

*Народни Музеј у Београду 2015*

# Материјал за припрему кустоског испита из техничке заштите

Саставио саветник МА дипл.инг. Јован Божиновић

# Конзерваторска етика

Навешћу неке од важнијих конзерваторских принципа који су прихваћени од Међународног института за конзервацију и који требају да поштују сви конзерватори.

## **1. Поштовање интегритета предмета**

Сви поступци конзерватора у раду морају поштовати естетски, историјски и физички интегритет предмета . Без обзира на стање предмета или вредност његова естетска, историјска, археолошка и физичка својства морају бити сачувана. По конзервацији сви подаци који су релевантни за датовање морају бити сачувани, па то и одређује третман који ће бити примењен.

## **2. Стручност и способност**

Конзерватор мора предузети такав преглед и поступак на археолошком предмету који је у границама његове стручности и способности .

## **3. Јединствени стандард**

За сваки предмет који се узима на конзервацију, без обзира на лично мишљење о вредности и квалитету, мора се применити најбољи третман. Мада околности могу ограничити време трајања конзерваторског поступка он мора бити најбољи за ту врсту материјала, без обзира на вредност предмета. Посебне технике могу бити примењене у случају конзервације већег броја предмета али само такве које ће сачувати све податке појединачног предмета.

## **4. Примена одговарајућег третмана**

Конзерватор неће применити или препоручити третман који не одговара потпуном очувању свих карактеристика предмета. Неопходност и квалитет поступка су важнији за професионалца од исплатљивости. Не треба применити поступак који није најбољи за предмет без обзира да ли је јефтинији или бржи ако тиме може доћи до оштећења. Мора се применити најбољи третман без обзира на његову цену или време трајања.

## **5. Принцип реверзибилности**

У процесу конзервације морају се применити материјали и поступци који ће онемогућити да се предмет доведе у такво стање да је реконзервација немогућа. Ово се посебно односи на примену материјала за реконструкцију пошто они морају бити такви да се могу лако уклонити без оштећења предмета, пошто ни једна конзервација не може трајати неограничено. Конзерватор има само једну шансу да сачува предмет и због тога показале нереверзибилним па је ово још један од проблема са којима се конзерватори сусрећу.

нереверзибилне технике се не смеју користити. Многе од техника за које се сматрало у прошлости да су реверзибилне су се са старењем материјала 3

## **6. Ограничења рестаурације**

Да би се надокнадила оштећења и недостајући делови конзерватор у договору са власником, кустосом или уметником може рестаурирати предмет, али тако да не измени његове основне карактеристике.

## **7. Стално самоусавршавање**

Сваки конзерватор мора поред неопходног знања за обављање послова наставити са сталним усавршавањем у струци да би могао да обезбеди најбољи третман који захтева предмет који се конзервира.

### **8. Помоћно особље**

Конзерватор је обавезан да заштити и сачува предмет у свим фазама вршећи надзор и кординирајући рад помоћног особља. У случају да се конзервација обавља у другој институцији која нема адекватну кадровску структуру неопходан је стални надзор над процесом конзервације од стране конзерватора.

Сва горе побројана правила показују сву комплексност приступа конзервацији која се не своди само избор третмана већ и аспекте који су везани за уметничко представљање и чување историјских података.

## **Конзервација археолошких предмета од метала**

### **Основни појмови**

Конзервација и чување археолошких предмета пронађених приликом ископавања спада међу најважније задатке, мора бити планирано пре почетка ископавања. То подразумева планирање средстава и опреме за конзервацију, стручни надзор током ископавања и што брже доношење предмета са локалитета у конзерваторску лабораторију.

Ископани предмети се налазе у другачијим условима тако да у неким случајевима може доћи до наглог пропадања поготово ако су од органских материјала, долази до непоправљивих оштећења или трајног губитка. Важно је одмах по проналажењу сместити их у оптималне услове за чување, не уклањати патину, и што пре започети са конзервацијом од стране стручних лица.

Под археолошким предметом се подразумевају налази од различитих врста материјала, метала, керамике, стакла, дрвета, текстилних влакана, коже, ћилибара и камена.

Конзерваторски поступак мора бити поступак којим ће се предмет трајно заштитити и обезбедити за смештај у депоу или изложбеном простору. Не смеју се предузимати такви поступци који ће омогућити само припрему за публикување јер тиме се материјал излаже даљем пропадању. Без обзира на дужину конзерваторског поступка он се мора спровести до краја, а потом обезбедити трајан смештај у условима који неће штетити предмету.

