

اسیدزدایی آثار چوبی تاریخی با استفاده از نانوذرات هیدروکسید کلسیم

سنتز شده به روش شیمیایی

محمدرضا واعظی^{۱*}، راضیه ناظمی اشنی^۱ و قباد کیانمهر^۲

^۱پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشکده فناوری نانو و مواد پیشرفته

^۲دانشکده مرمت دانشگاه هنر اصفهان

تاریخ ثبت اولیه: ۹۱/۸/۳، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۹۲/۳/۱۲، تاریخ پذیرش قطعی: ۹۲/۴/۵

چکیده اسیدی شدن از آسیبهای رایج آثار چوبی تاریخی است و مبحث اسیدزدایی در بسیاری از موارد در جریان مراحل حفاظت و مرمت آثار چوبی تاریخی مطرح می شود. استفاده از آمونیاک به همراه حلال الکلی (عموما متانول) به عنوان ماده اسیدزدا، روشی معمول برای اسیدزدایی آثار چوبی تاریخی می باشد، اما استفاده از این ماده اسیدزدا بخاطر سطحی بودن اسیدزدایی و عمق نفوذ اندک این ماده در چوب مشکلاتی را در بر دارد. امروزه استفاده از دیسپرسیون قلیایی نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول برای اسیدزدایی آثار تاریخی چوبی، کاغذی و پارچه ای نتایج قابل توجهی در پی داشته است. در این تحقیق روش رایج اسیدزدایی چوبهای تاریخی ایران با استفاده از محلول آمونیاک در حلال الکلی، با روش جدیدی که در سالهای اخیر در موزه استکهلم برای اسیدزدایی چوبهای اسیدی شده کشتی تاریخی Vasa، آزمایش شده، مقایسه گردیده است؛ به این منظور، سه گونه چوبی جدید چنار، گردو و گلابی و دو نمونه تاریخی چنار مربوط به دوران صفوی و قاجار، مورد آزمایشهای اسیدزدایی قرار گرفته اند و در راستای بررسی امکان استفاده از نانوذرات هیدروکسید کلسیم برای اسیدزدایی آثار چوبی تاریخی، با تکیه بر نتایج بررسیهای pH سنجی و وزن سنجی، به بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی رویی و آنالیز طیف سنجی جذب اتمی و مقایسه میزان انحلال نمونه ها در مواد اسیدزدا با بررسی تغییر رنگ آنها پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: اسیدزدایی - چوب - آثار تاریخی - نانوذرات هیدروکسید کلسیم.

Acidification of historical wood works by using calcium hydroxide nanoparticles synthesized via chemical processing

M.R. Vaezi^{1*}, R. Nazemi Ashni and Gh. Kianmehr²

¹Materials and Energy Research Center

²Isfahan University of Art

Abstract Acidification is a common harm to historical wood works and the issue of deacidification, in conserving and restoring historical wood works, is mentioned using ammonia along with alcoholic solvent (usually methanol), as a deacidifire, is a common approach to deacidification of historical wood works. But using this deacidifire also has its own problems. One of the problems of using ammonia solvent in methanol is the superficiality of the deacidification and low penetration in wood which causes reacidification of wood after a short period. Being poisonous, for both ammonia and methanol, and dangers of using them for the wood restorers are other radical problems of using these solvents for deacidification of historical wood works. Also, permanent damage of wood compositions while conserving and restoring the wood works causes changes and problems. Recently, using nano materials in the science of conservation and restoration of historical works is being examined. One of the examined cases has been alkalinized dispersion of nano particles of calcium hydroxide in isopropanol for deacidification of historical wood, paper and cloth. The results of the deacidification on these material which have been mentioned is very noticeable. In this research we compared traditional method for deacidification of iranian historical wood works (using ammonia in a alcoholic solvent) with a new method have been examined recently in Stockholm Museum for deacidification of acidified wood of the historical ship Vasa (using alkalinized dispersion of nano particles of calcium hydroxide). We examined three types of permanent wood; Buttonwood, Pearswood and Walnutwood, and two types of historical wood; safavid Buttonwood and qajari Buttonwood. For feasibility study of using alkalinized dispersion of nano particles of calcium hydroxide for deacidification of historical wood works, we depended on results of these examinations; pH examinations, weight examinations, SEM images, Atomic Absorption, comparing solvation of samples in deacidifires with examination of changing in their color.

Keywords: wood, historical work, acidification, Ca(OH)₂ Nanoparticles, Dispersion, penetration.

