

ӘӨЖ 621.378.33

ЯДРОЛЫҚ ФИЗИКА ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ЕСКІ ҚҰНДЫ МАТЕРИАЛДАРДЫ ҚАЙТА ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ

Дүйсенбай Маржан Мейірбекқызы

Marzhana.duisenbay@gmail.com

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, «Ядролық физика» мамандығының 5-курс студенті
Ғылыми жетекшісі – Г.Е.Сатаева

Қағаз және оның түрлері

Қағаз-икемді, капиллярлы-кеуекті, коллоидты, парақ материалы, негізінен өсімдік талшықтарынан тұрады, сәйкесінше өңделеді және жұқа параққа қосылады, онда талшықтар беткі адгезия күштерімен байланысады. Сонымен қатар, қағазда желімделетін заттар, минералды толтырғыштар мен бояғыштар болуы мүмкін.

Қазіргі уақытта әлемдік қағаз өнеркәсібі әртүрлі, ал кейбір жағдайларда мүлдем қарама-қарсы қасиеттері бар 600-ден астам қағаз және картон түрлерін шығарылады:

- жоғары мөлдір және мүлдем мөлдір емес (актиникалық емес);
- электр өткізгіш және электр оқшаулағыш;
- қалыңдығы 4-5 мкм (яғни, адамның шашынан 10-15 есе жұқа) және ылғалсіңіретін және су өткізбейтін қалың картон түрлері (Брезентті қағаз);
- күшті және әлсіз;
- тегіс және өрескел;
- бу, газ, май өткізбейтін және т.б.

Бұл қасиеттердің әртүрлілігі қағазды күнделікті өмірде ғана емес, сонымен қатар әртүрлі ақпаратты сақтаудың материалдық негізі ретінде де қолдануға мүмкіндік береді.

Бастапқы талшықтардың құрылымы көбінесе олардың қағаз түзуші қасиеттерін анықтайды. Құбырлы құрылымның талшықтары сіңіргіштігі жоғарылаған қағаздың толық түрлерін алуға ықпал етеді. Таспа құрылымының талшықтарынан әдетте жабық беті бар тығыз, берік қағаз алынады.

Осы зерттеуде жүргізілген жұмыстар аясында қағаздың 3 негізгі түрі зерттелді:

- целлюлоза-өсімдік шикізатын қышқылмен (сульфитті әдіс) немесе сілтімен (сульфатты) пісіру өнімі;
- сүрек массасы – сүректі алдын ала булай отырып, механикалық ысқылау немесе бір мезгілде термоөңдеумен механикалық ысқылау өнімі;
- ағаш массасында табиғи ағашта бар барлық компоненттер бар. Бұл целлюлоза талшықтарынан айырмашылығы қатты және сынғыш ағаш целлюлозаталшықтарының қағаз құрайтын қасиеттеріне із қалдырады. Олар тұрақты емес пішінді және қысқа ұзындыққа ие;
- шүберек қағаз – өндіріс үшін матаны, сондай-ақ линт, мақта түбіті, сондай-ақ, зығырды және кендір қыл-қыбырды өңдеуден қалған қалдықтарды пайдаланады, олар механикалық беріктігі мен ұзақ мерзімділігі жоғары көрсеткіштері барқағазды алу қажет болған жағдайларда қолданылады.

Қағаздың қасиеттеріне ерекше әсер желімдеудің болуы. Бұл әсер пайдаланылатын желімдейтін заттардың түріне, олардың саны мен пайдалану тәсіліне (қағаз массасына енгізу немесе қағаз бетіне жағу) байланысты әр түрлі болады.

Байланыстырғыш заттар (крахмал және оның туындылары, жануарлардың желімі), әсіресе егер олар қағаз бетіне қолданылса, оның механикалық беріктігін едәуір арттырады –

кеуектілік пен ауа өткізгіштігін төмендетеді, сонымен бірге суда ылғалданған кезде қағаздың деформациясын арттырады. Бұл заттармен қағаздың беткі қабаты үздіксіз пленканың пайда болуына байланысты оның сұйықтықтарға сіңу қабілеті айтарлықтай төмендейді [1].