По завршетку конзерваторског поступка и смештаја мора се вршити надзор над стањем предмета и условима чувања да би се благовремено реаговало ако се уоче неке штетне промене. У случају промене температуре и релативне влажности мора се реаговати помоћу апарата као што су портабл клима уређаји, овлаживачи и одвлаживачи којим ће се постићи задати параметри. Материјал мора бити запакован у такву амбалажу која у свом саставу не садржи штетне материје и смештен на полице или ормане од метала, дрво није добро за израду полица због могућности ослобађања сирћетне киселине која изазива даља оштећења.

## Начела конзервације

Конзерваторски третман предмета може се састојати од конзервације и рестаурације. Конзервација подразумева процес документације, анализа, чишћење и стабилизацију предмета. Сврха чишћења и стабилизације је заштита предмета од штетних утицаја околине у којој се налази. Рестаурација је обнова оштећених предмета и израда недостајућих делова. У току конзервације могу се применити оба поступка али конзервација има предност, рестаурацију никад не треба започети пре комплетне конзервације предмета.

Пошто је процес конзервације у исто време и поступак добијања додатних информација у оквиру археололошких истраживања морају се сачувати сви подаци који су важни за датовање или детерминацију предмета уопште, али тако да предмет остане хемијски стабилан . Мора се сачувати што је могуће више оригиналне површине, облика и величине предмета. Материјали и поступци морају бити реверзибилни чиме се оставља могућност примене бољих материјала током будућих реконзервација .

Конзерваторским испитивањима пре конзерваторског третмана треба констатовати стање и оштећења предмета и на основу тога утврдити такав поступак који ће сачувати интегритет предмета, значајне податке и његову микроструктуру. Некада корозиони слој садржи важне податке па мора бити стабилизан и сачуван. Само у случајевима када је површинска корозија нестабилна, или сакрива значајне податке у доњим слојевима, треба је уклонити.

Поред знања, искуства и вештине потребна је и бескрајна стрпљивост.

Никада не треба журити у конзервацији.

Конзерваторска документација је изузетно важна и као извор података о почетном стању предмета и конзерваторским поступцима који ће бити драгоцени приликом потенцијалне реконзервације. Нарочито је важна фотодокументација свих фаза конзервације која ће садржати све податке од почетног стања предмета, фаза у току конзервације, до коначног изгледа предмета који је спреман за излагање или смештај у депо.

## Основни конзерваторски поступци

Конзервација мора бити наставак археолошких ископавања, па је неопходно да руководиоца пројекта пре почетка ископавања обезбеди средстава за конзервацију, надзор конзерватора над ископаним материјалом и приручну лабораторију у којој не треба обављати конзерваторски третман већ припрему материјала за транспорт до лабораторије у којој ће се конзервација обавити под најбољим могућим условима.

Понекад је налаз такав да би његово вађење из земље могло довести до значајних оштећења па се у том случају материјал заједно са земљом пакује и шаље у лабораторију на даљи рад.

На терену не треба уклањати патину са предмета јер је она заштитни слој од даље корозије у новонасталим условима, а може садржати податке због којих се патина мора стабилизирати и сачувати а не уклонити.

Археолошка ископавања се не завршавају на терену већ се настављају у лабораторији где се могу током конзервације открити значајни подаци који нису били видљиви при откривању на терену. Само заједничким радом археолога и конзерватора може се доћи до комплетних и релевантних података о предметима и локалитету.

## Лабораторијска конзервација

По доласку у лабораторију приступа се конзервацији у следећим фазама :

1. Смештај пре конзервације
2. Увођење у књигу пријема и отварање конзерваторског картона
3. Макроскопски и микроскопски преглед предмета којим се одређује

конзерваторски третман, са фотографисањем предмета пре започете конзервације, а по потреби и друге физичко-хемијске анализе.

4. Механичко чишћење до првобитне површине предмета, ако је могуће.
5. Уклањање хлоридних једињења и растворљивих соли, инхибиција и импрегнација. Ако је потребна рестаурација предмета она се обавља пре импрегнације. У току процеса конзервације фотографишу се сви значајнији детаљи који могу бити важни за датовање, детерминацију и будућу реконзервацију. Сви подаци о конзервацији и фотодокументација чине конзерваторски картон.
6. Смештај предмета на изложбени простор или депо уз редовну контролу промена и услова чувања.
7. Конзерваторски картони и књига пријема чине централну конзерваторску документацију која се трајно чува.

Смештај пре конзервације - је такав да предмет може бити чуван у непромењеном стању све до тренутка када ће се узети у конзерваторски третман. Сви метални предмети требају да се чувају у растворима инхибитора или других једињења, који ће спречити даљу корозију.