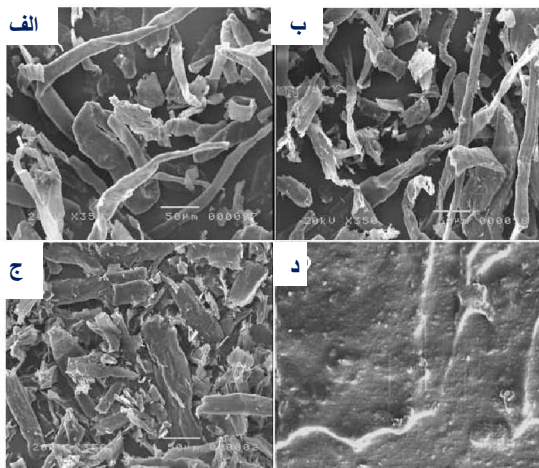
*عهده دار مکاتبات

آدرس: کرج، مشکین دشت، پژوهشگاه مواد و انرژی، پژوهشکده فناوری نانو و مواد پیشرفته

تلفن: ۰۲۶-۶۲۰۴۱۳۱، دورنگار: ۰۲۶-۶۲۰۱۸۸۸، پست الکترونیکی: vaezi9016@yahoo.com

۱- مقدمه

واسطه اسید آزاد، خصوصاً اسید استیک و توسط گروه‌های شیمیایی اسیدی (غالباً گروه‌های استیل) ایجاد می‌گردد. گروه‌های استیل که از همی سلولز مشتق می‌شوند به آسانی هیدرولیز شده و ازینرو اسید استیک بیشتری را در شرایط مرطوب تولید می‌کنند بسیاری از مواد شیمیایی چوب، قابل حل در آب هستند، اکثر عصاره‌های چوب در آب به صورت اسید ضعیف عمل می‌کنند و بنابراین اغلب چوبها pH در حدود اسید ضعیف دارند [۱] اما به غیر از اسیدی که به واسطه ماهیت چوب ایجاد می‌شود، عوامل اسیدی موجود در اطراف چوب نیز می‌توانند منشاء آسیب و تخریب چوب باشند (شکل ۱).



شکل ۱. تاثیر اسید بر روی الیاف سلولز [۲]

(الف) α سلولز در حالت طبیعی، (ب) α سلولز تحت تاثیر اسید سولفوریک ۵٪، (ج) α سلولز تحت تاثیر اسید سولفوریک ۶۰٪، (د) α سلولز تحت تاثیر اسید سولفوریک ۶۵٪.

همانطور که مشخص است با افزایش غلظت اسید، از هم گسیختگی الیاف سلولز بیشتر شده و در اسید سولفوریک ۶۵٪ الیاف سلولز کاملاً از بین رفته‌اند.

۱-۲- نانوذرات هیدروکسید کلسیم

علت تفاوت خواص مواد نانومتری با مواد حجیم را باید به اندازه آنها نسبت داد؛ با کوچک‌تر شدن اندازه ذرات، تعداد اتمهای سطحی زیاد می‌شوند. بسیاری از ویژگی‌های شیمیایی مواد نیز به سطح آنها بستگی دارد. برای مثال سرعت حل شدن یا نفوذ با سطح ذرات ارتباط مستقیم دارد. از آنجا که کسر زیادی از اتم‌های ذرات نانومتری در سطح قرار دارند، این مواد

در مبحث حفاظت و مرمت آثار چوبی تاریخی، مرمت‌گر با یک ماده خام طبیعی روبرو است که غیر از پرداخت و شکل دهی، فراوری نشده و ساخته دست بشر نیز نمی‌باشد. می‌توان گفت که این ویژگی در آثار تاریخی چوبی و شاید سنگی مشترک باشد. اسیدی شدن چوب در چرخه طبیعی بازگشت چوب به طبیعت وجود دارد و اسیدزدایی این چرخه را مختل ساخته و یا به تاخیر می‌اندازد. اسیدزدایی آثار چوبی تاریخی اسیدی شده، با محلول آمونیاک در حلال الکلی، روش رایج اسیدزدایی این آثار برای رساندن pH چوبهای اسیدی شده به pH اندک قلیایی حدود ۸ تا ۹ می‌باشد. اما در اغلب موارد، اقدام به اسیدزدایی، سطحی و به صورت آغستن سطح چوب اسیدی با مواد اسیدزدا محدود می‌شود و با pH سنجی سطح اثر، بدون اینکه امکان pH سنجی از عمق شیء تاریخی فراهم باشد، اسیدزدایی، موفق اعلام می‌شود. برای مقایسه اسیدزدهای سنتی و جدید، استفاده از آمونیاک در حلال الکلی و استفاده از کلونید قلیایی نانو ذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول مورد آزمایش و مقایسه قرار گرفتند، جهت بررسی میزان اثربخشی مواد اسیدزدا و همچنین مقایسه میزان نفوذ آنها، نتایج بررسی‌های زیر مورد توجه و مطالعه قرار گرفته است:

۱- وزن سنجی؛ با توزین نمونه‌ها برای سنجش نسبی میزان افزایش وزن آنها در حین غوطه‌وری و محاسبه میزان افزایش وزن، بعد از تبخیر کامل حلال و مقایسه نتایج در اسیدزدهای مختلف انجام شده است.

۲- pH سنجی؛ نمونه‌ها، قبل از اسیدزدایی، بعد از اسیدزدایی و بعد از پیرسازی مجدد، pH سنجی شدند تا تاثیر اسیدزدایی مواد مختلف اسیدزدا با هم مقایسه شود.

۳- مشاهده با تصاویر میکروسکوپ الکترونی رویشی

۴- بررسی با آزمون طیف سنجی جذب اتمی

۵- بررسی تغییر رنگ نمونه‌ها

۶- بررسی تغییر رنگ مواد اسیدزدا

۱-۱- اسیدی شدن چوب

چوب به طور عمده اسیدی می‌باشد، این خصوصیت به

بعد از pH سنجی نمونه ها به مدت ۱۲۰ ساعت تحت دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی در حد اشباع، پیرسازی مصنوعی شدند.

