی ، با مطرح شدن پرسش‌هایی توسط گروه حفاظت از موزه هنر کلیولند، درباره‌ی فناوری‌های در دسترس ناسا به‌منظور حذف ورنی اورتان، آغاز گردید. ارائه نتایج حاصل با حذف انواع مختلفی از ورنی و بحث‌وگفتگو با حفاظتگرانی از سازمان‌های دیگر، منجر به بررسی روشی جهت از بین بردن دوده و خاکستر از سطح نقاشی‌ها و دیگر سطوح هنری گردید. حفاظتگران بر این باور بودند که این دست از پاکسازی ممکن است به‌دلیل الزام استفاده از ابزارهای کمکی با مشکلاتی روبه‌رو شود.

اکسیژن اتمی در ارتفاعاتی از جو زمین، محلی که ماهواره‌ها به‌طور معمول می‌چرخند، وجود دارد. اکسیژن اتمی با پوشش‌های سطوحِ حاوی کربن، وارد واکنش شیمیایی می‌شود (Banks et al. 1988 ؛ Banks and Rutledge,1988). این واکنش کربن را به مونوکسید کربن و مقداری دی‌اکسید کربن تبدیل می‌کند. اگر سطح شامل پیوندهای کربن ـ هیدروژن باشد، بخار آب محصول جانبی واکنش خواهد بود. با توجه به ساختار شیمیایی مواد، واکنش می‌تواند از طریق حذف اتم هیدروژن، اضافه شدن اکسیژن برای تشکیل رادیکال ناپایدار پس از حذف اتم هیدروژن انجام می‌گیرد، درج اکسیژن در داخل پیوند H-C و جایگزینی با تشکیل رادیکال‌های آلکوکسی ادامه یابد (Banks and Rutledge 1988; Dever 1991). بیشتر محصولات واکنش گونه‌های فرار هستند. میزان واکنش‌پذیری بسته به خاصیت شیمیایی سطح، آرایش اتمی، دما، انرژی اتم‌های اکسیژن و وجود الکترون‌ها و گونه‌های دیگر متفاوت خواهد بود. موادی که در حالت اکسیداسیون بالا قرار دارند مانند اکسیدهای فلزی، توسط اکسیژن اتمی تحت تأثیر قرار نمی‌گیرند.

در صورتی‌که مواد آلی ضروری به‌منظور انجام فعالیت ماهواره‌ای حذف شوند، قرار گرفتن در معرض اکسیژن اتمی می‌تواند به ماهواره آسیب برساند. با توجه به اهمیت مسئله و نیاز به انجام آنالیز، راه‌حل‌های بالقوه به‌منظور حفاظت از سطوح در برابر واکنش، امکاناتی برای تولید اکسیژن اتمی بر روی زمین توسعه یافته‌اند (Banks et al. 1989 ؛Banks and Rutledge 1988). فرکانس رادیویی و تابش ریزموج یا بمباران الکترونی برای تفکیک مولکول اکسیژن به اکسیژن اتمی استفاده شده است. این اتم‌ها را می‌توان به‌صورت جریانی ملایم گاز روی یک سطح هدایت کرد و یا سطح را می‌توان در داخل اکسیژن اتمی گازی قرار داد.

قرار گرفتن در معرض این اتم‌ها به طور معمول در محفظه‌ای خلأ که در آن فشار می‌تواند از ۱.۳ × ۱۰-۴ پاسکال (۱.۹۳ × ۱۰-۸ فشار psi) به ۱۳.۳ پاسکال (۱.۹۳ × ۱۰-۳ فشار psi) بسته به فرآیند تفکیک تغییر کند، استفاده می‌شود. این شرایط به‌عنوان یک خلأ سخت تعریف شده و فقط به یک پمپ خلأ مکانیکی نیاز دارد تا نتیجه مطلوب را به‌دست دهد. واکنش اکسیژن اتمی به سطح محدود است، زیرا اتم‌های اکسیژن واکنش‌پذیری بالایی داشته و معمولاً با آن‌چه که به‌طور مستقیم در مسیر خود قرار داشته باشد در برخورد اول یا دوم با آن واکنش می‌دهند. نوترکیبی به‌صورت اکسیژن مولکولی نسبتاً غیرفعال با برخوردهای متعدد محتمل‌تر می‌شود، بنابراین واکنش‌ها در عمق لایه بسیار نادر است، مگر آنکه تعداد بسیاری از منافذ بزرگ باز، مستقیم در عمق ماده گسترش یابند.

استفاده از اکسیژن اتمی به‌منظور پاکسازی نقاشی روشی مطلوب است، چراکه فرآیند بدون تماس مکانیکی در فاز گاز انجام می‌گیرد و واکنش محدود به سطح موردنظر است که خطر آسیب رساندن به رنگ یا کرباس را کاهش می‌دهد. نشان داده شده است که روش پاکسازی اکسیژن اتمی برای از بین بردن دوده از بخش‌های کوچک کرباس، سطح پوشیده از بستر آکریلیک و نقاشی رنگ روغن بدون ورنی مؤثر بوده است (Banks and Rutledge 1996). این مقاله به بررسی کارایی روش پلکسازی اکسیژن اتمی در از بین بردن دوده از سطح پوشیده از بستر آکریلیکی، جوهرِ سطح کاغذ، دوده و بست رنگ آسیب‌دیده در اثر حرارت و ورنی از روی نقاشی رنگ روغن می‌پردازد. این فرآیند که توسط ناسا ثبت شده است، به‌عنوان روش جایگزین با روش‌های معمول نیست، اما می‌توان آن را به‌عنوان راهکاری در زمانی که روش‌های معمول مؤثر نیستند، مورد استفاده قرار داد(Banks and Rutledge 1996).

