فاکسینگ

روشی جدید برای حل یک مشکل قدیمی

ترجمه: نرگس پدرام (نفری)

اشاره: می‌توان این گونه استنباط کرد که نقاط فاکسینگ یا لکه‌های قهوه‌ای، خسارات گسترده‌ای به طراحی‌ها، حکاکی‌ها، نسخه‌های خطی، کتاب‌ها و اسناد آرشیوی و پارچه‌های پنبه‌ای وارد می‌کنند.

آنها معمولاً لکه هایی در اندازه‌های متفاوت از کوچک تا نسبتاً بزرگ ظاهر می‌سازند.

کاغذهای متاثر از لکه‌های فاکسینگ سست‌تر، اسیدی‌تر، شکننده‌تر و بی رنگ‌تر از کاغذهایی هستند که مبتلا نشده‌اند.

آزمایش کاغذهای لکه دار با میکروسکوپ دوچشمی دقیق نشان داد که لکه‌ها وقتی به سطح ماده فشرده شوند، مشابه فاکسینگ هستند.

همان طور که غیر از رنگدانه لکه‌های ناشی از قارچ شبیه لکه‌های فاکسینگ، بیشتر با هم متفاوت هستند، درجه رنگ آنها نیز از زرد لیمویی تا قهوه‌ای تیره متفاوت است.

لکه‌های تیره فاکسینگ مشخص کننده کیفیت بالای کاغذ هستند. بیشتر لکه‌های روشن (با یک سایه لیمویی)، در کاغذهای درجه پایین مثل کاغذ روزنامه پیدا می‌شوند. نقاط فاکسینگ در کتاب‌ها دارای مرکزی برای رشد و پیشرفت در لیف (برگه) ابتدایی هستند و شدت آنها با افزایش فاصله از مرکز حمله و مجاورت با لکه‌های ابتدایی کاهش می‌یابد.

اشکالی از جامدی شکننده مانند کریستال گاهگاهی در مرکز لکه‌های فاکسینگ دیده می‌شود.

تعداد لکه‌های فاکسینگ در یک کتاب، در یک طراحی یا یک حکاکی به تدریج با گذشت زمان افزایش پیدا می‌کند. لکه‌های فاکسینگ در مرحله ابتدایی اشکال، لومینانس شدیدی در لامپ Uv نشان می‌دهند. در نور مرئی، عملاً به نظر نمی‌آیند. شکل لکه‌های فاکسینگ در نسخه‌های خطی که قابل ثبت شدن هستند فقط لومینانس نشان می‌دهد. و شکل پرنقطه‌های فاکسینگ فلوئورسانس نشان نمی‌دهد.

شکل ۱: یک حکاکی (گراورسازی) سال ۱۸۲۷
نقاط فاکسینگ با رنگ‌های عمیق در مرکز.

لکه‌های فاکسینگ بر روی انواع مختلف کاغذهای تاریخی از شروع قرن شانزدهم تا ۶۰-۵۰ سال از قرن ما می‌توانند دیده شوند.

و به خوبی شناخته شده است که بعد از یک دوره اصلی از پیر شدن طبیعی بر روی کاغذ به وجود می‌آیند. میزان وجود لکه‌ها در طراحی‌ها، قلم زنی‌ها و اسناد آرشیوی اصل و مبدایی برای کارشناسان و محققین است.

بازدید گزینشی (آماری) از خزانه موزه و کتابخانه‌ها نشان داده است که تعداد کتاب‌ها، کارهای هنری و اسناد متاثر از فاکسینگ، افزایش پیدا کرده‌اند.

با توجه به قدمت کاغذ، در پایان قرن هجدهم را تا شروع قرن بیستم لکه‌های فاکسینگ اغلب بخش وسیعی از کاغذ در بر می‌گیرد. مقدار فاکسینگ مشاهده شده با پیشرفت کاغذهای کارخانه‌ای افزایش می‌یابد و دلایل آن هم:

- خرد کردن به جای ضربه زدن خمیر

استفاده از سفید کننده‌های گوناگون قوی. به خوبی مشخص شده است که پیشرفت تولید صنعتی کاغذ یک تاثیر منفی بر مقاومت طولانی مدت محصول داشته است. در مشاهدات اولیه، در طی تست مجموعه‌ای از طراحی‌ها، کتاب‌های نادر و نسخه‌های خطی ممکن است ثابت کرد که لکه‌های قهوه‌ای بستگی به قدمت تاریخی آنها و موارد استفاده آنها دارد.

شکل نقاط فاکسینگ با گرد و غبار و انواع آلودگی، بدون حفاظ بودن طولانی مدت آثار در برابر نور، افزایش رطوبت، افت و خیز دما و رطوبت (دما و شرایط آب و هوایی) پیشرفته است.

تحقیق در فاکسینگ

قدمت بررسی در طبیعت فاکسینگ به سال‌های ۱۹۳۰ بر می‌گردد.

دو اصل برای پیدایش فاکسینگ وجود دارد.

یکی از آنها شکل فاکسینگ را با اکسیداسیون آهن توضیح می‌دهد دیگری پیدایش آنها را نتیجه رشد میکروارگانیسم‌ها می‌داند.

جالب توجه است که تحقیق دربارهٔ شکل فاکسینگ، از دو راه مشاهدات میکروسکوپی در نور مرئی و راه اسکن با میکروسکوپ الکترونی، فقط جداسازی نادر هاگ و تکه تکه شدن هیف قارچ‌ها معلوم شده است، اما توده سلولی نمایانگر کولونی در اطراف لکه نیست.

فراهم کردن شرایطی برای جداسازی قارچ‌ها از نمونه‌های کاغذی که تحت تاثیر فاکسینگ قرار گرفته‌اند غالباً نتایج موفقیت‌آمیزی دارند.

برخی پژوهشگران با برداشتن قارچ از اطراف فاکسینگ، لکه‌های قارچی متفاوتی بر روی کاغذ نسبت به مناطق دیگر بدست آورده‌اند.

معمولاً مقدار مشخص هاگ‌های قارچی و تکه هایی از میسلیوم (رشته‌های قارچی) بر روی کاغذ وجود دارد. قارچ‌های برداشته شده از روی کاغذ در آزمایشگاه، ممکن نبود مجدداً نقاط فاکسینگ به وجود آورند.

آهن پیدا شده در لکه‌های فاکسینگ فقط تا اندازه‌ای بیشتر از آهن در محیط اطراف بود. (آهن یافت شده بیشتر در مرکز لکه‌های فاکسینگ بود).