Қағаздың беріктігіне әсер ететін факторлардың саны өте көп. Оларға мыналар жатады: бастапқы талшықтардың беріктігі мен ұзындығы, талшықтардың бір-бірімен араласу дәрежесі мен сипаты, талшықтардың сыртқы бетінің фибрилляция немесе өзгеру дәрежесі, қағаздың тығыздалу дәрежесі, қағаздың беріктігін арттыруға немесе азайтуға ықпал ететін қағаздағы талшықты емес заттардың болуы. Қағаздың беріктігіне әсер ететін өзгермелі факторларға мыналар жатады: бастапқы талшықтардың икемділігі және қағаз жасау үшін қолданылатын талшықтардың қасиеттерімен немесе қағаз өндірісінің технологиялық процестерімен байланысты көптеген басқа факторлар.

Қағаздың кейбір түрлері, әсіресе құрамында ағаш массасы бар, түсі айтарлықтай өзгереді – сарыға айналады. Сол сияқты, ол жарық сәулелеріне ұшыраған кезде түсін тез өзгерте алады. Боялған немесе жарыққа төзімді емес бояғыштармен боялған қағаз.

Қағаздың қартаюуы өте күрделі процесс, оның табиғаты әлі де жеткілікті түрде анықталмаған, өйткені бұл процестің барысына көптеген ауыспалы факторлар әсер етеді, ең алдымен қағаз жасау үшін қолданылатын талшықты материалдардың химиялық құрамы, желімдеу, толтыру және бояу заттары, ортаның қышқылдығы, қағазды сақтау шарттары (салыстырмалы ылғалдылық және қоршаған орта температурасы). Қағаздың жедел қартаюуының негізгі факторларының бірі сутектік көрсеткіші $-(pH)$ бірліктерінде көрсетілген қышқылдықтың жоғарылауы [2].

Қағаз фонындағы ластаушы заттардың негізгі түрлері

Құжаттарды ластаушы заттардан тазарту - эстетикалық қасиеттерді және тазаланатын нысанның түпнұсқалық көрінісін қайтаруға ғана емес, сонымен қатар субстраттың материалының беткі қабатта ластанудан туындаған деградациясына қарсы күрес шарасы, бұл құжатты уақтылы араласусыз біржола бұзуы мүмкін.

- Ластаушы заттар ретінде екі санатты бөлуге болады: бастапқы өңдеу нысанының бөлігі болып табылмайтын бөгде зат;
- шығу тегі табиғи немесе жасанды химиялық немесе физикалық процестер салдарынан алынған материалдар.

Ластаушы материалдардың бірінші түріне ластаушы заттар жатады:

Балауыз. Балауыз шамдарымен ұқыпсыз жұмыс істегендіктен, балауыз маңызды тарихи құжаттардың қауіпті ластаушысы болды. Балауызды лазермен алып тастау бірқатар қиындықтарға тап болады және іс жүзінде мүмкін емес. Балауыз қағаздың терең қабаттарына енеді, бүкіл спектрлік диапазонда жақсы шағылысады және субстрат материалының тозуына ықпал етеді.

Күйе. Лазерді қолдана отырып, қағаз үлгілеріндегі ластануды жою көптеген тәжірибелік жұмыстарда тиімді екенін көрсетті. Күйе 1064 нм толқын ұзындығындағы лазерді қолдана отырып, қағаз үлгісінің құрылымына "сүртетін" резеңке жолақтарды қолданудың классикалық механикалық тәсілінен айырмашылығы іс жүзінде ешқандай із қалдырмай тиімді жойылады.

Майлы іздер. Майлы іздер - кітапты пайдаланушының оның бетімен жұмыс істеуінің салдары, сонымен қатар қағаз нысандарының қасиеттерін нашарлатуға ықпал ететін ластаушы зат болып табылады және лазермен оңай тазаланады.

Ластаушы материалдардың екінші түріне ластаушы заттар жатады:

Рестаурация процесінде алынатын лак-бояу материалдары. Бояулар мен лактарды жою негізінен кескіндеме туындыларын қалпына келтіру саласында орын алады. Лазерлік тазалауды қолдану ұзақ уақыт бойы қоршаған ортадан жиналған кірдің беткі қабатын кетіруге көмектеседі. Сондай-ақ, беткі қабатты тазарту процесі кейіннен қалпына келтірудің алдын-ала шарасы бола алады, яғни беткі ластанған қабатты ерітіп қана қоймай, сонымен қатар кескіндеме нысанына теріс әсер ететін еріткіштерді қолдануға балама ретінде қызмет етеді.