مواد اسیدزدای تهیه شده برای بررسی، مطالعه و مقایسه میزان تاثیر آنها بر روی نمونه های چوبی شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- محلول آمونیاک در متانول
- ۲- محلول آمونیاک در ایزوپروپانول
- ۳- محلول آمونیاک در اتانول
- ۴- کلئید قلیایی ۰/۰۵ مولار نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول
- ۵- کلئید قلیایی ۰/۰۵ مولار ذرات معمولی هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول

محلول های شماره ۱ و ۲ و ۳ با اضافه کردن قطره قطره آمونیاک غلیظ به حلال الکلی تا رسیدن pH محلول به ۹ تهیه شدند؛ زیرا pH قلیایی بالاتر از ۹ مانند pH های اسیدی به چوب آسیب می رساند و از بین برنده همی سلولز است. برای تهیه ماده اسیدزدای شماره ۴، کلئید قلیایی ۰/۰۵ مولار نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، ۰/۵۷ گرم از نانوپودر هیدروکسید کلسیم در ۳۰۰ سی سی ایزوپروپانول در ظرفی در بسته به مدت ۱ ساعت با قرار دادن در دستگاه اولتراسونیک پراکنده شد. اسیدزدای شماره ۵ نیز به شیوه اسیدزدای شماره ۴ تهیه گردید با این تفاوت که از ذرات معمولی هیدروکسید- کلسیم به جای نانوپودر هیدروکسید کلسیم استفاده شد. در مراحل تهیه این دو کلئید، نانوپودر و پودر مورد استفاده و کلئید آن کمتر در معرض هوای آزاد قرار گرفتند تا از کربناته شدن پودر هیدروکسید کلسیم جلوگیری شود.

روش های زیر معمولاً برای اعمال ماده اسیدزدا بر روی

آثار چوبی تاریخی به کار می روند؛

- ۱- اسپری کردن ماده اسیدزدا بر سطح اثر
- ۲- آغستن اثر به ماده اسیدزدا به وسیله قلم مو
- ۳- آغستن اثر به ماده اسیدزدا با ضمادگذاری
- ۴- غوطه ور کردن اثر در ماده اسیدزدا در فضای سر بسته

بیشتر مشابه بخار یا گاز فعالیت می کنند تا مواد جامد. سرعت حل شدن این مواد در محلولها نیز به مراتب بیشتر از ذرات میکرومتری یا حجیم گزارش شده است. [۳] هیدروکسید کلسیم از مهمترین ترکیباتی است که در هنر و ساختمان سازی مورد استفاده قرار گرفته است. این ماده از طریق واکنش های همگن یا ناهمگنی که در آب و یا محیط های غیر آبی رخ می دهد ساخته می شود. در تولیدات صنعتی، هیدروکسید کلسیم به وسیله آب دار کردن آهک زنده تولید می شود. در این فرایند، بلورهای نامنظمی در حد ۱ میکرون تولید می شوند، خواص فیزیکی آب آهک بعد از ذخیره طولانی در آب، به دلیل کاهش اندازه ذرات و تغییرات مورفولوژیکی تغییر می کند (شکل ذرات از منشوری به صفحه ای تغییر می کند). کربناته شدن در مقیاس بالاتر با کهنگی آب آهک تقویت می شود. ذرات هیدروکسید کلسیم با اندازه و شکل های مشابه با واکنش همگن در آب به دست می آیند. بین شرایط رسوب (دما و غلظت مواد اولیه) و اندازه و شکل بلورهای رسوب شده، ارتباط وجود دارد. [۴]

۲- فعالیت های تجربی

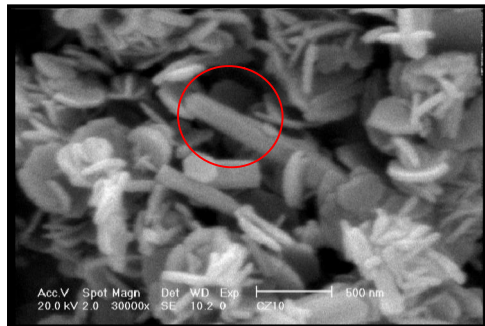
به دلیل کاربرد زیاد گونه های چوبی چنار، گردو و گلابی در آثار تاریخی چوبی ایران، از این گونه ها برای نمونه سازی استفاده شد. نمونه ها به شکل مکعب در ابعاد ۳ سانتیمتر تهیه شدند. از نمونه های چنار متعلق به دوران صفویه و قاجار نیز نمونه هایی در ابعاد نزدیک به نمونه های جدید تهیه شد.



شکل ۲. الف) نمونه چوب های جدید، از راست به چپ: چنار، گردو و گلابی، ب) نمونه چوب های تاریخی از راست به چپ: چنار مربوط به دوره صفوی، چنار مربوط به دوره قاجار

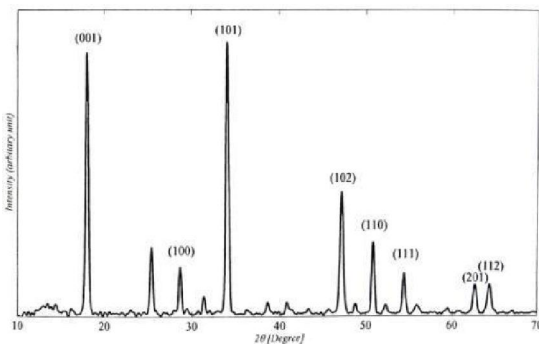
۳- نتایج و بحث

نانوپودر هیدروکسید کلسیم سنتز شده مورد استفاده در این پژوهش با تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی و همچنین آنالیز فازی پراش اشعه ایکس مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۳. تصویر SEM نانوپودر هیدروکسید کلسیم سنتز شده به روش هیدروترمال، مقیاس ۵۰۰nm

بررسی آنالیز فازی توسط پراش اشعه ایکس نانوپودر هیدروکسید کلسیم نشان می‌دهد که فاز هیدروکسید کلسیم کریستالی است و ناخالصی دیگری در طیف مشاهده نمی‌شود.