۲- روش کار

۲-۱- آزمایش مواد

بوم آماده نقاشی که قابل خرید است (بوم پنبه، پوشیده با بتونه آکریلیک حدود ۹۰ × ۱۲۰ سانتی‌متر) به‌منظور انجام آزمون‌های اولیه سیستم درمان اکسیژن اتمی به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. چهارچوب، بالای شعله یک شمع مومی نگاه داشته شد، سپس شمع در زیر چهارچوب به جلو و عقب حرکت داده شد تا در هر دو سطح بوم رگه‌های دوده ایجاد شود. دو اثر هنری که در اثر آتش آسیب‌دیده بودند نیز در آزمایش روش اکسیژن اتمی مورد استفاده قرار گرفت.

اولین اثر طراحی جوهر روی لیچتنستون[۲] (تولد، ۱۹۲۳) روی کاغذ (بدون عنوان، انتزاعی سال ۱۹۵۰، حدود ۲۱.۶ × ۲۷.۹ سانتی‌متر) بود. این کار به‌شدت در اثر دود آسیب‌دیده بود و تا حدی در اثر حرارت آتش تجزیه شده بود. آزمایشگاه حفاظت هنرهای زیبا مک کی لودج[۳] در اوهایو، اوبرلین، ابتدا اثر را پس از غوطه‌وری در محلول بروهیدرید سدیم (<۱٪ v / v)، به‌مدت چند ساعت به حالت شناور در آب قلیایی (۸.۰ :pH آمونیوم هیدروکسید) شست‌وشو داد؛ اما این فرآیندها آثار مثبت کمی روی ظاهر طراحی شده اثر داشتند.

کار دوم یک کپی از نقاشی رافائل (۱۴۸۳-۱۵۲۰) با موضوع حضرت مریم بانوی گراندوکا بود. این اثر، توسط بیانچنی[۴] از استودیو ویاله پترارکا[۵] در فلورانس ایتالیا نقاشی شده بود و در کلیسای سنت آلبن[۶] در کلیولند نمایش داده می‌شد تا زمانی که حادثه آتش‌سوزی کلیسا را در ماه ژوئن سال ۱۹۸۹ نابود کرد. این نقاشی برای درمان به موزه کلیولند هنر داده شد. نقاشی مریم، نقاشی رنگ و روغن با لایه‌ی ورنی در حدود ۷۴.۳ × ۷۴.۳ سانتی‌متر، به‌شدت در اثر دود آسیب‌دیده و تا حدودی سوخته بود. بخشی از نقاشی در همان ابتدا در موزه با استون، سپس با کلرید متیلن و برخی از حلال‌های اضافی تحت درمان قرار گرفت. مقداری از دوده و ورنی با این روش‌ها برداشته شده بودند، با این‌حال سطح اثر تیره ماند و جزئیات به‌سختی قابل تشخیص بودند. نقاشی مریم غیرقابل درمان به نظر می‌رسید و برای آزمودن روش درمانی اکسیژن اتمی اهدا شد.

۲-۲- دستگاه پاکسازی اکسیژن اتمی

پاکسازی اشیای آزمایشی در یک محفظه خلأ بزرگ انجام شد که ظرفیت نگه‌داری یک نقاشی کشیده شده روی چهارچوب تقریباً ۱.۵ × ۲.۱ متر را داشت. اتاق خلأ تنها به‌منظور نگاه‌داشتن نقاشی طراحی نشده بود، اما برای جای دادن نقاشی‌هایی به این ابعاد در حالت عمودی و آویزان مناسب بود.

خلأ در محفظه توسط پمپ خلأ مکانیکی معمولی ایجاد می‌شد که می‌توانستند از آن بهره گیرند، اما برای این آزمون استفاده نشد. تغییرات فشار در حین درمان از ۰.۱۳ پاسکال (۱.۹۳ × ۱۰-۵ فشار psi) تا ۰.۶۶۷ پاسکال (۹.۶۷ × ۱۰-۵ فشار psi) تغییر می‌کند. دو صفحه موازی آلومینیومی بزرگ در داخل اتاق به‌عنوان الکترود برای ایجاد اکسیژن اتمی از طریق تحریک فرکانس رادیویی (RF) استفاده می‌شود. صفحه‌ای به یک منبع تغذیه RF که توسط شرکت عامل محصولات برق RF تولید شده، متصل شده است که با ولتاژ حدود ۴۰۰ وات کار می‌کند؛ صفحه دوم متصل به زمین است. از صفحه زمینی چند پیچ و مهره خارج شده‌اند که می‌توان اشیاء آزمایشی به‌منظور پاکسازی، مستقیماً یا به کمک سیم مناسب از آن‌ها آویزان نمود. چون اشیا به حالت آویزان قرار دارند، صفحه زمینی در تماس با پشت جسم است، در نتیجه در طول پاکسازی از پشت اثر رادر برابر اکسیژن اتمی محافظت می‌کند. ورودی کنترل شده‌ای از هوا در نسبتی بین ۵۰ و ۲۸۰ سانتی‌متر مکعب استاندارد در هر دقیقه به اتاق وارد می‌شود که اکسیژن اتمی را تولید می‌کند. ولتاژ نوسانگر با فرکانس رادیویی بین دو صفحه، باعث تفکیک مولکول‌های اکسیژن و نیتروژن موجود در هوا به گونه‌های اتمی می‌شود؛ همچنین تخلیه‌ی پلاسما با نور صورتی بین صفحات ایجاد می‌شود. دریافته‌اند که نیتروژن اتمی در حذف کربن تأثیری ندارد و تا به امروز اثر زیان‌آوری مانند تغییر در رنگ، در اشیای آزمون به دلیل حضور آن مشاهده نشده است. تایمر کنترل‌کننده‌ای که به‌صورت خودکار عمل می‌کند، توسط ناسا طراحی و ساخته شده، به سیستم اجازه می‌دهد تا فرآیند پاکسازی بدون مراقبتی در یک بازه زمانی مشخصی ادامه یابد و اگر اشکالی در خلأ، آب خنک کننده به پمپ و منبع تغذیه و یا در شدت پلاسما شناسایی شود به‌نوبه‌ی خود سیستم را خاموش می‌کند.