Увођење у књигу пријема (Табла 1) подразумева уношење основних података о налазишту, врсти материјала, датовању, власништву, датуму пријема и датуму изласка материјала из лабораторије.

Отварање конзерваторског картона (Табла 2) је детаљно уношење свих података о предмету, макроскопском и микроскопском и другим прегледима којим се одређује степен очуваности металног језгра, као и цео конзерваторски третман, са датумима кад су одређене фазе започете и завршене. Осим података, картону морају бити прикључене фотографије пре конзервације, у току конзервације и на крају конзерваторског поступка.

Макроскопски и микроскопски преглед су од изузетног значаја да би се утврдило тачно стање очуваности металног језгра, врста патина, постојање натписа или материјала друге врсте. Да би се добила што потпунија слика потребно је урадити рендгенски снимак предмета којим се могу добити детаљнији подаци о очуваности металног језгра присутности инкрустација од другог метала као и друге физичко-хемијске анализе. Сви ови подаци ће одредити тачан третман којим ће предмет бити најбоље заштићен, са свим подацима релевантним за датовање и евентуалну реконзервацију.

Механичко чишћење После детаљног прегледа приступа се механичком чишћењу предмета до првобитне површине. Ово је веома деликатна фаза која захтева велико искуство и стрпљење. Користе се различите врсте алата за зубну протетику, као и алати

који се могу по потреби направити и прилагодити одређеним врстама механичког чишћења. Корозиони продукти могу садржати најразличитије податке и ако се непажљиво уклањају може доћи до непоправљиве штете. Патина се уклања са предмета ако предмет има сачувано метално језгро, не садржи неке важне податке о предмету, и ако је штетна и може изазвати даљу корозију под утицајем нове средине.

Уклањање хлоридних једињења и растворљивих соли спада у у групу најважнијих конзерваторских поступака којим се уклањају различита једињења из различитих метала која могу реаговати са воденом паром из ваздуха и довести до наставка корозије. Детаљи за сваки метал понаособ биће предмет наредних поглавља .

Смештај предмета на изложбени простор или депо спада у последњу фазу која не значи престанак бриге, надзора и контроле над предметом. На изложбеном простору предмети морају бити заштићени од промена температуре, релативне влажности и аерозагађења. Овакве услове могуће је обезбедити само централном климатизацијом која је веома скупа или климатизованим витринама где би се материјал груписао по врстама, пошто услови чувања нису исти за различите врсте материјала.

У депоима материјал се мора редовно прегледати барем једном годишње, где ће по уоченим променама конзерватор вршити одабир материјала за конзервацију, уз књигу за сваки депо у којој ће да се бележе датуми прегледа и уочене промене.

Централна конзерваторска документација је од изузетног значаја па се мора трајно чувати као драгоцен база података за будуће конзерваторе и археологе. Морају се чувати и оригинални картони и књига пријема, а да би се олакшао приступ подацима пожељно је све податке дигитализовати и унети у базу података лабораторије за конзервацију.

## Основни конзерваторски третмани

По стицању у конзерваторску лабораторију, предмет се уводи у књигу пријема, отвара се конзерваторски картон, фотографише пре конзервације и прегледа макроскопски и микроскопски. Ако је потребно ради се и рентгенски снимак и друге анализе.

Када се утврди степен очуваности металног језгра, ако је оно очувано и ако се патина неће чувати после механичког чишћења приступа се следећим поступцима:

1. Електрохемијском или галванском чишћењу
2. Електролитичкој редукацији -електролизи
3. Хемијском чишћењу
4. Лепљење и реконструкција
5. Ласерско чишћење

1. Електрохемијско чишћење - Ова техника се данас ређе користи. Састоји се од поступка да се предмет стави у прохромску посуду прекрије гранулама цинка или алуминијума и прелије 10 % раствором натријум хидроксида. Приликом растварања цинка или алуминијума у раствору натријум хидроксида ослобађа се насцентни водоник из молекула воде који су продрли у пукотине у корозији и притоме се и одваја корозија од површине метала, уз ослобађање топлоте. Поступак се мора понављати док се са површине метала не уклоне у потпуности сви корозиони продукти . Мањи предмети се могу умотати у избушену алуминијумску фолију и потопити 10% раствор натријум хидроксида све док се фолија у потпуности не раствори. Поступак се понавља до потпуног чишћења предмета. Ова метода се може применити локално тојест само на

делу предмета тако што ће раствор натријум хидроксида бити нанесен четком само на алуминијумску фолију.