شکل ۴. طیف XRD از نانوپودر هیدروکسید کلسیم، تهیه شده به روش هیدروترمال [۵]

نمونه‌های جدید چوب برای رسیدن به شرایط اسیدی، پیرسازی شدند، این فرایند پیرسازی موجب از هم گسستگی رشته‌ها و لیاف سلولزی در نمونه‌های پیرسازی شده نسبت به نمونه‌های جدید می‌شود (شکل ۵).

برای بررسی میزان نفوذ مواد اسیدزدا تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از عمق‌های مختلف نمونه‌های

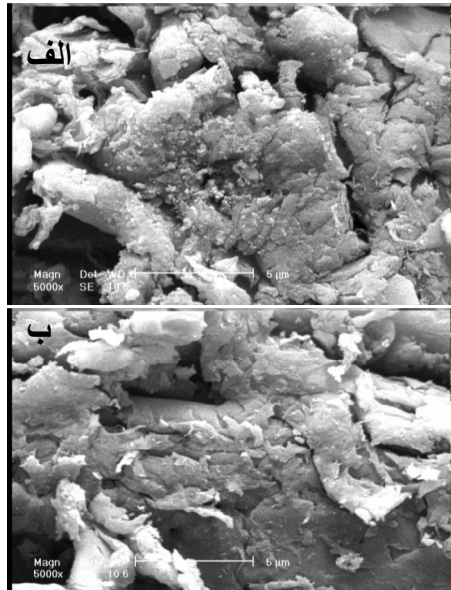
از بین روش‌های ذکر شده روش غوطه‌ور کردن اثر در ماده اسیدزدا با بیشتر در معرض قرار دادن اثر در ماده اسیدزدا روشی کارآمدتر به نظر می‌رسد؛ سه روش اول به دلیل تبخیر سریع حلال و یا ماده واسطه حتی با تکرار متناوب آنها تاثیر روش چهارم را نخواهند داشت. با در نظر گرفتن این نکته که در این تحقیق، هدف، بررسی و مقایسه تاثیر ماده اسیدزدای جدید با مواد اسیدزدای سنتی است، از روش غوطه‌ور کردن نمونه‌ها در ماده اسیدزدا به عنوان روش اعمال ماده اسیدزدا استفاده شد تا همه نمونه‌ها در شرایط یکسان تحت نفوذ ماده اسیدزدا قرار گیرند.

به این ترتیب نمونه‌ها در ظروفی که با قرار دادن یک شیشه ساعتی کاملاً در بسته می‌شدند قرار گرفته و ماده اسیدزدا بر روی آنها ریخته می‌شد تا کاملاً سطح نمونه‌ها را بپوشاند، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در این حالت می‌ماندند تا زمان کافی برای نفوذ ماده اسیدزدا به داخل نمونه‌های چوبی فراهم باشد، بعد از ۴۸ ساعت نمونه‌ها به مدت یک هفته در معرض هوای آزاد قرار می‌گرفتند تا حلال ماده اسیدزدا و یا الکل پراکنده ساز ماده اسیدزدا تبخیر شود، نمونه‌ها خشک شوند و پس از آن کاهش وزن در نمونه‌ها مشاهده نشود.

جهت بررسی با تصاویر میکروسکوپ الکترونی، نمونه چوب‌های جدید و تاریخی برش زده شده و از محل‌های مشخص شده اقدام به تصویر برداری SEM شد. بعد از آزمایش ۵ ماده اسیدزدای مطرح شده در این تحقیق برای اسیدزدایی نمونه‌ها، رنگ ظاهر نمونه‌های چوب و نمونه‌های اسیدزدا، قبل و بعد از اسیدزدایی، با هم مقایسه شد تا تاثیر مواد اسیدزدا بر روی ویژگی‌های رنگی نمونه‌های چوب و نمونه‌های اسیدزدا بررسی و با یکدیگر مقایسه شود.

در یک فرایند اسیدزدایی مناسب، ماده اسیدزدا باید بعد از اتمام مراحل اسیدزدایی با باقی گذاشتن ذخیره قلیایی (به عنوان ماده بافر یا بازدارنده) برای جلوگیری از اسیدی شدن مجدد، از اثر خارج شود. در این تحقیق برای بررسی میزان ذخیره قلیایی در نمونه‌های چوب بعد از اسیدزدایی و پیرسازی مجدد، با تهیه نمونه از عمق‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ میلیمتری، اقدام به اندازه‌گیری عنصر کلسیم در عمق‌های مختلف نمونه تاریخی با استفاده از طیف‌سنجی جذب اتمی گردید.

عمق از میزان ذرات کاسته می شود، نفوذ مناسب و باقی گذاشتن ذراتی به عنوان ذخیره قلیایی برای جلوگیری از اسیدی شدن دوباره چوب‌های تاریخی از ویژگی‌های مهم اسیدزدای مناسب است.



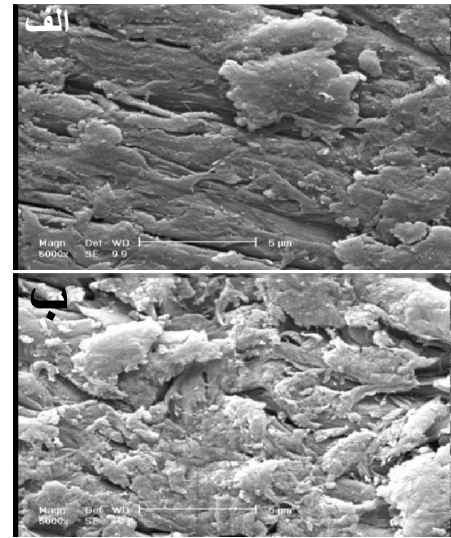
شکل ۷. الف) تصویر SEM از عمق ۴ میلیمتری نمونه چنار صفوی، بعد از درمان با محلول آمونیاک در متانول و پیرسازی مجدد، مقیاس ۵ μm، ب) تصویر SEM از عمق ۶ میلیمتری نمونه چنار صفوی، بعد از درمان با محلول آمونیاک در متانول و پیرسازی مجدد، مقیاس ۵ μm.