۲-۳- نظارت و ارزیابی

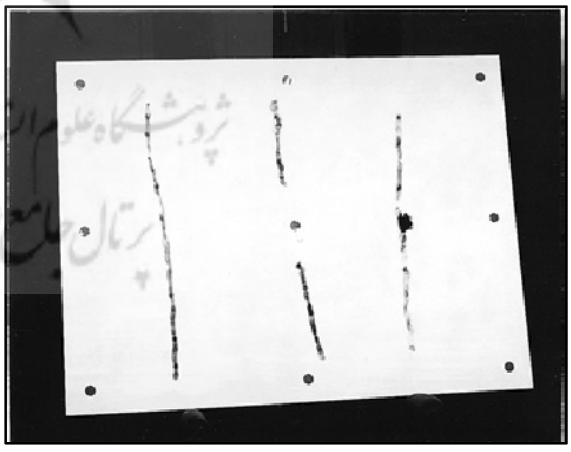
جهت نظارت و ارزیابی روند درمان، بوم از اتاق خلأ برداشته شده و اندازه‌گیری بازتاب منتشر از بخش‌های انتخاب شده از اشیای آزمون در هوای باز به‌طور متناوب طی فرآیند پاکسازی انجام می‌گرفت. نور میکروسکوپ هالوژنی کوارتز با شدت حداکثر، با درجه حرارت رنگ ۳۲۰۰ کلوین (نقطه سیاه اوج طول موج ۹۰۰ نانومتر)، در پرتو آلومینیوم به کار گرفته شده بود، به‌نحوی که نور می‌توانست با زاویه‌ی تقریباً ۴۵ درجه به سطح یک نقاشی برخورد کند. یک آشکارساز فوتودیود در نزدیکی منبع نور قرار داده شده بود. تجهیزات برای به حداقل رساندن اثرات نور سرگردان، در یک اتاق تاریک قرار داده شدند. بازتاب از یک اسلاید شیشه‌ای پوشش داده شده با اکسید منیزیم برای تصحیح داده‌ها از آشکارساز استفاده می‌شد تا تغییرات در شدت منبع نور بین اندازه‌گیری‌ها از بین ببرند. قطر محلی که می‌توانست روشن شود در حدود ۱.۹۱ سانتی‌متر بود، بنابراین لازم بود مناطقی از اشیای آزمون انتخاب شوند که در خارج از این محدوده، یکنواخت بودند و پتانسیل را برای بیشترین تغییر (بیشترین کنتراست) طی فرآیند پاکسازی داشتند. در این

روش، نقطه پایان پاکسازی را می‌توان با تشخیص تثبیت سیگنال نور منعکس شده که نمایانگر آن است که هیچ تغییر دیگری اتفاق نخواهد افتاد، تعیین کرد.