2. Електролитичка редукција - електролиза - Ово је један од најефикаснијих начина чишћења предмета од метала. Састоји се од потапања предмета у 5% раствор натријум хидроксида (NaOH) који се налази у пластичној кади у којој су још и две прохромске аноде вазане за позитивни извор напајања једносмерне струје. Предмет се везује очишћеном бакарном жицом за катоду (обично од бакра или месинга) која је повезана са негативним извором напајања. Јачина струје и напон се контролишу амперметром и волтметром који су на исправљачу. Јачина струје треба да буде око 2 ампера по дм<sup>2</sup>. Под дејством једносмерне струје ослобађа се насцентни водоник са површине предмета и тако се чисти од корозионих продуката. Повремено предмет се вади из раствора ради контроле и чисти металном четком под млазом текуће воде, а потом поново враћа у електролизу. Чишћење се обавља све док се предмет у потпуности не очисти. Највећа предност електролитичке редукције је у томе што се може контролисати интензитет реакције регулацијом напона и јачине струје (најчешће ауотрансформатором). У електролизи се не смеју чистити позлаћени, посребрени и предмети са инкрустацијом јер би се уклонили слојеви позлате, посребрења и инкрустација. Свака када за електролизу мора бити само за једну врсту метала да не би дошло до таложења другог метала на површину предмета који се чисти. Осим натријум хидроксида могу се користити и други електролити у електролитичкој редукцији. Запаљиве гасове, водоник и кисеоник, који настају у процесу електролизе, одводимо системом вентилације да не би дошло до самозапаљења или експлозије.

3. Хемијско чишћење - Ова метода се користи у случајевима када желимо селективно да уклонимо корозионе продукте, поготово ако су у питању објекти са посребрењем, позлатом или са слабије сачуваним металним језгром. Користе се различите хемикалије и најчешће се предмети који су потопљени у растворе одговарајућих хемикалија искувавају или само држе у раствору ако су таквог стања да не би могли да издрже загревање. Процес загревања у растворима има предност јер се предмети загревањем шире тако да хемикалије продиру и у пукотине па је чишћење ефикасније. Хемијским чишћењем корозија може бити потпуно или делимично уклоњена што је важно код предмета којима се патина чува. Најважније је уклонити хлоридна једињења која би, ако се не уклоне, касније у реакцији са воденом паром из ваздуха изазвала даљу корозију. Детаљни опис хемијског чишћења описашу у наредним поглављима за сваки метал понаособ.

Након хемијског или чишћења у електролизи приступа се хлоридном тесту којим се утврђује да ли је предмет очишћен од хлоридних једињења. Испитује се присуство хлоридних једињења у дестилованој води или раствору хемикалије у којој је предмет био потопљен. У чисту епрувету која је испрана дестилованом водом и осушена на ваздуху сипају се два запреминска дела раствора у коме је био предмет и један запремински део концентроване азотне киселине проанализа квалитета. У епрувету са потом капне 1-2 капи 5% раствора сребронитрата (AgNO<sub>3</sub>) у дестилованој води (раствор се чува у капалици од браон стакла) и прати се реакција. Ако се створи беличасто замућење у раствору су присутна хлоридна једињења и мора се наставити са даљим чишћењем. Ово се понавља све док раствор за хлоридни тест не остане потпуно бистар. Дата реакција је веома осетљива, реагује на присуство 1 јона хлора у 1000000 молекула воде. Уклањање хлоридних једињења може да буде веома дуг процес поготово код предмета који немају сачувано метално језгро, али се мора спровести до краја да би се обезбедила стабилност предмета у постконзервативном периоду.

По елиминацији хлорида приступа се уклањању растворљивих соли које би такође реаговале са воденом паром из ваздуха. Ово се ради искувавањем или држањем предмета у дестилованој води која на крају мора имати отпор од преко 120000  $\Omega/\text{cm}^3$ . Не треба употребљавати дестиловану воду која се купује у продавницама пошто она најчешће има мању вредност отпора тако да је дестилатор неопходан у свакој лабораторији за конзервацију археолошких предмета. Искувавањем предмета у дестилованој води процес одстрањивања растворљивих соли се убрзава, али се ово ради само код предмета који то могу да издрже, у противном они се само држе потопљени у дестилованој води која се редовно мења. Контрола отпора врши се потапањем сонде кондуктометра у дестиловану воду у којој је предмет провео 24 часа и када отпор буде преко 120000  $\Omega/\text{cm}^3$ , и не мења се, процес испирања је завршено.