شکل ۷، الف) و ب) به ترتیب تصاویر SEM از عمق-های ۴ میلیمتری و ۶ میلیمتری نمونه چنار صفوی، بعد از درمان با محلول آمونیاک در متانول و پیرسازی مجدد را نشان می دهند. به جای نگذاشتن ذره ای به عنوان ذخیره قلیایی مناسب، مطابق با تصاویر، استفاده از این محلول (آمونیاک در متانول) را برای اسیدزدایی آثار چوبی تاریخی با مشکل روبرو خواهد ساخت.

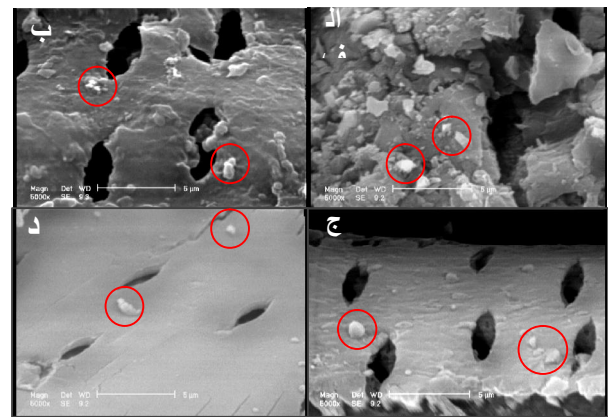
نفوذ اندک اسیدزدای شماره ۵؛ کلئید قلیایی ذرات معمولی هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول را به دلیل درشت تر بودن ذرات، نسبت به اسیدزدای شماره ۴؛ کلئید قلیایی نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، نشان می دهند. این موضوع موجب مشاهده دانه های سفیدرنگ در نمونه‌های درمان شده با اسیدزدای شماره ۵؛ کلئید قلیایی ذرات معمولی هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول گردید.

در بررسی با آزمون طیف سنتی جذب اتمی (AAS)، به طور متوسط، میزان کلسیم در یک گرم از نمونه چوب چنار

اسیدزدایی شده با مواد اسیدزدای سنتی و ماده جدید اسیدزدا گرفته شد (شکل ۶).



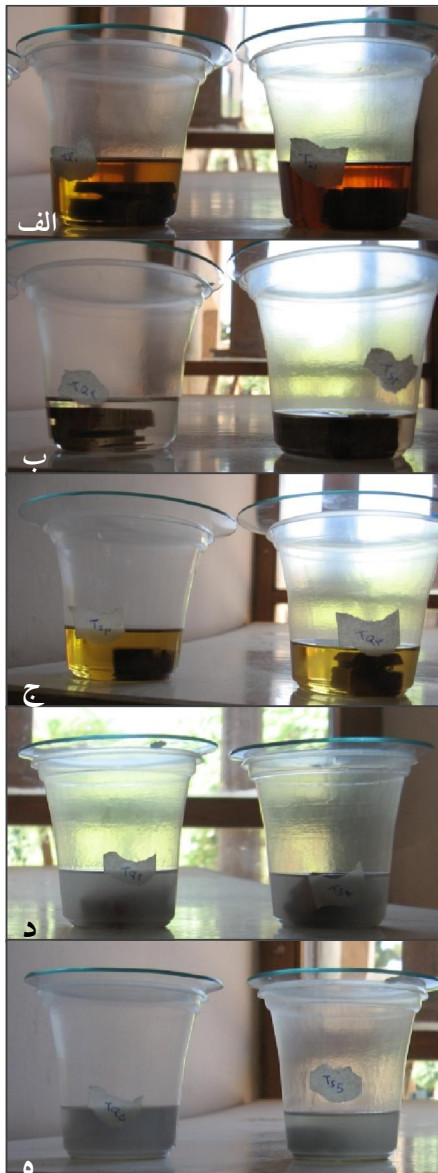
شکل ۵. تصویر SEM از نمونه چوب چنار جدید مقیاس ۵ μm الف) قبل از پیرسازی مصنوعی ب) بعد از پیرسازی مصنوعی



شکل ۶. الف) تصویر SEM از عمق ۲ میلیمتری نمونه چنار صفوی، بعد از درمان با کلئید قلیایی نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرسازی مجدد مقیاس ۵ μm، ب) تصویر SEM از عمق ۴ میلیمتری نمونه چنار صفوی، بعد از درمان با کلئید قلیایی نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرسازی مجدد مقیاس ۵ μm، ج) تصویر SEM از عمق ۶ میلیمتری نمونه چنار صفوی، بعد از درمان با کلئید قلیایی نانو ذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرسازی مجدد مقیاس ۵ μm، د) تصویر SEM از عمق ۸ میلیمتری نمونه چنار صفوی، بعد از درمان با کلئید قلیایی نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول و پیرسازی مجدد مقیاس ۵ μm.