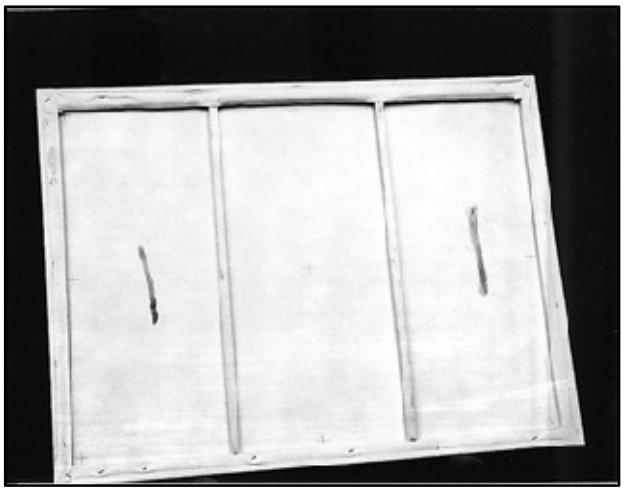
۳- نتایج و بحث

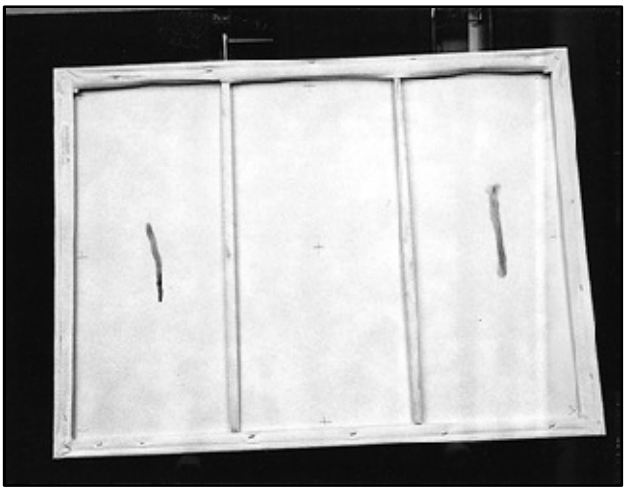
۳-۱- پاک کردن رگه دود از سطح پوشیده از بتونه

اولین آزمون قابلیت درمان در محدوده‌ی گسترده روی بوم آماده که جلو و پشت آن با دوده‌ی شعله شمع مومی که به روش شرح داده شده در بخش ۲.۱ خاکستری شده بود؛ انجام گرفت. شکل ۱الف جلوی بوم پرداخته شده با رگه دود را قبل از قرار گرفتن در معرض اکسیژن اتمی نشان می‌دهد. پس از حدود ۱۴ ساعت پاکسازی با اتم اکسیژن، همان طور که در شکل ۱ب در نشان داده شده است، رگه‌های دود به‌طور کامل از سطح بتونه حذف شدند. پشت بوم دست نخورده باقی ماند، همان طور که عکس‌های مقایسه‌ای از پشت بوم در شکل‌های ۲الف و ۲ب نشان داده شده است. این نتیجه توانایی سیستم را از نظر حذف یکنواخت دوده از یک منطقه بزرگ نشان داد و تأیید کرد که نزدیکی پشت بوم به صفحه مانع از رسیدن اکسیژن اتمی به پشت آن می‌شود. قرار دادن بوم به‌طور مستقیم در معرض اکسیژن اتمی در مدت بیش از حد طولانی می‌تواند باعث انقباض و سست شدن بوم شود. در صورتی‌که از رسیدن اکسیژن اتمی طی پاکسازی محافظت نشود، نتایج مخرب آن را می‌توان در بوم‌های بدون بتونه که برای مدت طولانی در معرض پرتو بودند، مشاهده نمود. پاکسازی نوری چهارچوب و پشت بوم را می‌توان با قرار دادن کوتاه مدت در معرض اکسیژن اتمی در آغاز پاکسازی سطح بتونه‌دار و رنگ‌آمیزی شده انجام داد. با حرکت دادن چهارچوب به دور از صفحه زمینی به‌طوری که شکافی بزرگ‌تر از ۳ سانتی‌متر بین چهارچوب و صفحه ایجاد شود، پاکسازی را می‌توان انجام داد.



شکل ۱الف (راست). سطح بسترسازی شده نمایانگر رگه‌های دوده شمع قبل از پاکسازی با اکسیژن اتمی است. دایره‌های کوچک روی بوم دیسک‌های پلیمری هستند که به‌منظور اندازه‌گیری مقادیر دریافت اکسیژن اتمی استفاده شدند. **شکل ۲الف (چپ)**. سطح بسترسازی شده بعد از پاکسازی

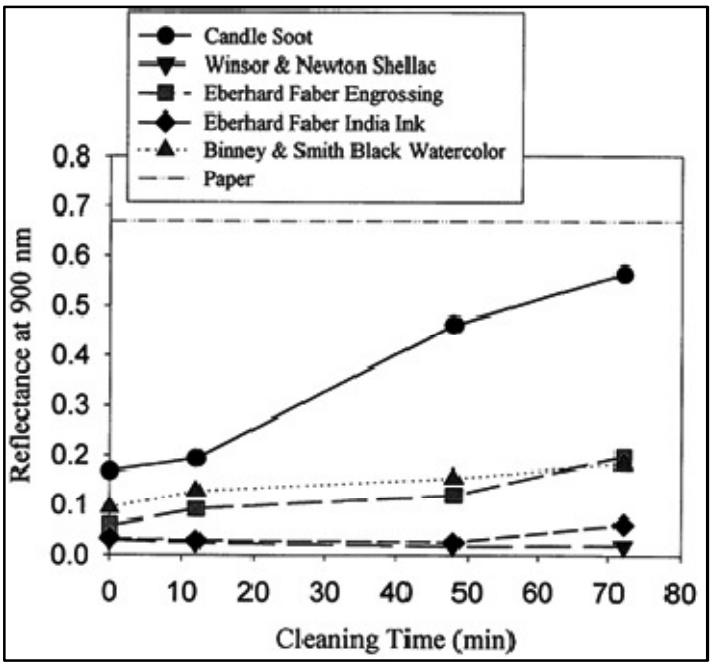




شکل ۱الف (راست). پشت بوم نمایانگر رگه‌های دوده شمع قبل از پاکسازی با اتم اکسیژن. **شکل ۲ب (چپ)**. پشت بوم نمایانگر رگه‌های شمع پس از پاکسازی. پشت بوم طی پاکسازی در برابر صفحه زمین بود که از آن حفاظت می‌شد.