Следећа фаза конзервације је сушење предмета. Различити метали као и хемијски поступци захтевају различите начине сушења предмета. Најчешће се сушење обавља у сушници на температури од 500С у трајању од 48 часова. Поред овог начина предмети се могу сушити на ваздуху где се овај процес убрзава потапањем у чист етил алкохол који се меша у свим размерама са водом која је заостала у предмету и као лако испарљив убрзава сушење. Начине сушења ћу дати посебно за сваки метал.

Након сушења, предмет се полира ако је уклоњена патина ротационом четком од исте врсте метала као што је предмет, а онда се ради инхибиција. Инхибиција означава заштиту предмета од корозије наношењем инхибитора пре импрегнације. Постоје различити инхибитори за различите метале, углавном се на различите начине наносе на површину предмета који се потом суши на ваздуху. Могу бити веома ефикасни чак и код предмета који су прешли потпуно у корозионе продукте. Наношење инхибитора у вакуму је посебно ефикасно јер тако доспева у све пукотине на предмету.

Импрегнација је последња фаза конзервације предмета. Најчешће се обавља у вакуму, а у Лабораторији за конзервацију археолошких предмета Народног музеја у Београду најчешће се користи Паралоид Б - 72 растворен у ксилолу. Предмет се потапа у посуду са 5% раствором Паралоида Б - 72 која се ставља у ексикатор и вакум пумпом се извлачи ваздух из предмета а потом се пумпа искључује и спољашњи ваздух под притиском утискује раствор у пукотине. По изједначавању спољњег и унутрашњег притиска предмета се вади из раствора и суши на ваздуху. По потреби концентрација Паралоида Б - 72 у ксилолу може бити већа (10-20%). Постоје и друге врсте средстава за импрегнацију (Bedakril 122 X) али се Паралоид Б - 72 показао као најбољи поготово обзиром на то да не жути са старењем премаза. Стари материјали као парафин су се показали као ненефикасни, температурно лабилни и опасни по здравље (парафинске паре се таложе у плућима и не могу бити острањене).

4. Лепљење и реконструкција - Археолошки предмети су често фрагментовани или недостаје део па је неопходно да се после инхибиције залепе или да се уради реконструкција недостајућег дела, само у случају ако за реконструкцију постоје сви потребни елементи. Обадва поступка морају бити реверзибилна, што значи да лепкови и материјали за реконструкцију могу лако да се уклоне и да при њиховом уклањању не дође до оштећења предмета. Лепљење и реконструкција се обављају пре импрегнације јер слој лака онемогућава добар контакт лепка са металом. Најчешће се користе епоксидне двокомпонентне смоле, најбоље аралдити (произвођач Ciba-Geigy) пошто су за њих тачно прописани услови коришћења и растварачи за њихово уклањање. Код реконструкције могу се користити двокомпонентне смоле којима се додају пигменти ради тонирања и изједначења боје са оригиналом, или течни метали код којих је пуниоц иста врста метала као и предмет, а и они се по потреби тонирају пигментима. Поред епоксидних смола користе се и двокомпонентна метилметакрилатна једињења



као што је Техновит 4004 (произвођач Kulzer:) који се првобитно користио за конзервацију стакла али се због добрих својстава и брзог везивања почео да користи и у реконструкцији метала.

5. Ласерско чишћење - Ласер је електронско оптички инструмент који производи кохерентно зрачење одређене таласне дужине. Основе ласерске технологије је поставио 1917 године Алберт Ајнштајн, за прву примену појачања светлости са стимулисаном емисијом зрачења се чекало до 1960 године.

Примена ласера за третман музејских експоната почела је 1972 године.

Ласери су данас широко распрострањени за третирање покретних и непокретних културних добара са применом на разноврсним материјалима.

Чишћење ласером прате ефекти : формирања плазме, ударних таласа, унутрашња напрезања, грејање материјала.....

Третирањем ласером врши се : скидање наслага са камена, чишћење слика, корозије са површине метала, чишћење текстила, пергаментата....

Ласерски зрак-узак сноп , делује као танак оштар нож којим се у зависности од одабраних параметара и прецизног дозирања чисте површине.

И поред велике прецизности за одређивање параметара рада, количине енергије и таласне дужине зрачења потребна је сарадња конзерватора и физичара специјализованог за ову материју.

И поред феноменалних резултата који се постижу овом методом она се у нашој земљи ретко користи.

Постоје и негативни ефекти код третирања појединих материјала овом методом. Велика густина енергије неповољно утиче на механичке особине металних предмета. Свим металним предметима се мењају механичке особине, постају јако крти и ломљиви. А ове нове „карактеристике“ металних предмета мењају услове чувања у депоима.