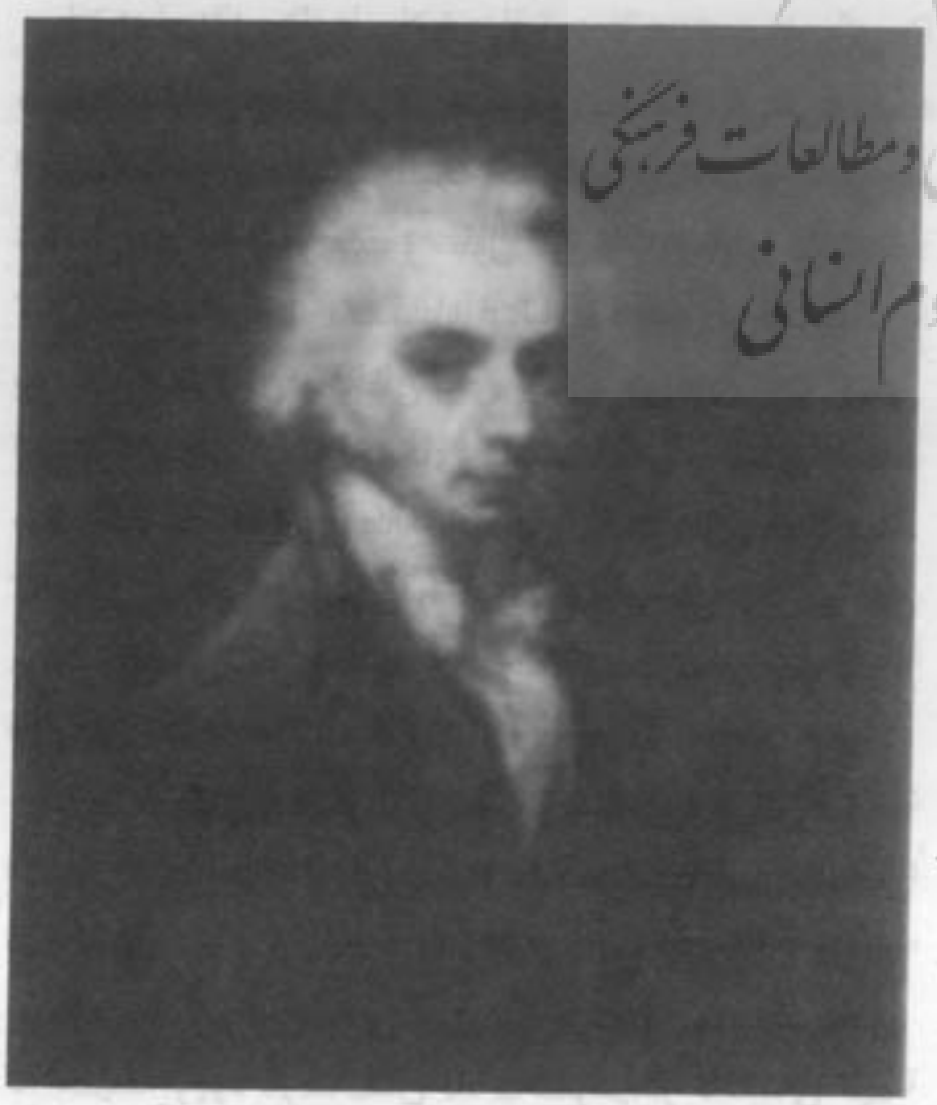
برای آنکه شکل لکه‌ها شبیه لکه‌های زنگار قطعات فلزی باشد، تراکم آهن مقدار ناچیزی بود. بنابراین ترکیبات آهن علت رنگ لکه‌های فاکسینگ نیستند.

هم آهن و هم فرضیه‌های میکروبیولوژی به تمامی سوالات به وجود آمده یک جواب دادند.

هر دو نظریه طبیعت لومینسانس فاکسینگ را توضیح ندادند.

قطعاً برای پژوهشگران - میکروبیولوژیست‌ها توجه به پدیده لومینسانس لکه‌های فاکسینگ مدرکی برای منشا زیستی آنها است. اما ملکول‌های آلی و غیرآلی مواد اولیه مرکب در سیستم‌های زنده یا غیر زنده فلوئورسانس را نشان می‌دهند.

در آزمایشات اولیه آرای (Arai)، نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که قارچ‌ها علت فاکسینگ هستند. به عقیده وی، جای



شکل ۲: یک حکاکی در یک کتاب چاپی سال ۱۸۰۰.

کولونی‌های کوچک قارچ‌ها در اطراف می‌توانست باشد، شکل‌های فاکسینگ و آشکار سازی لکه‌های فاکسینگ به رنگدانه‌های قارچی کاغذ مربوط نبوده است. محصولات رنگی، ناشی از مرحله نفوذ متقابل الیگوساکچاریدها با اسیدهای آمینه است. همچنین واکنش آمینوکربنیل به واکنش مایلارد (Maillard) نامیده شده است.

الگوساکچاریدها بر روی بخشی از سلولز هیدرولیز شده با قارچ یا اسیدهای آلی تشکیل شده‌اند. آمینو اسیدهای آزاد شده نیز نتیجه سلول‌های شکسته شده قارچی هستند.

به هر حال قارچ‌های جدا شده از کولونی‌های قارچی در لکه‌های فاکسینگ، فقط بعد از نگهداری نمونه‌های کاغذ در چمبری با رطوبت حدود ۸۰ درصد به دست می‌آمدند.

در این رطوبت بالا کولونی‌های قارچی بر روی نمونه‌های کاغذ می‌توانند شروع به رشد کنند.

رشد قارچ‌های اولیه در لکه‌های فاکسینگ می‌تواند محل استقرار آنها را توضیح دهد، سوراخ‌های کوچک شکل گرفته شده در جایی که هاگ‌های بی حرکت به خوبی تکه‌های میسلیوم می‌توانند متراکم شوند، قابل رؤیت هستند.

تکثیر آزمایشگاهی لکه‌های قهوه‌ای انجام شد. نه به صورت تزریق قارچ به نمونه‌های کاغذ بلکه با به کار بردن مواد اولیه آلی (کربوهیدرات‌ها و آمینواسیدها) محلول در کاغذ.

در تولید متابولیک ترکیب، مونو و دی کربنیک اسیدهای آلی در محیط لکه نشان داده می‌شوند. به هر حال، اسیدهای آلی می‌توانست از تولیدات تخریب سلولز در نتیجه اکسیداسیون باشد. این چنین به نظر می‌رسد که، تغییر علت و معلول قارچ‌ها در پیدایش فاکسینگ کمی قانع کننده باشد. دانشمندان ایتالیایی، تحقیق در فاکسینگ را به منظور پیدا کردن محافظی برای پیش فرض‌های منشا زیستی آنها برگزیده‌اند. آنها لکه‌های فاکسینگ را با اسکن توسط میکروسکوپ الکترونی مطالعه کردند. آنها همچنین سعی کردند که‌عوامل میکروبی بیماری را که موجب افزایش تخریب قابل رویت کاغذ می‌شود جدا کنند. در محیط کشت مغذی چند نوع از قارچ‌های کشت داده شده جدا شدند.