۳-۲- پاکسازی طراحی با جوهر روی کاغذ روی لیچتنستون

طراحی لیچتنستون برای آزمون به دلایلی، بسیار دشوار بود. جوهر سیاه به‌طور معمول حاوی رنگدانه کربن است، در نتیجه این مهم که آیا فرآیند پاکسازی می‌تواند ترجیحاً دوده را بدون از بین بردن جوهر حذف کند، مشخص نبود. همچنین، با توجه به وجود شواهد، زرد شدگی، قهوه‌ای شدن و افزایش شکنندگی، به نظر می‌رسید که کاغذ دچار آسیب ناشی از حرارتی شده است؛ بنابراین، حذف این آسیب از کاغذ بدون تضعیف آن، احتمالاً با مشکلاتی مواجه می‌شد. قبل از اقدام به پاکسازی نقاشی، تعیین این مهم که آیا دوده می‌تواند سریع‌تر از جوهر حذف شود، ضروری بود. به‌منظور آزمایش امکان این موضوع، نوارهایی با عرض ۱.۹ سانتی‌متر از انواع مختلف جوهر و آبرنگ، ذکر شده در شکل ۳، به سطح کاغذ آبرنگ گسترانیده شدند. خط دوده‌ی عریضی در وسط کاغذ تمیز با عبور آن از شعله شمع موم ایجاد شد. بازتاب نوری که توسط لامپ هالوژنی کوارتز ایجاد می‌شد، همان طور که در بخش ۲ و۳ شرح داده شده، از هر نوع ماده طراحی و از دوده شمع در فواصل مختلف طی فرآیند پاکسازی اکسیژن اتمی مورد سنجش قرار گرفت. نمودار نتیجه‌گیری موجود در شکل ۳ نشان می‌دهد که دوده شمع خیلی سریع‌تر از جوهر مورد آزمایش حذف می‌شود و کاغذ پوشیده از دوده به‌سرعت به نزدیکی بازتاب اصلی خود بازگردانده می‌شود، همان طور که با خط تیره و نقطه‌دار مرجع نمایش داده شده است. تمام مواد مورد آزمایش قرار گرفته، مقداری از مواد را پس از حدود یک ساعت آزمون پاکسازی از دست دادند، به‌جز، جوهر با ورنی که به نظر می‌رسد بسیار بادوام است. این جوهر احتمالاً حاوی رنگدانه‌های معدنی که تا حد زیادی سرعت از دست دادن کربن جوهر را در واکنش با اکسیژن اتمی کاهش داده است.

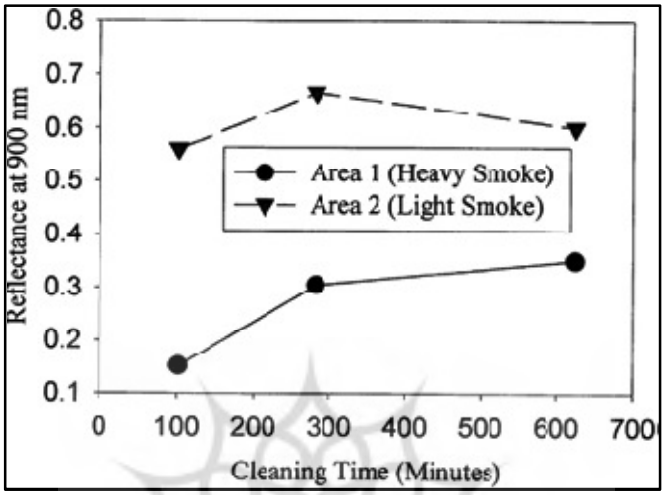


شکل ۳. بازتاب طول موج ۹۰۰ نانومتر از سطح دوده و جوهرهای مختلف برای کارایی پاکسازی اکسیژن اتمی از بُعد زمانی

هر رسوب دوده ناشی شده از آتش با توجه به ماهیت آتش و اشیای گوناگون سوخته در اطراف اثر هنری دارای ترکیب‌های مختلفی خواهد بود؛ بنابراین تعیین دقیق میزان واکنش برای طراحی و یا نقاشی خاص دشوار است. برخی از آزمون‌های دقیق اشیای اطراف آن، از جمله بخشی از قاب، گوشه‌ی نقاشی و سایر عناصر نزدیک، در ارتباط با مدت زمان حذف رسوب دوده تحت شرایط پاکسازی می‌تواند اطلاعاتی به‌دست دهد. در نهایت لازم است همه‌ی قسمت‌های تابلو را به‌جز گوشه‌ی نمایانگر نقاشی پنهان کرد و آن را در معرض اکسیژن اتمی قرار داد. این روش نه تنها تخمینی برای زمان پاکسازی ارائه می‌دهد، بلکه در ارتباط با بی‌خطر بودن روش پاکسازی با اکسیژن اتمی برای رنگ‌دانه‌ها یاری‌بخش است.