## Конзервација предмета од гвожђа и челика

Гвожђе је метал који се у периодном систему елемената налази на редном броју 26, атомска тежина је 55,8 , специфична тежина 7,87, а тачка топљења 1535 0C. У природи се не налази у елементарном стању осим у облику метеорског гвожђа легираног никлом. Човек је сигурно користио метеорско гвожђе, али се не може рећи да су најранији случајеви коришћења гвожђа пореклом од метеорског гвожђа. Хемијски знак за гвожђе је Fe.

Гвожђе се добија из својих руда, углавном оксида и карбоната, којих има и на површини земљине коре. Због високе тачке топљења његова екстракција захтева добре

пећи које могу да достигну температуру редукције руде. Из ових разлога човек је релативно касно почео да користи гвожђе (средина другог миленијума пре наше ере). Гвожђе се из руда прво добијало такозваном директном методом из пећи које су ложене дрветом или ђумуром ,уз појачано сагоревање природним или вештачким довођењем ваздуха ручним меховима . Са температурама око 12000С било је могуће одвојити метално гвожђе од неметала руде, али се метал морао касније пречишћавати. Гвожђе легирано угљеником гради легуре које се зову карбиди, које се класификују на основу концентрације угљеника на челик и ливено гвожђе. Метал који садржи само до 0,002 % угљеника зове се гвожђе.

Присуство угљеника значајно мења особине гвоздених легура , њихову тачку топљења, чврстоћу итд.

Гвожђе, специјално у античком периоду, садржу друге елементе као што су фосфор, силицијум, манган, сумпор итд. Од свих метала који су коришћени у античком периоду гвожђе је поседовало најбоље механичке особине али је веома подложно корозији. Чисто гвожђе је отпорније на корозију од оног које садржи угљеник. Важна особина гвожђа је да се може варити контактано ако се загреје до довољне температуре (бело усијање).

Гвожђе које се добија у високим пећима из оксидних руда је сирово гвожђе и садржи од 2 - 5% угљеника, а такође и силицијум, сумпор, фосфор и манган. Ако је проценат угљеника у легури гвожђа већи од 1,7% то је ливено гвожђе,ако је од 1,7- 0.2% онда је то челик а испод 0,2% је ковно гвожђе. Процент угљеника у легури гвожђа јако мења њена својства. (Слике од 1 до 15)

Међу археолошким налазима на терену предмети од гвожђа су веома чести али су због својстава метала веома подложни корозији тако да је њихова конзервација обично веома компликована. Због промене услова у којима се налазио предмет долази до убрзане корозије тако да предмети од гвожђа требају што пре да се узму у рад или сместе у такав раствор у којима ће бити спречена убрзана корозија.

Магнетит  $Fe_3O_4$  , црни оксид гвожђа, често се јавља на археолошким предметима нарочито у унутрашњости великих гвоздених предмета где преовлађују редукциони односи.

Гвожђе у процесу корозије прелази прво у гетит  $FeO(OH)$  или лимонит  $FeO(OH) \cdot n(H_2O)$ . Гетит је више кристалан од ова два, појављује се на предметима као влакнаста маса док је лимонит аморфан или крипстокристалан са апсорбованом или капиларном водом.

Од осталих корозионих продуката гвожђа најчешћи су сидерит  $FeCO_3$ , вивианит  $Fe_3(PO_4) \cdot 8H_2O$  и пирит  $FeS_2$ , мада се ретко помињу у археолошкој литератури. Једно од помињања је у Енглеској у вези заштитне улоге фосфата и таната на закопане металне предмете, где су откривени вивианит и оксидисани вивианит на једном римском ножу.

По доласку предмета од гвожђа у лабораторију после прегледа утврђује се степен сачуваности металног језгра, присуство орнамената у корозији или инкрустација од другог метала и на основу тога одређује конзерваторски поступак. Најбоље је урадити рентгенски снимак који ће дати тачну слику стања предмета. (Слике од 41 до 43)

Предмети са сачуваним металним језгром - Најбољи поступак је чишћење у електролизи ако нема орнамената у корозији или инкрустације. Прво се предмет механички чисти до првобитне површине а онда убацује у електролизу у којој је електролит 5% раствор натријум хидроксида. У току чишћења, више пута се површина предмета чисти челичном четком под млазом текуће воде. Када је са предмета у потпуности отклоњена корозија прелази се на фазу искувавања у дестилованој води

ради уклањања остатка електролита и растворљивих соли, уз контролу кондуктометром отпора дестиловане воде у којој је прамет провео 24 часа. Када опор воде буде већи од  $120000 \Omega/\text{cm}^3$ , прелази са на инхибицију у 1% раствору натријум бензоата ( $\text{C}_7\text{H}_5\text{NaO}_2$ ) у дестилованој води у који се предмет потапа. Овај поступак се понавља све до престанка стварања браон скраме на површини предмета и замућња раствора. По инхибицији предмет се испере дестилованом водом и остави да се суши на ваздуху 24 часа. Сушење у сушници се не примењује јер би дошло до повећања површинске корозије услед излагања повишеној температури. Након сушења приступа се полирању површине ротационом челичном четком да би се уклонила корозија која настаје при сушењу на ваздуху под дејством кисеоника.