نتایج جداسازی میکروارگانیسم‌ها با تصاویر میکروسکوپ الکترونی از اطراف کاغذ تخریب شده با فاکسینگ به خوبی مشخص شده است.

تست میکروسکوپی برخی اسپورها و هیف‌های نادر (غیرعادی) که همیشه وجود دارند، نشان داد مخصوصاً در کاغذهای کهنه نشانه هایی از رشد کولونی‌های قارچی پیدا نشدند.

فقط دو نوع قارچ جدا شده Chaetomium spinosum و Aspergillus terreus می‌توانستند لکه‌های زرد و قهوه‌ای بر روی کاغذ به وجود آورند.

علاوه بر آن با غوطه ور کردن نواری از کاغذ حاوی $FeCl_3$ (بین ۲۵ تا ۴۰۰ میلی گرم در لیتر) و لکه‌های به دست آمده فلوئورسانس نشان نداد.

A. Strjelcjck لکه هایی با همان رنگ فاکسینگ در آزمایشگاه به دست آورده است.

به هر حال، به نظر او رسید که نقطه‌های فاکسینگ و رشد میکروارگانیسم‌ها، مانند یک نتیجه منطقی از مراحل شیمیایی، می‌توانست به هم مربوط باشد. (لکه‌های ایجاد شده به وسیله میکروارگانیسم‌ها همان نتیجه حاصل از روش‌های شیمیایی را به دست می‌دهد.) همه میکروب‌شناس‌ها که بر روی نقاط فاکسینگ تحقیق کرده‌اند. توافق داشتند که در اطراف لکه، گروه‌هایی از موجودات ذره‌بینی زنده، از میکروارگانیسم‌ها موجود بودند.

نتایج جداسازی میکروب، بر ماده مغذی مصنوعی، بسیار منفی است. محققین بخش هایی از قارچ‌های مختلف را جدا کرده‌اند. در لیست‌های چاپ شده توافق کم است.

دید میکروسکوپی از لکه‌های فاکسینگ، نتایج جداسازی میکروارگانیسم‌ها و آنالیزهای عوامل ریز هوایی جایی که شکل داده می‌شوند، کاملاً معتدل (ملایم) است.

تکثیر آزمایشگاهی فاکسینگ، از طریق سرایت میکروارگانیسم‌ها به کاغذ اجازه نمی‌دهد که نتایج میکروبی علت و معلول نقطه‌های فاکسینگ به دست آید.

شکل ۳: نقاط فاکسینگ با رنگ‌های عمیق در مرکز. در برخی از نقاط فاکسینگ در طی چاپ به وجود می‌آیند. برآمدگی شکل گرفته در طی چاپ مانع نفوذ بیشتر ذرات گردوخاک شد و در همان زمان گرد و خاک حاشیه را افزایش داده ضخامت لیف ۰/۲۰-۰/۳۱ میلی متر است. نقاشی گرافیکی بر روی پایه‌ای از خمیر زنگار آهن آماده می‌شود. (سمت دیگر، صفحه دست چپ کتاب)
یک کتاب چاپ شده در ۱۹۹۵ با یک پوشش سبز کم رنگ.
این کتاب در یک قفسه چوبی کتاب‌ها، نگهداری شد. بخش زیادی از جلد از نور و گردوخاک کتاب‌های دیگر محافظت شد. نقاط فاکسینگ بر روی بخش هایی از جلد نمایان شدند که در برابر نور و گردوخاک محافظت نشدند.

شکل ۴: کاغذ آستریک طراحی ساخته شده در ۱۹۱۰ طراحی به تخته هایی بسته شد که به یکدیگر بسته نبودند. جایی که نور و گردوخاک می‌توانست نفوذ کند نقاط فاکسینگ شکل می‌گرفتند.

دانشمندان فرانسوی یک تحقیق جالب بر روی فاکسینگ را انتخاب کردند. آنان لکه‌های فاکسینگ را با به کار گرفتن آنالیزهای فلوئورسنت و طیف سنجی مادون قرمز آزمایش کردند. اندازه‌گیری فلوئورسانس لکه‌های فاکسینگ با کمک یک طیف سنج فلوئوریمتر نشان داده است که حساسیت لومینانس نسبت به اطراف کاغذ دو تا سه زمان بالاتر بود.

بالاترین تحریک برای وضوح لکه‌های فاکسینگ، در طول موج ۳۹۵ nm و بالاترین نشر در طول موج ۴۶۰ nm نشان داده شده بود.

تجزیه فاکسینگ با طیف سنج مادون قرمز وجود ترکیباتی شامل گروه‌های کربنیل، گروه‌های اشباع نشده با دو باند C=، N=، C=O، گروه‌های با دو بند به هم جفت شده X=C=Y (در جایی که X، C است یا N و Y، کربن، نیتروژن یا اکسیژن است) مثل شکر، نشان داده است. تمامی ترکیبات ذکر شده می‌توانند در طی مرحله‌های اکسیداسیون سلولز تشکیل شوند. آنها می‌توانند نتیجه تراکم واکنش‌ها، در حقیقت از فعل و انفعال متقابل تولیدات اکسیداسیون سلولز با نیتروژن موجود در ترکیبات باشند.

محصولات اکسیداسیون سلولز رنگ ویژه‌ای به لکه‌ها می‌دهند. رنگ زرد برای ترکیبات با باند دوگانه و قهوه‌ای برای آنها که نیتروژن دارند.

نتایج دیگر:

جستجو در موزه و مجموعه‌های کتابخانه‌ای:

ما تحقیقی را بر روی مجموعه‌های کتاب‌های نادر و مجموعه‌های گرافیکی در موزه‌ها و کتابخانه‌ها انتخاب کرده‌ایم. نتایج مشاهدات ما از پیشرفت فاکسینگ در کتاب‌ها و کارهای هنری گرافیکی می‌تواند به شرح زیر خلاصه شود:

به وجود آمدن فاکسینگ بستگی دارد به:

- تکنولوژی تولید کاغذ.

بیشتر لکه‌ها بر روی کاغذهای ساخته شده بین اواخر قرن ۱۸ و شروع قرن ۲۰ به وجود آمده‌اند (استفاده از عوامل سفید کننده، افزایش تعداد برگ‌های ظریف، نرم و شکننده) اکسیداسیون کاغذ با مقدار زیاد لیگنین افزایش پیدا می‌کند که برای پیدایش لکه‌های فاکسینگ مناسب نیست.

- مقدار نور موجود در طی انبارداری.

نقاط فاکسینگ در کناره‌های کتاب، در بخش هایی از ورقه‌های تکی جدا شده از کتاب یا از لبهٔ یک کاغذ شروع به پیشرفت می‌کنند.