از آنجا که نمونه‌های جوهر مورد آزمایش در مقایسه با باور اولیه به اکسیداسیون کمی مقاوم‌تر ظاهر شدند، تصمیم گرفته شد برای اولین بار برای پاکسازی گوشه‌ی طراحی لیچتنستون تلاش کنند؛ برای این‌که مطمئن شوند که آیا کاغذ می‌تواند روشن‌تر شود و همچنین آیا نوع وسایلی که برای این طراحی استفاده شده‌اند می‌تواند بدون اینکه حذف شود تمیز کرد. طراحی لیچتنستون با یک ورق پلی ایمید کاپتون[۷] به ضخامت تقریباً ۰.۰۰۵ سانتی‌متر پوشانده شده بود؛ کاپتون طوری بر روی طراحی گسترانیده شده که یک گوشه‌ی نقاشی نمایان بود، و سپس آن را به حصیر اطراف نقاشی می‌چسباندند. همچنین مایلار[۸] یا دیگر ورق‌های پلیمری می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، در صورتی که نخست آزموده می‌شوند تا از عدم انتقال محصولات واکنش حین اکسیداسیون بر روی سطح نقاشی، اطمینان حاصل شود. پس از پاکسازی اولیه به مدت حدود ۱۲ دقیقه، طی یک بازرسی بصری مقداری روشن‌تر شدگی سطح بدون تأثیر نواحی جوهردار دیده شد. پس از آن پوشش برداشته شد و تمام سطح برای فواصل ۱۲، ۳۰ و ۶۰ دقیقه پاکسازی شد. در این مرحله، پاکسازی متوقف شد به دلیل آنکه به نظر نمی‌رسید که پس‌زمینه کاغذ بتواند بیش‌از این بدون از دست دادن برخی از طرح‌های نازک‌تر جوهر روشن‌تر شود. بنا به درخواست حفاظت‌گر، بخش عمده‌ای از نواحی دارای جوهر پنهان شد و جهت بیشتر روشن کردن کاغذ در گوشه بالا و سمت چپ طراحی تلاش

گردید. این‌بار نیز از پوشش کاپتون استفاده شد، اما لبه‌های پوشش برای ایجاد یک تمیزکاری مرحله‌ای جمع شده تا از ظاهر شدن خطوط مرزی محدوده‌ی پاک شده بر سطح جلوگیری شود. شکل ۴ اطلاعات نور منعکس شده از دو ناحیه بر کاغذها که یکی از آنها با باقیمانده دود کم و دیگری با ته‌نشست بیشتر در حال پاکسازی را نشان می‌دهد. پس از قرار گرفتن به‌مدت ۳۰۰ دقیقه، بهبود قابل‌توجهی در طراحی مشاهده نشد. ناحیه هنوز هم مقداری پراکندگی زرد روشن داشت که احتمالاً به دلیل آسیب حرارتی کاغذ بود. شکل ۵ تصاویری از طراحی لیچتنستون قبل و بعد از پاکسازی با اکسیژن اتمی را نشان می‌دهد.



شکل ۴. بازتاب طول موج ۹۰۰ نانومتر از سطح نواحی دودی رقیق و غلیظ در گوشه‌ی بالا و سمت چپ طراحی لیچتنستون برای کارایی پاکسازی اکسیژن اتمی در واحد زمان.

شکل ۵. نقاشی جوهر روی کاغذ بی‌نام لیچتنستون (a) قبل و (b) بعد از پاکسازی با اکسیژن اتمی

۳-۳- پاکسازی نقاشی حضرت مریم

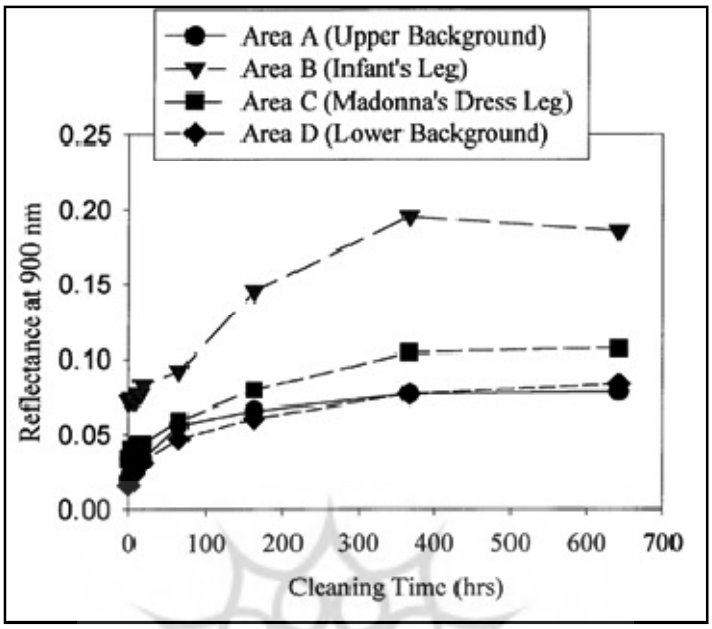
نقاشی حضرت مریم بانوی گراندوکا نوع متفاوتی از چالش را مطرح ساخت (شکل ۶). این کار در اثر دود بسیار غلیظ آسیب‌دیده و همچنین دچار تجزیه حرارتی شده است. نواحی ورنی خورده در ظاهر سوخته

بودند. قبل از درمان، مناطق مختلفی روی نقاشی انتخاب شدند تا نور منعکس شده را در فواصل انتخابی طی روند پاکسازی به‌منظور تعیین نقطه پایان فرآیند درمان اندازه‌گیری کنند. نواحی پس‌زمینه‌ی بالا و پایین انتخاب شدند، به‌این دلیل که می‌باید نسبتاً تاریک و بعد از پاکسازی تقریباً در همان حالت باقی می‌ماندند. پوشاک مریم به دلیل آن‌که باید برای سطح بالاتری از بازتاب نسبت به پس‌زمینه، پاک شود، انتخاب شد. انتظار می‌رفت بزرگ‌ترین تضاد بین قطعه درمان نشده و درمان شده، نور منعکس شده از پای نوزاد باشد. پاکسازی زمانی کامل می‌شود که تغییری در نور منتشر منعکس شده از این سطوح دیگر قابل اندازه‌گیری است.