Следећа је фаза фосфатизација, потапање предмета у 5% раствор фосфорне киселине ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) у трајању од 10 минута, након чега се предмет извади из раствора, обрише од вишка киселине и остави да се суши на ваздуху. Под дејством фосфорне киселине, на површини гвожђа ствара се слој гвожђе фосфата ( $\text{FePO}_4$ ), који штити предмет од утицаја атмосферске влаге и штетних материја. Евентуални беличасти слој на површини гвожђа по сушењу се уклања полирањем челичном ротационом четком.

Пре импрегнације гвожђе се може третирати 20% раствором танинске киселине ( $\text{C}_76\text{H}_52\text{O}_46$ ) у 1 литру дестиловане воде са додатком 150 милилитара етилалкохола. Овај раствор се наноси чвршћом четком утапкавањем на површину метала. По третману предмет се суши на ваздуху 24 часа.

Најбоље је користити танинску киселину од кестена, а рН вредност раствора треба да је између 2,5 - 3. Танински слој даје по сушењу површини предмета црну боју ако је нанесен на слој корозије гвожђа и веома је отпоран на атмосферске утицаје. Ако је рН вредност раствора већа од 3 додаје се фосфорна киселина док се не постигне жељена вредност. По сушењу предмет се премазује лаком за импрегнацију или импрегнира на други начин.

Импрегнација се обавља потањем предмета у посуду са 5 % раствором Паралоида Б -72 у ксилолу, која се ставља у ексикатор и процес се обавља у вакуму извлачењем ваздуха вакум пумпом. По импрегнацији предмет се суши на ваздуху.

Предмети са делимично сачуваним или без металног језгра - После снимања рентгеном и макроскопског и микроскопског прегледа прво се приступа механичком чишћењу до првобитне површине предмета тј. до слоја црног магнетита који у себи садржи највећи проценат гвожђа. У овој фази посебна пажња се обраћа, ако постоје, на трагове орнамента или инкрустације у корозији, што условљава степен уклањања корозионих продуката тако да се сачувају сви битни елементи предмета.

Следећа фаза је искувавање предмета у 5% раствору натријум хидроксида ( $\text{NaOH}$ ) у дестилованој води ради уклањања хлоридних једињења из предмета. Искувавање се обавља у металним посудама уз посебну пажњу обзиром да се ради са растворима који су веома реактивни и на тачки кључања. Предмет се сме искувати само ако је његово стање такво да током искувавања неће доћи до фрагментације. Предмети који не могу да поднесу искувавање чисте се од хлоридних једињења потапањем у 5% раствор натријумхидроксида и честим мењањем раствора. Ови поступци се обављају дотле док хлоридни тест не покаже негативни резултат. По уклањању хлоридних једињења приступа се уклањању растворљивих соли искувавањем у дестилованој води, или само заменом дестиловане воде у случају фрагилних предмета уз контролу отпора дестиловане воде кондуктометром . Када вредност отпора буде преко  $120000 \Omega/\text{cm}^3$  предмет се оставља у 1% раствору натријум бензоата у дестилованој води ради инхибиције. По престанку замућња раствора предмет се испере дестилованом водом и

суши на ваздуху 24 часа. По сушењу, предмет се премазује 20% раствором танинске киселине и по сушењу танинског слоја импрегнира 5% раствором Паралоида Б - 72 у ксилолу.

Овај поступак се примењује и код предмета који имају сачувано метално језгро ако у корозији која га прекрива сачуван орнамент или инкрустација од неког другог метала.

Поступак чишћења предмета који имају сачувано метално језгро само раствором фосфорне киселине се не препоручује пошто се њим не могу отклонити хлоридна једињења из предмета тако да без обзира на привид да је површина очишћена од корозије штетна једињења остају у металу и извор су нове корозије под дејством релативне влажности из ваздуха.

## Конзервација предмета од бакра и његових легура

Првобитно је човек користио бакар у чистом стању а онда је ради украшавања легиран са драгоценим металима, златом и сребром. Чисти бакар се тешко обликује али се његове механичке особине побољшавају додавањем арсеника или фосфора, што је откривено знатно касније. Мада арсеник и фосфор нису били познати у прошлости могуће је да су се користиле арсеничне и фосфорне руде.