در بالای ورقه‌های کاغذ و مقواهای صحافی، همچنین بر روی طراحی‌ها و حکاکی‌ها، ورقه‌های تکی کتاب‌ها، تذهیب‌ها و مواد پنبه‌ای (سلولزی) که برای مدت زیادی در معرض نمایش بودند، ظاهر می‌شوند.

- مقدار گردوخاک بر روی کتاب‌ها و هنرهای گرافیکی؛

لکه‌های فاکسینگ اغلب روی پشت و رو و حاشیه برگه‌ها، روی لبهٔ کتاب‌ها، در بخش‌های تغییر شکل یافته قالب کتاب و روی صفحات مزین به وجود می‌آیند.

برخی مشاهدات با راه‌های نفوذ گردوخاک به داخل کتاب، سازگار است.

به طور آشکار، بخش هایی از قالب کتاب تحت آسیب عمیق اکسیداسیون هستند. گاهی اوقات شکلی از فاکسینگ را در کتاب و پارچه‌های موزه‌ای مشاهده کردیم که به علت استفاده خود ما آلوده شده‌اند. همچنین زمانی که در مرحله حفاظت و نگهداری از پارچه‌های پنبه‌ای (سلولزی) با آب آغشته و ترکیبات آهن، آن را شستشو می‌دهند. عاملی است برای به وجود آمدن فاکسینگ.

- شرایط ریز آب و هوایی

در محیطی که کاغذها انبار می‌شوند، شکل فاکسینگ با افزایش رطوبت کاغذ یا تغییر طبیعی رطوبت در طول سال که نفوذ آن را آسان می‌کند، مرتبط می‌شود.

اگرچه رطوبت کاغذ افزایش می‌یابد و یا دگرگونی هایی در شکل فاکسینگ به وجود می‌آورد ولی باید یادآوری کرد که با داشتن مقدار کمی آب که باعث رشد قارچ‌های میکروسکوپی می‌شود، آنها بر روی کاغذ نمایان می‌شوند.

وقتی لکه‌های ناشی از قارچ و نقاط فاکسینگ با هم متقارن شوند. اشیا تحت تاثیر قرار می‌گیرند. این مورد نسبتاً به ندرت در انبار موزه اتفاق افتاده است. خسارت فاکسینگ قابل مشاهده در

بخش زیادی از موزه و کتابخانه بیشتر از تغییر رنگ توسط قارچ‌ها است. (شکل ۴-۱)

تحقیقات کتابخانه‌ای

ما تحقیقاتی بر روی نمونه هایی از کاغذهای قرن نوزدهم انجام داده‌ایم.

pH کاغذ بدون لکه در بیرون و در extract سرد چک شد (۱ ساعته ۰/۵ گرم کاغذ در ۳۵ میلی لیتر) از نمونه‌های کاغذ با فاکسینگ لقاح میکروبیولوژی انجام شد. نقاط فاکسینگ برای تعیین آهن III با نمک خون زرد رنگ شدند. [نمک خون، پتاسیم هیدروسیانوفرانوم II سه آبه (هیدراته) $[K_4Fe(CN)_6]_3H_2O$]

در طی آنالیزهای میکروسکوپی کاغذ، شکل کولونی هیچ قارچ یا سلول‌های میکروب دیگری مشاهده نشدند. به هر حال، جداسازی اسپوری‌های قارچی و قطعات رشته‌های قارچی، به طور اتفاقی مدنظر قرار گرفت. مشاهدات میکروسکوپی با نتایج بذرپاشی‌های میکروبیولوژیکی تایید و تصدیق شدند.

بر روی رنگدانه لکه‌های فاکسینگ با یک مرکز نشان داده شده، نتایج مثبتی مبنی بر وجود آهن III در مرکز لکه به دست آمد.

مقایسه تعیین pH از اطراف فاکسینگ و اطراف کاغذ، نشان داده است که کاغذ در محل فاکسینگ همیشه بیشتر اسیدی بوده است. تفاوت تغییر pH از ۰/۸۶ - ۰/۱ به نظر می‌رسد بستگی به نوع کاغذ و اندازه فاکسینگ دارد.

بیشتر تفاوت pH شاخصی در مراحل ابتدایی پیشرفت لکه مشاهده شدند. (جدول ۱)

جدول ۱: اسیدیته کاغذ در مناطقی که فاکسینگ وجود دارد.

شماره نمونه	کاغذ	ضخامت (mm)	pH
۱	لکه کاغذ ضخیم نقشه برداری قدیمی قسمت بدون فاکسینگ، نقشه چاپ شده در سال ۱۸۴۶	۰/۱۹	۶/۵۳
۲	همان لیف، لکه‌های فاکسینگ کم رنگ، نشان دادن لومینسانس شدید		۵/۶۷
۳	لکه کاغذ نقشه برداری، قسمت بدون فاکسینگ، اطلس بخش دوم قرن نوزدهم	۰/۰۸	۵/۷۲
۴	همان لیف، لکه‌های قهوه‌ای لومینسانس نشان نمی‌دهد		۵/۵۳
۵	بعضی از کاغذ پاره‌ها باریک از همان اطلس بخش دوم قرن نوزدهم بخش بدون فاکسینگ	۰/۰۶	۵/۵۰
۶	همان لیف، لکه‌های قهوه‌ای لومینسانس نشان نمی‌دهد		۵/۴۰
۷	لکه کاغذ باریک از همان اطلس، لومینسانس ضعیف	۰/۰۲	۷/۰۳
۸	همان لیف، اطراف با لومینسانس شدید		۶/۶۲