شکل ۶. نقاشی حضرت مریم بانوی گراندوکا (a) قبل و (b) بعد از پاکسازی با اکسیژن اتمی

شکل ۶ حاوی داده‌های نور منعکس شده از نقاشی مریم به‌عنوان کارایی پاکسازی در زمان است. پس از حدود ۳۵۰ ساعت، بیشتر ورنی تیره شده از سطح برداشته شد؛ اما هنوز برخی از رگه‌های نازک بر سطح وجود داشت. اغلب این رگه‌های تیره پس از گذشت حدود ۶۰۰ ساعت از درمان برداشته می‌شد. پیشرفت درمان تا بست هدایت شد تا قسمت آسیب‌دیده تا حد امکان حذف شود. این میزان از پاکسازی برای این نقاشی، به دلیل ماهیت خسارت شدید آتش و تمایل صاحبان اثر به بازگرداندن رنگدانه‌ها تا حد ممکن به سطح، انتخاب شد. برای به حداقل رساندن و یا جلوگیری از حذف بست، روند پاکسازی به‌دلخواه می‌تواند متوقف شود. در نتیجه‌گیری از روند پاکسازی می‌توان گفت رنگدانه نقاشی به حالت سست به سطح چسبیده بود. از آنجا که واکنش اکسیژن اتمی به سطح محدود است، بستی را که در بین و در بالای ذرات رنگدانه است، حذف می‌کند، اما مقدار کمی (بست) را که زیر ذرات آن‌ها را به سطح متصل می‌کند، باقی می‌گذارد. نتیجه‌ی به‌دست آمده از مشاهده اسکن اولیه میکروسکوپ الکترونی و مطالعات رنگ و روغن در معرض اکسیژن اتمی حاصل شده است (Rutledge et al. 1994). از آنجا که نقطه الصاق کوچک است، حذف رنگدانه ما از طریق تماس مکانیکی با سطح مانند قلم‌مو زدن ممکن بود؛ لذا با راهنمایی حفاظت گر از موزه هنر کلیولند، اسپری مرغوب "گرام بچر"[۹] ورنی رزین دامار برای تثبیت رنگدانه‌ها روی سطح استفاده شد.

سپس به وسیله‌ی قلم‌مو یک پوشش ضخیم‌تر از ورنی صمغ وینزور و نیوتون بر روی سطح اعمال شد. شکل ۷ شامل عکس‌هایی از نقاشی‌های مریم قبل (شکل ۶a) و پس (شکل ۶b) از تمیز کردن با اکسیژن اتمی و استفاده از ورنی است. جزئیات نقاشی در حال حاضر به‌وضوح قابل مشاهده است.



شکل ۷. بازتاب طول موج ۹۰۰ نانومتر از مناطق انتخاب شده از نقاشی حضرت مریم بانوی گراندوکا به عنوان یک کارایی پاکسازی اکسیژن اتمی در زمان

عامل بالقوه‌ای برای آبرفتگی در طول روند درمان، به دلیل این‌که تحت خلأ نسبی انجام می‌شود، وجود دارد. در این نقاشی در طول درمان هیچ تغییر شکلی مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که اگر آبرفتگی رخ می‌داد، بوم، رنگ و چهارچوب به همان نسبت کوچک می‌شدند، چون ترک‌خوردگی دیگری به غیر از مواردی که پیشتر در نقاشی وجود داشت، مشاهده نشد. این نتیجه ممکن است در مورد هر ترکیب موادی مصداق نداشته باشد. در این روش باید قبل از درمان ارزیابی این خطر صورت گیرد و تعیین شود که کوچک شدن مواد پایه و وسایل همسان است یا خیر. نقاشی‌ها در برخی از انواع چوب ممکن است بیشتر در معرض خطر باشند. این تکنیک به‌طور معمول برای ترمیم کردن اشیای به‌شدت آسیب‌دیده استفاده می‌شود، لذا امتیاز توانایی نجات آن نسبت به خطر کوچک‌تر شدن مهم‌تر است. حذف همه‌ی ورنی روی سطح و لایه بالایی مواد چسباننده در تمام موارد ضرورت ندارد. با این حال برخی از آثار آسیب‌دیده در اثر آتش، ممکن است به پاکسازی شدید نیاز داشته باشند تا ترمیم شوند. نویسندگان قادر نبودند عکسی از نقاشی قبل از خسارت آتش به دست بیاورند، لذا تعیین تغییر در ترکیب رنگ به‌دلیل فرآیند درمان دشوار بود. با استفاده از طیف‌سنج بازتابی، تغییر رنگ تعدادی رنگ روغن قبل و بعد از قرار گرفتن در معرض اکسیژن اتمی آزمایش شده است (Rutledge et al. 1994). تغییراتی در رنگ این مواد مشاهده نشد، اما آن‌ها بیشتر شامل ترکیب رنگ مدرن هستند. در صورتی که پاکسازی تا لایه رنگ پیش خواهد رفت، باید در درمان مواد رنگی تست نشده، با استفاده از اتم اکسیژن، احتیاط شود. گوشه نماینده یا لبه نقاشی که شامل بسیاری از رنگ باید با استفاده از درمان اتم اکسیژن، با پنهان کردن باقی‌مانده، تعیین می‌شود که این فرآیند برای رنگدانه‌های