نفوذ نانوذرات هیدروکسید کلسیم و باقی گذاشتن ذخیره قلیایی تا عمق ۸ میلیمتری نمونه تاریخی چنار صفوی (شکل ۶، الف) تا (د)) اتفاق افتاده است، مطابق با انتظار، با افزایش

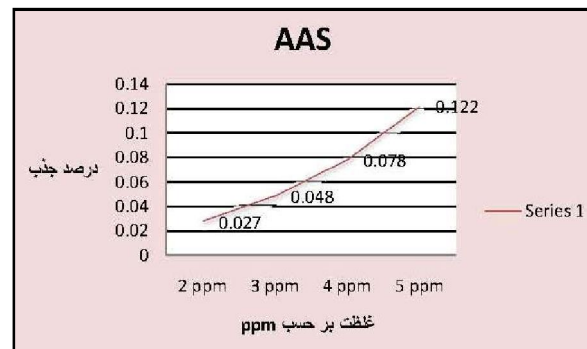
شدند (شکل ۹).



شکل ۹. الف) نمونه‌های صفوی و قاجاری، غوطه‌ور شده در ماده اسیدزدای شماره ۱، آمونیاک در متانول. ب) نمونه‌های صفوی و قاجاری، غوطه‌ور شده در ماده اسیدزدای شماره ۲، آمونیاک در ایزوپروپانول. ج) نمونه‌های صفوی و قاجاری، غوطه‌ور شده در ماده اسیدزدای شماره ۳، آمونیاک در اتانول. د) نمونه‌های صفوی و قاجاری، غوطه‌ور شده در ماده اسیدزدای شماره ۴، کلئوئید نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول. ه) نمونه‌های صفوی و قاجاری، غوطه‌ور شده در ماده اسیدزدای شماره ۵، کلئوئید ذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول.

در مورد اسیدزدهای شماره ۴ (کلئوئید نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزو پروپانول) و ۵ (کلئوئید ذرات هیدروکسید کلسیم در ایزو پروپانول) می‌توان گفت هیچ گونه تغییر رنگی اتفاق نیفتاده است.

صفوی اسیدزدایی شده با کلئوئید قلیایی نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول برداشته شده از عمق ۵ میلیمتری، ۰/۰۶۱۵ گرم می باشد. میزان کلسیم در یک گرم از نمونه برداشته شده از عمق ۱۰ میلیمتری همان نمونه چوب، ۰/۰۱۹۵۳ گرم به دست آمده و میزان کلسیم در یک گرم از نمونه برداشته شده از عمق ۱۵ میلیمتری همان نمونه چوب نیز ۰/۰۱۳۳ گرم است.



شکل ۸ نمودار درصد جذب بر حسب غلظت محلولهای استاندارد در آزمون طیف سنجی جذب اتمی

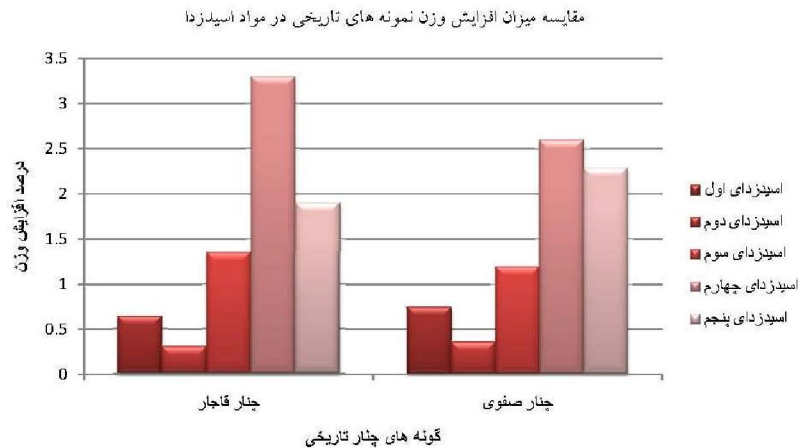
این نتایج نشان می‌دهد که میزان قابل قبولی از کربنات کلسیم، به عنوان ذخیره قلیایی که نقش ماده بافر را در مقابل اسیدی شدن مجدد چوبها خواهد داشت، در عمق‌های مختلف نمونه درمان شده با کلئوئید قلیایی نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، باقی مانده است.

بعد از اتمام اسیدزدایی نمونه‌ها با اسیدزدهای مورد آزمایش در این تحقیق، هم در نمونه‌های چوب و هم در مواد اسیدزدای آزمایش شده تغییر رنگ مشاهده شد که در بررسی و تحلیل نتایج این تحقیق مهم و موثر خواهد بود؛ در نمونه‌های تاریخی درمان شده با اسیدزدای شماره ۱ بیشتر از تغییر رنگ آنها در اسیدزدای شماره ۳ و سپس اسیدزدهای شماره ۲، ۴ و ۵ بود. تغییر رنگ در اسیدزدهای شماره ۱ و ۲، تیره شدن رنگ نمونه‌ها بود و در اسیدزدای شماره ۵، مشاهده دانه‌های سفیدرنگ بر سطح نمونه‌ها اتفاق افتاد. در مورد اسیدزدای شماره ۴ می‌توان گفت که هیچ گونه تغییر رنگی در نمونه‌ها مشاهده نگردید.

بعد از غوطه‌ور کردن نمونه‌ها در مواد اسیدزدا و گذشت ۴۸ ساعت، بعضی از نمونه‌های مواد اسیدزدا، دچار تغییر رنگ

ماده اسیدزدا به داخل بافت فرسوده و متخلخل چوب‌های تاریخی و باقی گذاشتن ذخیره قلیایی مناسب، بعد از تبخیر ایزوپروپانول نسبت داد.

در بررسی و مقایسه افزایش وزن نمونه‌ها نیز، در نمونه‌های چنار صفوی و قاجار درصد جذب کلئید نانو ذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول بیشتر از اسیدزداهای دیگر است (شکل ۱۰). می‌توان این موضوع را به نفوذ بیشتر این



شکل ۱۰. نمودار مقایسه درصد میزان افزایش وزن نمونه‌های تاریخی، در مواد اسیدزدا

صفوی ۱۸/۵۱ درصد و نمونه‌های چنار قاجاری ۷/۰۱ درصد افت pH داشته‌اند (شکل ۱۱، د).