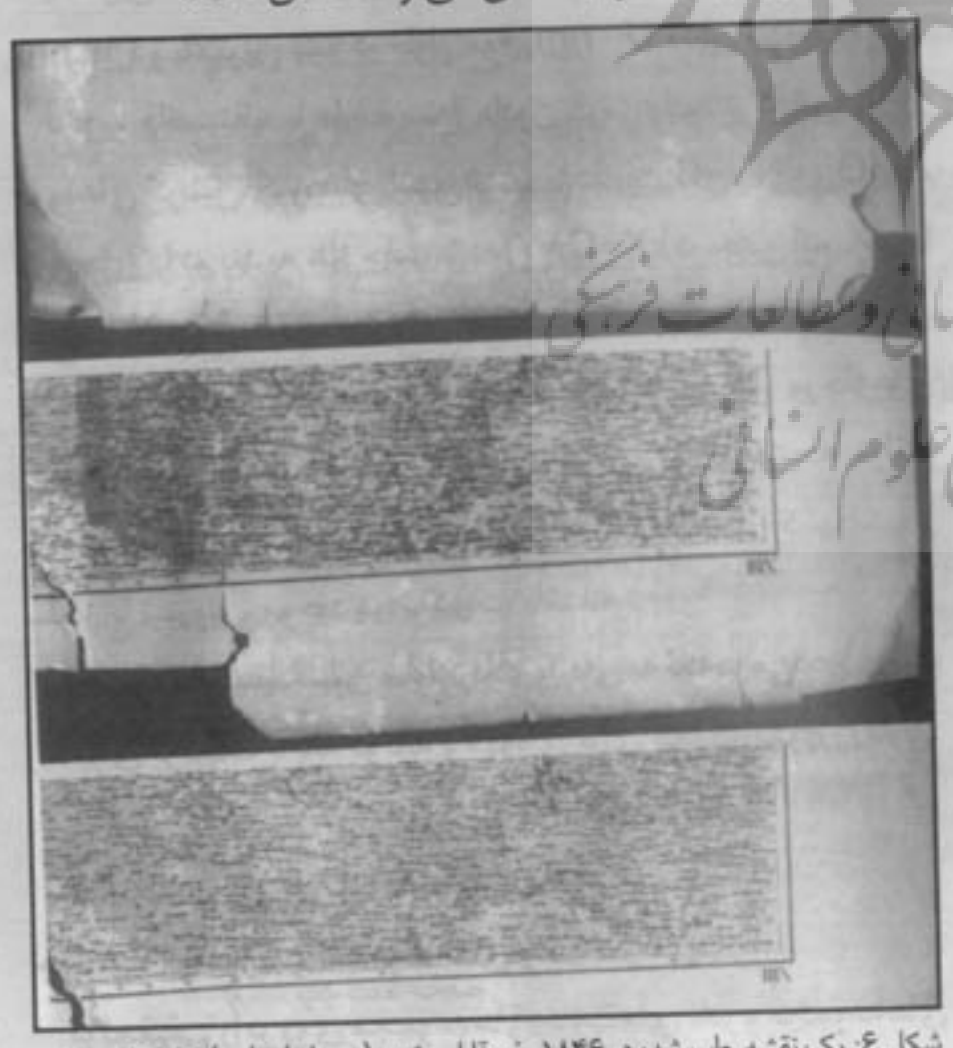
اغلب pH بالا در کاغذهای باریک استفاده شده برای آستر آلبوم‌ها مربوط به پرکننده‌های آنها می‌شود.

یک مقدار قابل توجهی از عناصری مثل روی و تیتانیم، توسط تجزیه گرهای نوری در نمونه‌هایی از این کاغذها پیدا شدند.

مالکین هیورمنز (Havermans) و دوفور (Dufour)، نشان دادند که اگر کاغذ دارای ترکیباتی شامل اکسید روی یا اکسید تیتانیم باشد، حساسیت نسبت به اکسیداسیون و تخریب می‌تواند بیشتر باشد. این ترکیبات می‌توانند در شرایط طبیعی و آلکالین رادیکال آزاد سلولز و اکسیداسیون آن را افزایش دهند.

فلوئورسانس فاکسینگ در مدت نور UV قبلاً یادآوری شد در بررسی نسخ خطی، کتاب‌های چاپی، حکاکی‌ها، پارچه‌های پنبه‌ای زیر نور UV، فلوئورسانس فاکسینگ در مدت نور UV قبلاً یادداشت شده و رسم گردید. نقاط فاکسینگ قوی‌ترین لومینسانس را در مراحل ابتدایی پیشرفت نشان می‌دهند.

از مواد اولیه آلی طبیعی، از مولکول‌های تحت تابش یونیزاسیون و گرمای موجود در کاتالیست‌ها، رادیکال‌های آزاد شکل می‌گیرند که رادیکال‌های آزاد اکسیداسیون در مرحله واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء لومینسانس می‌توانند نشان دهند.



شکل ۶: یک نقشه چاپ شده در ۱۸۴۶. غیرقابل رؤیت (مرحله ابتدایی) نقاط فاکسینگ. فقط در بالای حاشیه شکل گرفته‌اند، زیرا این بخش از ورقه کاغذ در تماس با برآمدگی چوبی بود که نقشه در آن نگهداری می‌شد.
میانی: فلوئورسانس غیرقابل رؤیت نقاط فاکسینگ در نور UV.
سمت دیگر: نور و گردوخاک، پیرسازی تسریع شده اکسیداسیونی موضعی را در حاشیه بالاتر افزایش داده‌اند. این مراحل شروع شده بود بر سمت دیگر صفحه کتاب و میان صفحه رفته بود. (ضخامت ۰/۲۱ میلی متر)

در منشاء رادیکال‌های آزاد می‌تواند انتقال دهنده یون‌های فلزی باشد. که ابتدا به یون‌های آهن II می‌فرستد، آنهایی که توانستند مانند یک مرکز رادیکالی عمل کنند. در سیستم‌های بیولوژیک حدود ۲۰ سال پیش ثابت شد. عناصر واسطه می‌توانند به محدودیت چرخش روی اکسیداسیون توسط (O_2) ملکول اکسیژن غلبه کنند. به دلیل توانایی آنها برای گرفتن یا دادن تک الکترون‌ها، آنها در مناطق فعال اکسیده شده و جایی که اکسیژن می‌باشد، پیدا می‌شوند.

نیون و ریسلند حدس می‌زنند که یون‌های آهن II، کاتالیز اکسیداسیون سلولز با اکسیژن تازه وارد شده به قسمت‌های واکنش می‌باشد.

ما فرض کرده‌ایم که رادیکال‌های آزاد می‌توانستند منبعی از فلوئورسانس در محیط رشد فاکسینگ باشند. رادیکال‌های آزاد شبیه نتیجه اکسیداسیون کاتالیز شده توسط انتقال یون‌های فلزی، برای نمونه آهن و مس، به وجود آمدند در این مورد یون‌های مس می‌توانند کاتالیست‌های موثرتری نسبت به یون‌های آهن باشند. اما قانوناً (به طور قانونی) مقدار قابل تشخیص در کاغذ جای خود را به آهن می‌دهد.

روش مستقیم ثبت رادیکال‌های آزاد طیف سنجی ESR است. ما نمونه‌های کاغذ فاکسینگ شده را توسط این روش که قبلاً انجام نشده بود بررسی کردیم. دو نوع از کاغذهای (پاره) مربوط به اواسط قرن نوزدهم بررسی شدند. یک کاغذ متراکم نقشه کشی و یکی کاغذ نازک مورد استفاده در آلبوم‌ها و اطلس‌ها.

در این هر دو نمونه کاغذ در اطراف فاکسینگ به خوبی بخش‌های قابل رؤیت حمله نشده توسط رادیکال‌های آزاد معلوم شد.