موجود بی‌خطر خواهد بود. رنگدانه‌های آلی دچار اکسیداسیون و حذف خواهند شد، بنابراین برای به حداقل رساندن حذف باید در پاکسازی آن‌ها مراقب بود. با آزمون‌های بیشتر، پایه علمی در مورد این‌که چه نوع رنگ و ورنی می‌تواند با استفاده از این روش درمان شود، توسعه خواهد یافت. با پیشگیری‌های مناسب، به نظر می‌رسد درمان با اکسیژن اتمی پتانسیل بسیار زیادی برای نجات اثر هنری که پیش از این غیرقابل ترمیم بود، دارد. آزمون‌های بیشتر این روش پاکسازی برای تعیین اثر آن در تمیز کردن نقاشی‌های آکریلیک و آبرنگ آسیب‌دیده با دود در حال انجام است.

۴- نتیجه‌گیری

نشان داده شده است که درمان با اکسیژن اتمی در حذف دوده و ورنی سوخته از نقاشی رنگ و روغن در ابعاد کامل مؤثر بوده است و تا حدودی می‌تواند اثر جوهر روی کاغذ آسیب‌دیده در اثر آتش را تمیز کند. تکنیک‌های پوشاندن جهت درمان یک منطقه گسترده‌تر بدون برجا گذاشتن خطوط قابل مشاهده، استفاده می‌شوند. درمان می‌تواند بنا به خواست حفاظت‌گر از پاکسازی خفیف سطحی تا حذف گسترده‌تر آسیب آتش پیش رود. در برخی موارد، ممکن است حذف مقداری از بست رنگ لازم باشد. این مرحله باعث می‌شود رنگدانه به حالت سست روی سطح بچسبد. رنگدانه می‌تواند با استفاده از اسپری مناسب از یک ماده به انتخاب حفاظتگر دوباره چسبانده شود. هنگام پاکسازی، ضروری است قبل از درمان کل نقاشی با تمیز کردن لبه‌ی نماینده‌ی کوچک و یا گوشه‌ای از آن با اکسیژن اتمی، مشخص شود. به نظر می‌رسد این روش پتانسیل بسیار زیادی برای از بین بردن دوده و خاکستر از سطح اثر هنری آسیب‌دیده در نتیجه‌ی حادثه آتش‌سوزی دارد و ممکن است اثر هنری‌ای که پیش از این غیرقابل درمان بود را درمان کند. این فرآیند به‌عنوان جایگزینی به‌منظور روش‌های معمول در نظر گرفته نشده است، بلکه به‌عنوان راهکار حفاظتی اضافی در برنامه‌های کاربردی که در آن روش‌های معمول‌اند مؤثر نبوده‌اند، است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پی‌نوشت‌ها

1_ Rutledge, S. K., Banks, B. A., Forkapa, M., Stueber, T., Sechkar, E., & Malinowski, K. (2000). Atomic oxygen treatment as a method of recovering smoke-damaged paintings. *Journal of the American Institute for Conservation*,*39*(1), 65-74.
2_Roy Lichtenstein
3_ McKay Lodge
4_Bianchini
5_Viale Petrarca
6_ Alban
7_ Polyimide kapton
8_ Myler
9_Grumbacher

منابع

Banks, B. A., S. K.Rutledge, J. A.Brady, and J. E.Merrow. 1988. Atomic oxygen effects on materials. In NASA/SDIO Space Environmental Effects on Materials Workshop. NASA conference publication 3035. Hampton, Va.: NASA. 197–239.

Banks, B. A., and S. K.Rutledge. 1988. Low earth orbital atomic oxygen simulation for materials durability evaluation. In Proceedings of the Fourth European Symposium on Spacecraft Materials in the Space Environment, CERT, Toulouse, France, September 6–9. Toulouse, France: ONEAA Centre d'Etudes et de Recherches de Toulouse. 371–92.

Banks, B. A., S. K.Rutledge, P. E.Paulsen, and T. J.Stueber. 1989. Simulation of low earth orbital atomic oxygen interaction with materials by means of an oxygen ion beam. Presented at the 18th Annual Symposium on Applied Vacuum Science and Technology. NASA TM-101971.

Banks, B. A., and S. K.Rutledge. 1996. Process for non-contact removal of organic coatings from the surface of paintings. U.S. Patent # 5,560,781. Assigned to B. A. Banks and S. K. Rutledge.

Dever, J. A.1991. Low earth orbital atomic oxygen and ultraviolet radiation effects on polymers. NASA TM-103711

Rutledge, S. K., B. A.Banks, and M.Cales. 1994. Atomic oxygen treatment for non-contact removal of organic protective coatings from painting surfaces. In Materials Issues in Art and Archaeology, vol. 4. Materials Research Society Symposium Proceedings 352, ed. P. Vandiver J. Druzik, J. L. Galvan Madrid, I. Freestone, and G. Segan Wheeler. Pittsburgh: Materials Research Society. 161–66. NASA TM-106650.

Rutledge, S. K., and B. A.Banks. 1996. Atomic oxygen treatment technique for removal of smoke damage from paintings. Presented at the Materials Research Society Meeting. NASA TM-107403.