جهت بررسی تغییرات pH و موثر بودن اسیدزدایی بعد از اسیدزدایی با اسیدزداهای مورد آزمایش، میزان pH نمونه‌های جدید و تاریخی، قبل از اسیدزدایی، بعد از اسیدزدایی و بعد از پیرسازی مجدد، سنجیده و ثبت شد.

۴- نتیجه‌گیری

برای بررسی تأثیر مواد اسیدزدا آزمایش شده، به طور کلی آزمایش‌هایی انجام شد که تمامی آنها در دو دسته بررسی زیر می‌گنجند:

در نمونه‌های درمان شده با محلول شماره ۱، آمونیاک در متانول، نمونه‌های چنار صفوی پس از درمان و پیرسازی مجدد، ۱۹/۳۹ درصد و نمونه‌های چنار قاجاری ۱۵/۲۸ درصد افت pH داشته‌اند (شکل ۱۱، الف). نمونه‌های درمان شده با محلول شماره ۳، آمونیاک در اتانول، نمونه‌های چنار صفوی پس از درمان و پیرسازی مجدد، ۱۶/۸۲ درصد و نمونه‌های چنار قاجاری ۸/۴۸ درصد افت pH داشته‌اند (شکل ۱۱، ب). در نمونه‌های درمان شده با اسیدزدای شماره ۴، کلئید نانو ذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، نمونه‌های چنار صفوی پس از درمان و پیرسازی مجدد، ۴/۳۸ درصد و نمونه‌های چنار قاجاری ۳/۵۷ درصد افت pH داشته‌اند (شکل ۱۱، ج).

۱- بررسی میزان نفوذ مواد اسیدزدا (با دو بررسی):

الف) وزن سنجی متناوب در حین غوطه‌وری نمونه‌ها در مواد اسیدزدا

ب) مشاهده تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

۲- بررسی میزان تأثیر مواد اسیدزدا (با سه بررسی):

الف) pH سنجی بعد از پیرسازی مجدد نمونه‌ها

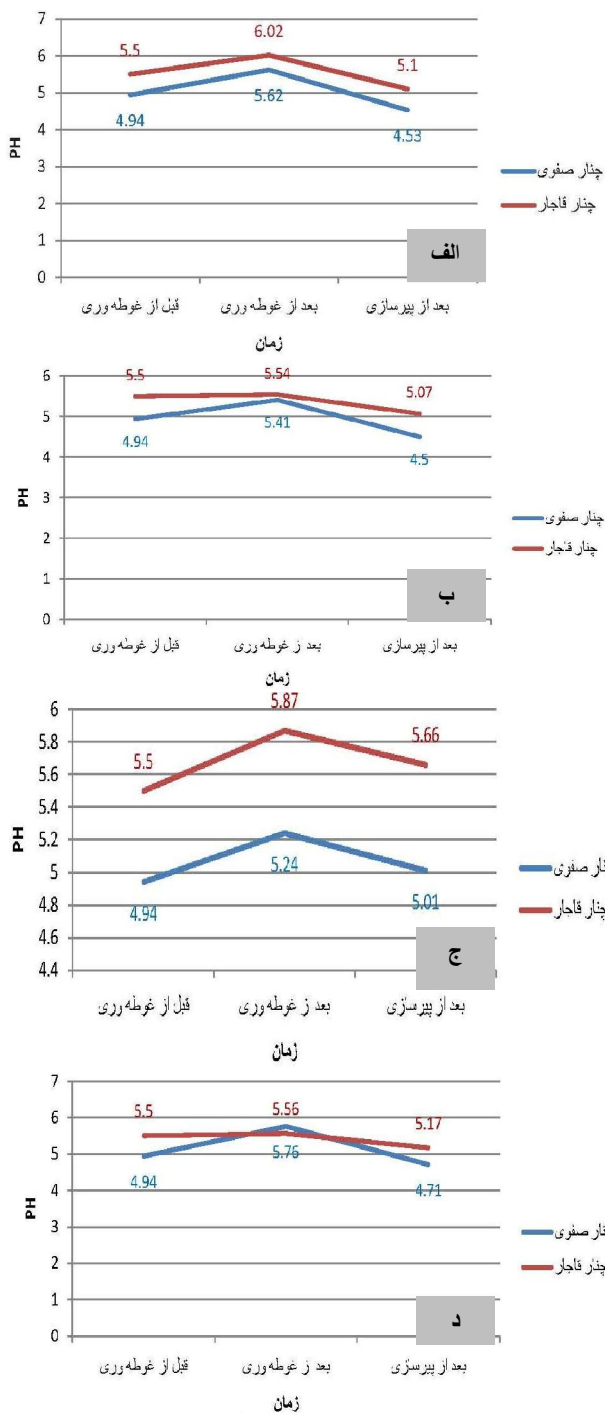
ب) بررسی حضور ذخیره قلیایی بعد از اسیدزدایی و پیرسازی مجدد، با مشاهده تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

ج) بررسی حضور ذخیره قلیایی بعد از اسیدزدایی و پیرسازی مجدد، با طیف سنجی جذب اتمی (AAS)

با بررسی تغییرات pH نمونه‌ها بعد از درمان با مواد اسیدزدا و بعد از پیرسازی مجدد نمونه‌ها، می‌توان گفت که

در نمونه‌های درمان شده با محلول شماره ۵ کلئید ذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، نمونه‌های چنار

در شرایط و ابعاد متنوعی که آثار تاریخی چوبی در آن قرار دارند همچنان وجود دارد.