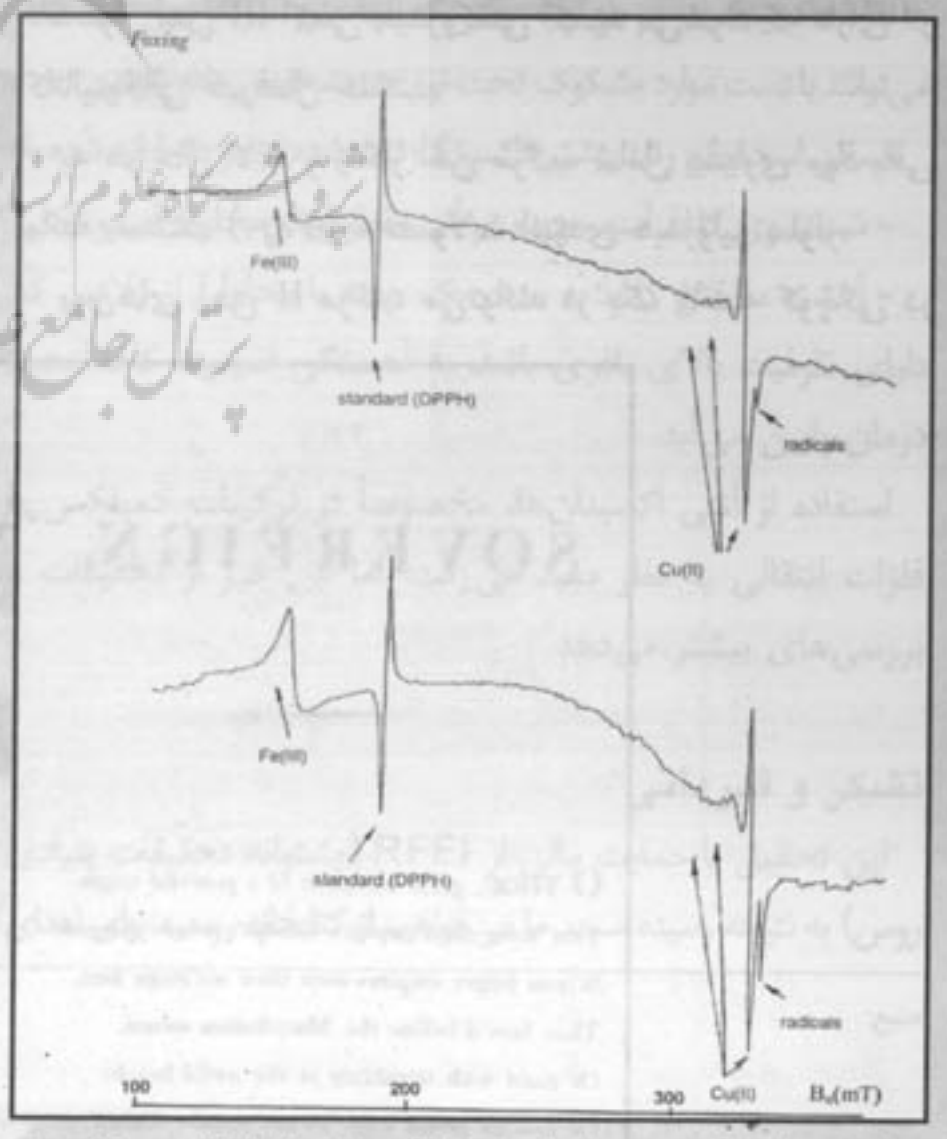
به هر حال در نمونه‌های کاغذ متراکم، اطراف فاکسینگ، رادیکال‌های آزاد، در نور معمولی به سختی قابل تشخیص هستند. موقع نمایش زیر نور UV با لومینانس سنگین، آنها در حاشیه منطقه لکه‌ها نسبت به بیرون دو برابر بودند. (شکل ۷)

در نمونه‌های کاغذ نازک جایی که منطقه وسیعی با لکه‌ها پوشیده شده لومینانس رادیکال‌های آزاد را در نزدیک لکه و گراگرد کاغذ نشان داد.

کنترل مقدار رادیکال‌های آزاد در کاغذ نازک نسبت به نمونه‌های کاغذ متراکم بالاتر بود.

با کمک طیف سنج ESR مقدار زیادی از یون‌های آهن III و مس II در محیط اطراف فاکسینگ در کاغذ متراکم مشاهده شدند.

نتایج به دست آمده در ابتدا نشان داد که در اطراف فاکسینگ مراحل شیمیایی پیر شدن کاغذ شدت می‌گیرد و بیشتر شدن آن ممکن است یکی از این مکانیزم‌های اکسیداسیون سلولز کاتالیست شده توسط انتقال فلزات را نشان دهد.



شکل ۷: نمودار طیفّ سنجی نشان داده شده کاغذ در شکل ۵ با (بالا) و بدون فاکسینگ (پایین) به خوبی قابل تشخیص است.

نتیجه‌گیری و توصیه‌ها:

در نمونه‌های گردوخاک جمع آوری شده از مخازن کتابخانه، مقدار کافی از آهن توسط اشعه ایکس آنالیز منتشر کننده به نام Ca، در ۱۵ درصد از بخش غیرآلی گردوخاک پیدا شد. کاغذ در تماس با اکسیژن هوا به طور طبیعی پیر سازی و اکسید می‌شود.

یکی از مکانیزم هایی که نتیجه افزایش اسیدی شدن است، رشد تعداد گروه‌های کربونیل و کربوکسیل مانند نتیجه گروه‌های هیدروکیسل در اکسیداسیون ملکول‌های سلولز است.

مقدار اسیدیته بستگی به تکنولوژی (فن آوری) آماده سازی کاغذ، شدت نور، مدت نمایش در نور، آلودگی محیط و آب و هوای بسیار کوچک در موزه‌ها، کتابخانه‌ها و آرشیوها دارد.

اکسیداسیون مواد اولیه آلی شامل سلولز، توسط ملکول‌های اکسیژن نتیجه شکل‌گیری هیدروژن پراکسید و رادیکال‌های پراکسید است.