Сия. Бояулардың агрессивті қасиеттеріне байланысты Леонардо Да Винчидің жазбаларынан бастап Бахтың қолжазба ноталарына дейінгі көптеген тарихи құжаттарға үлкен

зиян келтірілді. Қазіргі уақытта лазерлік технологиялар арқылы ескі сияның коррозиялық қасиеттерін тегістеу үшін бірқатар зерттеулер жүргізілуде.

Фоксинг. Фоксинг - ең аз зерттелген қағаз ластағыштарының бірі, олар кішкентай, сәл көрінетін дақтардан бастап үлкен аумақтарды алып жатқан көрінетін дақтарға дейін өзгертін, тұрақты емес пішінді қызыл түсті дақтар. Фоксингтің пайда болуы тарихи құжаттарды қағаз негізінде сақтау саласындағы маңызды мәселе болып табылады, өйткені олар іргелес беттер арқылы көшіп, ескі қағаздар мен қолжазбаларға түзетілмейтін зиян келтіруі мүмкін. Фоксингтің пайда болу себебі әлі күнге дейін белгілі емес.

Фоксингтік дақ. Қағаздың зақымдануы мен ластануының көптеген мүмкін себептерінің ішінде ең көп таралған және жойғыш – фоксинг. Фоксингтер- өткір немесе тегіс емес жиіктері бар, түсі сарғыштан қызыл қоңырға дейін, ескі қағазда 20-30 жастан асқан дақтар. Фоксингтің бір ерекшелігі-олардың беттер тізбегі арқылы қозғалу қабілеті, яғни фоксинг дақтары - қағаз парағында пайда болатын үш өлшемді дақ құрылымы. Қағаз субстратында сақталған ескі кітаптар, құжаттар, гравюралар, карталар және басқа да көптеген өнер туындылары қауіпті және оларда фоксингтің жеңілуіне бейім.

Фокс дақтарын кетірудегі маңызды мәселе-оларды ерте диагностикалау. Өздеріңіз білетіндей, фокустық дақтар ультракүлгін сәулеленудің әсерінен жақсы флуоресцентті, ал флуоресцентті аудандар көбінесе адамның көзімен, зардап шеккен аймақтардан гөрі үлкен, сонымен қатар мөлдір аймақтарды хромның өзгеруінің көрінетін әсерінсіз анықтауға болады. УК-флуоресценция кезінде анықталған дақтар фоксинг дамуының ерте кезеңі болып табылады және түс өзгеруінің және толыққанды фоксингтік зақымданулардың одан әрі қалыптасуының алғышарты болып саналады.

Қазіргі уақытта фоксингтің табиғаты әлі де нақты зерттелмеген және одан әрі мұқият зерттеуді қажет етеді. Фоксингпен жұмыс істеудегі қиындықтар әртүрлі химиялық реакциялармен және қағаздың қартаюу процесінде орын алатын физикалық процестермен байланысты. Сонымен қатар, бұл процестер сыртқы жағдайларға және қағаздың бастапқы құрамына байланысты айтарлықтай өзгеруі мүмкін.[3]

Қағазды тазалауда қолданылатын лазерлердің негізгі түрлері

Мәдени-тарихи мұра нысандарын өңдеу кезінде реставрациялау жұмыстарының барлық түрлерінде импульсті немесе импульсті-кезеңдік режимде жұмысты жүзеге асыратын лазерлерді пайдалану ұсынылады. Бұл режимдерді қолдану өңдеу нысанына қатысты қалпына келтіру жұмыстарының нәзіктігі мен қауіпсіздігімен түсіндіріледі.