شکل ۱۱. الف) نمودار تغییرات pH نمونه های تاریخی در محلول شماره ۱؛ آمونیاک در متانول (ب) نمودار تغییرات pH نمونه های تاریخی در محلول شماره ۳؛ آمونیاک در اتانول، ج) نمودار تغییرات pH نمونه های تاریخی در اسیدزدای شماره ۴؛ کلونید نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، د) نمودار تغییرات pH نمونه های تاریخی در اسیدزدای شماره ۵؛ کلونید ذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول.

کلونید قلیایی نانو ذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، در جلوگیری از اسیدی شدن دوباره‌ی نمونه‌های تاریخی و جدید، بعد از پیرسازی مجدد، موثرتر از مواد دیگر اسیدزدا واقع شده‌اند و درصد افت pH نمونه‌هایی که با این ماده اسیدزدایی شده‌اند در مقایسه با اسیدزدهای دیگر قابل قبول تر است. در بخش بررسی شرایط یک اسیدزدای مناسب، یکی از فاکتورهای برشمرده شده برای اسیدزدای مناسب، رساندن pH به حدود ۸ برشمرده شد؛ قابل ذکر است که در این تحقیق به مقایسه نتایج به دست آمده در شرایط مورد آزمایش پرداخته شده است.

محاسبه درصد افزایش وزن بعد از غوطه‌وری نمونه‌ها در مواد اسیدزدا، در مورد نمونه‌های جدید پیرسازی شده، نفوذ قابل قبولی را برای اسیدزدای شماره ۴ (کلونید قلیایی نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول) نشان می‌دهد و در مورد نمونه‌های تاریخی درمان شده نیز درصد نفوذ ماده اسیدزدای شماره ۴ نسبت به اسیدزدهای دیگر بیشتر بوده است.

در بررسی تغییر رنگ ایجاد شده در نمونه‌های مورد آزمایش نیز نمونه‌های درمان شده با اسیدزدای شماره ۱ های ۲ و ۳، که حاوی آمونیاک بودند، موجب تیره شدن رنگ نمونه‌های چوب شدند و اسیدزدای شماره ۵، که حاوی کلونید ذرات معمولی هیدروکسید کلسیم بود موجب سفیدک زدن سطح نمونه‌های چوب گردید درحالی‌که اسیدزدایی با اسیدزدای شماره ۴؛ کلونید نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول، هیچگونه تغییر رنگی را برای نمونه‌های چوب به همراه نداشت.

تغییر رنگ ماده اسیدزدا بعد از غوطه‌وری کردن نمونه‌های چوب جدید و قدیمی در آنها در مورد اسیدزدهای شماره ۴ و ۵ که حاوی ذرات هیدروکسید کلسیم بودند اتفاق نیفتاد اما در سه اسیدزدای حاوی آمونیاک میزان تغییر رنگ ماده اسیدزدا بسیار شدید دیده شد.

با مشاهده این نتایج می‌توان استفاده از کلونید نانوذرات هیدروکسید کلسیم در ایزوپروپانول را برای اسیدزدایی آثار چوبی تاریخی بر استفاده از اسیدزدهای سنتی حاوی آمونیاک برتری داد، اما جای بررسی و مطالعه بیشتر بر روی این ماده با غلظت‌های متفاوت و تاثیرات آن بر نمونه‌های مختلف چوبی

مراجع

۱. ریدوت، برایان، ۱۳۸۴، تخریب چوب آلات در ساختمان، مترجمین علی نقی کریمی، الیاس افرا، چاپ اول، تهران، انتشارات آبیژ.
2. Xiyang Kiyang ,Heterogeneous Aspects of acid hydrilysis of α -cellulose in Applied Biochemistry and Biotechnology, volumes 107, No 1-3, 2003.
۳. سیمچی عبدالرضا، ۱۳۸۷، آشنایی با نانوذرات (خواص، روشهای تولید و کاربرد)، چاپ اول، تهران، موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف.
4. Baglioni Piero, Rodorico Giorgi, 2006, Soft and hard nanomaterials for restoration and conservation of cultural Heritage www.rsc.org/softmatter.
۵. محی‌الدین جعفری، نفیسه سادات، "استحکام بخشی لایه-های جدا شده نقاشی دیواری (تمپرا) با استفاده از نانوذرات هیدروکسید کلسیم سنتز شده به روش شیمیایی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۸۷
6. Chelazzi David, Giorgi Rodorico, Baglioni Piero, Nanotechnology for Vasa Wood De-Acidification, 2006.
7. Giorgi Rodorico, Chelazzi David, Baglioni Piero, Nanoparticles of Calcium Hydroxide for Wood Conservation. The Deacidification of the Vasa Warship, 2005.
8. Unger A , Schinewind A.P , 2001 , Conservation of Wood Artifacts A hand book , Springer 2001.
9. Highley T.L. , Kent Kirk .T, 1979 , Mecanisms of Wood Decay and the Unique Features of Heartrots, Symposium on Wood Decay.
10. Kataoka Yutaka, Kiguchi Makoto, 2007, Violet light causes pHotodegradation of wood beyond the zone affected by ultraviolet radiation, Holsforschung, 61.
11. McMillin Charles. W , *Wood science*, 9(4), 1976.
12. National Organic Standards Board Technical Advisory Panel Review, Compiled by OMRI for the USDA National Organic Program, April 2002.
13. Wengert Gene , The Wood Doctors; Common cause of panel gluing problems , Department of Forestry, University of Wisconsin-Madison ,1998.