در محیط اسیدی متوسط، هیدروژن پراکسید می‌تواند آهن III را که معمولاً در گردوخاک و سایر آلودگی‌ها وجود دارد به آهن II احیا

کند. ترکیبات آهن III عملاً حل نمی‌شوند و ترکیبات آهن II مثل $Fecl_2$ بیشتر حل می‌شوند. مخصوصاً در محیط اسیدی متوسط آهن II می‌تواند در طی تغییر رطوبت در فاصله مشخصی از اطراف پارچه‌های پنبه‌ای پخش شود (بستگی به میزان رطوبت آنها دارد).

$$Fe^{+3} + HO \longrightarrow Fe^{+2} + O_2^- + H^+$$

به موازات اکسید شدن یون‌های Fe+۲ با اکسیژن در محیط اسیدی، شکل‌گیری رادیکال‌های هیدرو پراکسید، و واکنش‌های زنجیره‌ای رادیکال‌های آزاد سلولز، سرعت اکسیداسیون بالا می‌رود.

$$Fe^{+2} + O_2 + H^+ \longrightarrow Fe^{+3} + HO^0$$

رادیکال هیدرو پراکسید می‌تواند با ملکول سلولز و یک رادیکال جدید به وجود آمده، واکنش دهد:

$$RH + H_2O \longrightarrow H_2O_2 + R^0$$

در حضور اکسیژن، این رادیکال جدید، با ملکول اکسیژن برای شکل‌گیری رادیکال پراکسید اضافی برخورد می‌کند.

$$R^0 + O_2 \longrightarrow ROO^-$$

(عدم توازن) (اکسیداسیون و احیای خودبه خودی) در رادیکال‌های پراکسید باعث تولید ملکول هایی با گروه‌های کربونیل می‌شود که نور ساطع می‌کنند.

محصولات به دست آمده از اکسیداسیون سلولز می‌توانند در واکنش آمینوکربنیل با نیتروژن شامل ترکیبات موجود در کاغذ یا موجود در آلودگی دخالت کنند.

نتیجه واکنش شکلی از ملانودین نوعی ترکیبات رنگی که پیکمنت‌های کهنه نامیده می‌شود، این است که این محصولات دارای باندهای مقاوم هستند، از این رو آنها تقریباً شکسته نمی‌شوند و با گذشت زمان متراکم و جمع نمی‌شوند. واکنش کندانسیون می‌تواند شروع جابجایی فلزات باشد. آنها واکنش‌های راهنما برای شکل ترکیبات رنگی که عمومی هستند، می‌باشند. آنها در مراحل پیر شدن، سازمان‌های زنده و پلیمرهای طبیعی به وجود می‌آیند.

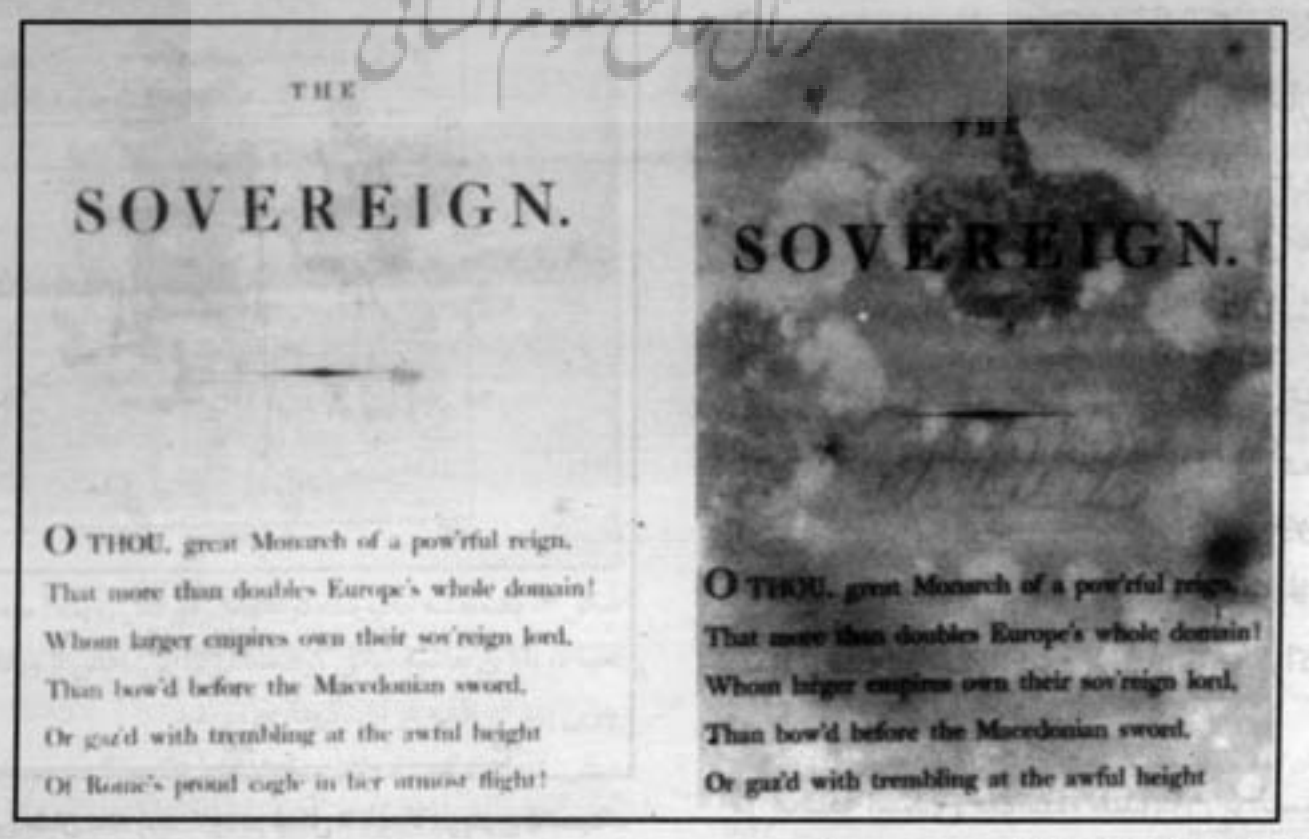
آزمایشات نسخه‌های خطی زیر نور uv نشان داده است که هاله‌های اطراف حروف نوشته شده با مرکب‌های حاوی آهن که هنوز قهوه‌ای نشده‌اند، فلوئورسانس نشان داد که مخصوصاً در کناره‌های کاغذ قابل رؤیت است. به محض پیرسازی بیشتر این هاله‌ها قهوه‌ای می‌شوند. در کتاب‌های چاپی نادر با زنگار آهن خطوط متن و حکاکی‌های پذیرفته شده، در سطح نزدیک برگ سفید لای صفحات چاپ می‌شدند. بر روی صفحه مقابل و ورق‌های مقابلش سایه می‌اندازند.

این چاپ‌ها که سایه‌های قهوه‌ای رنگ گرفته‌اند، تحت uv، لومینانس زرد نشان می‌دهند. رنگ‌های ضعیف یا تقریباً چاپ‌های بدون رنگ (درجات پایین رنگ قهوه‌ای به وجود آمده توسط تولیدات) لومینانس سفید تحت نور uv نشان می‌دهند. (شکل ۸)

در تحقیق بر روی خوردگی مرکب، مشخص شد که بیشتر زنگار مرکب‌ها شامل یک مقدار بیش از حد آهن است که در ترکیب کمپلکس آهن جای نمی‌گیرد، برخی از یون‌های آهن II به شکل نامحلول آهن III اکسی هیدروکسی اکسید می‌شوند که دارای اثر کاتالیتیکالی غیرفعال هستند.