Ғылыми шолуларда, әр түрлі ластаушы заттарды тек қағаз субстраттарынан ғана емес, сонымен қатар көптеген басқа органикалық және бейорганикалық материалдардан тазартудағы ең танымал лазерлер қатты күйдегі Nd:YAG лазерлері болып табылады, олардың негізгі артықшылықтары қол жетімділік, жұмыс қарапайымдылығы, шағын өлшемдер, шығыс параметрлерінің тұрақтылығы, екінші және үшінші гармониканы құру мүмкіндігі. Жабдықтарды өндірушілерге байланысты наносекунд бірліктерінен микросекундтық диапазонға дейінгі импульстардың ұзақтығын алуға мүмкіндік береді. Алайда, қалпына келтіру міндеттері үшін өңдеу аймағындағы жылу әсерін төмендететін импульстің ең аз ұзақтығы бар жабдықты пайдалану маңызды. Импульстардың жұмыс энергиясы 1 Дж-ға дейін. Импульстардың қайталану жиілігі ондаған килогерцке жетуі мүмкін, бірақ мұндай жиіліктерді қалпына келтіру мәселесінде қолдану мүмкін емес, өйткені бұл әсер ету аймағында жылу жинақтау әсерінің айтарлықтай көрінісіне әкеледі, бұл субстрат материалына зақым келтіруі мүмкін. Қалпына келтіру саласында лазердің бұл түрі диагноз қою үшін кеңінен қолданылады, сонымен қатар беткі ластануды тазарту үшін белсенді қолданылады [5].

Қағазды тазартуда неодимий лазерлерін қолданудың әдебиеттерден белгілі нәтижелері келтірілген.

Сонымен, жұмыста Nd қолданылады, бірінші және екінші гармоникада жұмыс істейтін YAG лазері сәйкесінше 1064 нм және 532 нм. Энергия тығыздығы 0.1-ден 1 Дж/см²-ге дейін, импульстардың қайталану жиілігі 10-50 Гц, импульстің ұзақтығы 6 нс аралығында болды. Алдын ала сүзілген ватманның ескі үлгілерін тазарту жүргізілді, ластаушы зат целлюлоза парағы

арқылы көміртектің су суспензиясымен субстратқа қолданылатын көмір ұнтағы болды, бұл ластаушы зат табиғи шаңға ұқсас. Бірінші және екінші гармониканы қолдана отырып, ластануды тазарту бойынша тәжірибе жүргізілді, ол үшін 5 импульсті қолдану арқылы өңдеу жүргізілді. [4] Тәжірибе нәтижелері бойынша үлгінің бетін субстратқа көрінетін зақым келтірместен тиімді тазарту мүмкін болды. Алайда, екі жағдайда да сарғаю әсері болды. Сарғаю мен ағартудың әсері бір уақытта пайда болуы мүмкін және өңдеуден кейін материалдың қалай әрекет ететінін болжау мүмкін емес, жанама әсерлердің пайда болу процесі әр нақты үлгі жағдайында тестілеуді қажет етеді. Тәжірибе кезінде екінші гармониканы қолдану жақсы нәтиже көрсетті, бұл авторлардың көзқарасы бойынша екінші гармониканы қолдана отырып импульстердің қайталану жиілігінің төмендеуімен, сондай-ақ энергияның төмен тығыздығымен түсіндіріледі, радиацияның субстрат материалына әсерін азайтуға мүмкіндік берді.

Сондай-ақ, кеңінен таралған реставрациялық жұмыстарды алған эксимер лазері. Эксимерлер ұғымы тек электрлік қозған күйде болатын мономерлер, димерлер және басқа топтар сияқты қозған молекулалардың түрлерін қамтиды. Эксимерлер аз сәулелену уақытымен (наносекунд тәртібі) және лазердің жұмысын қамтамасыз ететін мәжбүрлі сәулеленудің үлкен көлденең қимасымен сипатталады.

Газ қоспаларында жоғары кернеу разрядымен қозған кезде құрылған KrF (248 нм), XeCl (308 нм). Бұл қоспаларда аз мөлшерде қосылыстар мен инертті газдар бар (Ar, Kr, немесе He). Бүкіл лазер блогы оптикалық резонатордағы айдау камерасынан (газ құбыры), зарядтағыштан және газдарды соруға және араластыруға қызмет ететін жүйеден тұрады.

Эксимер лазерлерін қолдану мысалдары жұмыста келтірілген, тазарту бойынша тәжірибелер жүргізілді. Эксимер лазерін қолданудың маңызды проблемасы өңдеу саласындағы целлюлозаны деполимеризациялаудың күшті дәрежесі болып табылады, ол ұзақ мерзімде өсе береді, бірақ осыған қарамастан, фоксингті тазалау мәселелерінде барынша тиімді эксимер лазерлері болып табылады.