به هر حال کاغذ و زنگار آهن مرکب شامل بسیاری مواد باقی مانده هستند. (e.g.) محصولات اسیدی هیدرولیز سلولز.

یون‌های آهن II مرکب می‌توانند در یک فاصله کوچکی در


THE

SOVEREIGN.

O THOU, great Monarch of a pow'rful reign,
That more than doubles Europe's whole domain!
Whom larger empires own their sov'reign lord,
Than bow'd before the Macedonian sword,
Or gaz'd with trembling at the awful height
Of Rome's proud eagle in her utmost flight!

THE

SOVEREIGN.

O THOU, great Monarch of a pow'rful reign,
That more than doubles Europe's whole domain!
Whom larger empires own their sov'reign lord,
Than bow'd before the Macedonian sword,
Or gaz'd with trembling at the awful height

شکل ۸: یک صفحه در یک کتاب چاپ شده در ۱۸۰۰.
نقاط فاکسینگ در مرحله اولیه. آنها رنگ زرد کم رنگ دارند و عملاً غیرقابل رؤیت هستند (چپ). اما به خوبی برای فلوئورسانس تحت نور uv قابل تشخیص هستند. (راست)

اطراف حرکت کنند و کاتالیزی برای اکسیداسیون سلولز باشند.

رنگ هاله‌های (قهوه‌ای بدون رنگ) اطراف مرکب، رنگ چاپ متن و حکاکی در کتاب‌های نادر ورنگ فاکسینگ شبیه هستند حتی اگر لومینانس هر کدام از آنها در مراحل ابتدایی متفاوت باشد. عقلانی است که فرض کنیم این پدیده طبیعی است:

یک پیر سازی اکسیدی تسریع شده موضعی کاغذ در مقایسه با محیط اطراف کاغذ.

افزایش موضعی پیر سازی اکسیدی، تکه شده با یون‌های آهن II یا فلزات انتقالی دیگر برای نمونه مس Cu. مشاهدات قابل رؤیت آنها مانند یک اثر از احیا آهن III و انتشار یون‌های آهن II به درجه پیرسازی کاغذ مخصوصاً اسیدیته آن مربوط می‌شود.

ترکیبات روی یا تیتانیم، رادیکال‌های آزاد اکسیداسیون سلولز در محیط خنثی و بازی متوسط افزایش پیدا می‌کند. انبار کردن نسخه‌های خطی، کتاب‌های نادر، حکاکی‌ها و پارچه‌های پنبه‌ای در نور کم (در روشن سازی پایین) کمترین تغییرها (افت و خیزها) در رطوبت و دمای مناسب، محدود می‌شود به مقدار گردوخاک در هوا و تمیز کردن منظم گردوخاک مانع به وجود آمدن فاکسینگ می‌شود.

مقواهای بدون اسید با کیفیت بالا برای نقاشی کردن و حکاکی‌ها لازم است.

نقاط فاکسینگ در مرحله اولیه، وقتی که آنها هنوز غیرقابل رؤیت هستند می‌توانند با تست موارد مشکوک تحت نور UV تشخیص داده شوند.

ممکن است مانع رشد بیشتر فاکسینگ ثبت شده در مرحله اولیه شده با:

- شستشوی کاغذ آسیب دیده در آب مقطر یا در مخلوط آب و الکل.
- آغشته ساختن کاغذ به مدت یک هفته با محلولی از ژلاتین که دارای ظرفیت بالای بافری باشد، به آهستگی اسیدیته کاغذ تحت درمان پایین می‌آید.

استفاده از آنتی اکسیدان‌ها، مخصوصاً در ترکیبات کمپلکس با فلزات انتقالی به نظر مفید می‌رسد. اما این خبر از تحقیقات و بررسی‌های بیشتر می‌دهد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت مالی از RFFI (پشتوانه تحقیقات بنیادی روس) به نتیجه رسیده است. ما می‌خواهیم از کتابخانه روسیه برای اهدای کاغذهای فاکسینگ قدیمی تشکر کنیم. همچنین می‌خواهیم از شیمیدان کتابخانه شملوا Schmeleva برای راهنمایی‌ها و کمک هایش در طی کار، دکتر پ. کاموزین Dr. P. Kamojin از انستیتو شیمی زمین‌شناسی، آکادمی علوم روسیه برای کمک‌های بی دریغشان در تحقیقات طیف سنجی ESR و Y. Akmetjjanov ی. آکمتزانو از انستیتو تحقیقات برای بازسازی و ساختن عکس‌ها تشکر کنیم.

خلاصه

فاکسینگ. یک روش جدید برای حل یک مشکل قدیمی

یک روش تحقیق و جستجو که حقیقت فاکسینگ را توضیح دهد، برگزیده شد. به روشنی یک رابطه‌ای بین اشکال فاکسینگ و محصولات کاغذی پیدا شده است که به مدت نمایش آنها، نحوه گردگیری و شرایط انبارداری آنها مربوط می‌شود. تحقیقات با UV آشکار می‌سازد که فاکسینگ‌ها در مراحل اولیه رشد حساسیت فراوانی را نشان می‌دهند. به همان نسبت که شدت رنگ زیاد می‌شود لومینسانس کاهش می‌یابد.

تکنیک طیف سنجی ESR معلوم کرده است، در شکل‌گیری ابتدایی، مقدار رادیکال‌های پروکسید در لکه‌ها دو برابر مقدار آنها در اطراف لکه فاکسینگ است.

در تعدادی از نقاط فاکسینگ آهن و مس بیشتری نسبت به بیرون آنها پیدا شده است.

آهن III معمولاً در اکسیدهای قابل حل در خاک و آلودگی‌ها وجود دارد. اکسیداسیون سلولز با اکسیژن هوا نتیجه توسعه رادیکال‌های پراکسید است که قادرند آهن III را به آهن II احیا کنند. در محیط اسیدی متوسط ترکیبات حاوی آهن II بیشتر قابل حل هستند، بنابراین آنها می‌توانند از ذرات گرد و غبار و آلودگی به اطراف پارچه‌ها، فیبرها، کاغذها نفوذ کنند. مراحل اکسیداسیون در اطراف محل نفوذ Fe^{+2} افزایش پیدا می‌کند، بنابراین یون‌های Fe^{+2} مراکز رادیکالی شکل هستند.

محصولات اکسیداسیون سلولز می‌توانند با ترکیباتی که شامل نیتروژن هستند ترکیب شوند. این چنین اشکال قهوه‌ای رنگ به وجود می‌آیند.

منبع:

* REBEIKOVA, N. L. MANTUROVSKAYA, N. V.
FoxingA New Approach to an Old Problem.
Restaurator, VOL21 (2000), No2, pages 85 100 85-100