Эксимерлі лазерді пайдалану ену тереңдігі азайтылған кезде лазерлік абляция мәселесіне балама тәсіл ретінде қарастырылуы мүмкін және мұндай жағдайда лазер өте дәл контактісіз скальпель ретінде жұмыс істей алады. Эксимер лазерінің ультракүлгін сәулеленуін пайдалану өңделген аймақтың сарғаюы мен түссізденуі түрінде теріс әсерлері бар көрінетін диапазонның сәулеленуін қолданумен салыстырғанда қауіпсіз және тиімді болуы мүмкін. Алайда, ластануды тазарту үшін ультракүлгін лазерлік сәулеленуді қолдану целлюлозаның қартаю процесін тездетеді, осылайша өңделген жерлердің қажетсіз деградациясына ықпал етеді. Ультракүлгін сәулелену кезінде фотондар сәулелендірілген аймақтың бетіне жергілікті түрде сіңеді, сондықтан жарықтың шашырауына әсер етпейді, бұл кейіннен қағаздың күтпеген тотығуына әкелуі мүмкін. Сонымен қатар, органикалық заттар қысқа толқын ұзындығында тиімді түрде жойылады, ал өңдеуден кейін сарғаю әсері болмайды. Ақыр соңында, ультракүлгін сәуле кез-келген материалдың бетінен споралар мен саңырауқұлақтарды тиімді түрде жояды [6].

Қорыта келгенде, лазерлік сәулеленудің ұзақтығы және оның субстрат материалымен әрекеттесу уақыты аз болғандықтан, бұл қағаз субстратының зақымдану ықтималдығыне дәуір төмендетеді. Жұмыста толқын ұзындығы 1030 нм болатын фемтосекундты лазерді пайдаланып тазартуға әрекет жасалды. Жұмыста Yb қолданылды: Glass фемтосекундтық лазер, импульстің ұзақтығы 550 фс, импульстің қайталану жиілігі 1кГц. Бұл жағдайда тазарту үшін сканерлеу жүйесі қолданылды. Қысқа ұзындықтағы импульстар мен сканерлеу жүйесінің жиынтығының арқасында субстрат материалына жылу әсерін азайтуға болады. Жұмыс қорытындысы бойынша үлгілерде бөгде түс өзгерісі болмады деген қорытынды жасалды, бұл ретте беткі ластаушы тиімді алынып тасталды, тазарту тиімділігі қуаттың ұлғаюымен артты.

Nd:YAG лазерін қолдана отырып, инфрақызыл диапазонының сәулеленуін қолдану туралы да айтуға болады. Бұл толқын ұзындығында тазарту оң нәтижеге әкелмеді, бірақ әфирлік және ішкі молекулалық байланыстардың пайда болуына байланысты полимерлену дәрежесінің жоғарылауы байқалды.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. High-Selectivity Cleaning of Historical Paper Samples with Sizing through Femtosecond Laser Ablation / T. Ersoy, Ç. Yamanb, M. Uguryolc, G. Mavili // Optics for Arts, Architecture, and Archaeology V. 2015, вып. (№) 5. С.6.
2. Электронный ресурс открытого доступа // Science of heritage. URL: http://www.science4heritage.org/COSTG7/booklet/chapters/prin_cle.htm (дата обращения: 20.08.2016).
3. Laser cleaning of paper – a step towards optimization / V. S. Šelih, M. Strlič, J. Kolar, D. Kočar, B. Pihlar // Faculty of Chemistry and Chemical Technology. 2006, С. 113.
4. Laser cleaning of paper using Nd:YAG laser / J. Kolar, M. Strlic, D. Müller-Hess, A. Gruber, K. Troschke, S. Pentzien, W. Kautek // Institut Papierrestaurierung. 2008, вып. (№) 5. С. 54.
5. Kannatey-Asibu, Jr., E. Aspects of the split-beam laser welding concept // Trans. of the ASME. 1991, вып. (№) 113. С. 215–221.
6. Optimisation and on-line acoustic monitoring of laser cleaning of soiled paper /M. Strlic, V.S. Selih, J.Kolar, D. Kocar // Applied Physics. 2005, вып. (№) 81. С.943-951.