Бакар је убрзо легиран са калајем и тако се добија бронза, а у легури са цинком даје месинг. У зависности од односа бакра и легираних метала постоје различите легуре.

Бронза и месинг су много коришћени у производњи нумизмата.

Бронза - Име бронза је дато одређеним легурама на бази бакра. Метал који је продукт легуре бакра и калаја понекад садржи и олово. Тачка топљења, механичке особине и боја легуре варирају у зависности од процента калаја у легури. Стари металурзи су веома добро знали како да прилагоде легуре својим потребама, мада су често исту бронзу претапали више пута тако да се основни однос метала у легури мењао. Најчешће је однос 90% бакра и 10% калаја и то је такозвана црвена бронза. Механичке особине бронзе у многоме зависе од од механичког и термалног третмана који је коришћен у њиховој производњи. (Слике од 20 до 26)

Бронза се веома често користила у прошлости. Од 2. века наше ере олово је делимично или у потпуности заменило калај у легури дајући легуру лошијег квалитета.

Месинг - Легура бакра и цинка се зове месинг. Легура са 90% бакра и 10% цинка зове се црвени месинг, док легура са 60% бакра и 40% цинка је жути месинг. Цинк није био познат у металној форми у антици мада су одређене руде у мешавини са баком или бакарним рудама давале цементацијом легуру месинга са 30% цинка. Мада постоје примери месинга из првог миленијума пре наше ере тек у Августовом периоду цинк се масовно јавља у нумизматима. Легура од која су израђивани нумизмати названа је орхаликум зато што је појави, боји и сјају подсећала на злато. Садржај цинка у орхаликуму је релативно висок у почетку, али касније полако се смањује до 2 века наше ере. Калај и понекад олово су такође присутни у орхаликуму.

И у каснијим периодима месинг се више користио од бронзе због његове боје и због лакшег обликовања.

(Слике од 29 и 30)

Данас је очигледно да су многи археолошки предмети направљени од месинга имитирајући бронзу. Наше знање о пореклу месинга и његовој употреби у антици је непотпуно због недостатка систематских анализа.

Постоји шест различитих врста месинга у зависности од односа бакра и калаја у легури. Тачка топљења легуре пада од 10000С за легуру са 20% цинка до 8330С за легуру са 60% цинка. Антички месинг је имао тачку топљења сличну бакар-калајним бронзама.

Корозиони продукти на бакру

Од свих метала који су се користили у прошлости бакар формира најинтересантнију групу минералних промена.

Оксиди - Вероватно најраспрострањенија промена на бакру и његовим легурама је куприт  $\text{CuO}_2$ , црвени оксид овог елемента. Обично је његов највећи део сакривен испод зелених базичних соли бакра и изгледа да је он интермедијални састојак код промене метала у базичну со. Куприт (који представља доњи слој) обично се открива када се механичким чишћењем уклоне горњи зелени слојеви оксидације. Код ливене бронзе куприт некад формира уздужне зелене границе или изгледа као да продире дубоко у метал. У неким случајевима куприт је фино зрнасте структуре и наранџасто жуте боје,

али се чешће јавља у виду грубе кристалне масе у којој обилују перфектне кристалне кубичне форме.

Црни купрични оксиди, тенорит и мелаконит, ретко се сусрећу, а ако су присутни они се обично превиде. Некада постоје производи црног изгледа између танких унутрашњих корозионих површина, али они никад нису у тој мери били изоловани да би омогућили да се са извесношћу учини њихова индентификација, чак и са рендгенским дифракционим методама.

Карбонати - Два базична карбоната бакра, малахтит и азурит, можда су најчешће промене на занатским производима од бакра.

Малахтит,  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{CO}_3$ , обично формира црно зелени компактни прекривач на површини бронзе, али чешће се виђа као разбацане заокружене масе. Некад се малахтит примећује на бронзи као деликатан влакнасти агрегат форме снопа.

Азурит,  $\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO})_2$ , сличан је по саставу малахтиту, његова боја се креће од светло до тамно плаве. Слично малахтиту он се некад јавља на предметима као компактан црно плави покривач, који се пружа често као фини кристални агрегати, разбацан између флека малахтита. Најчешће се види на унутрашњим површинама плитких судова где вероватно има мање влаге. Понекад је бронза потпуно трансформисана кристалима азурита. Предпоставља се да се малахтит и азурит формирају из контакта са сланом водом или водом која у себи садржи растворен угљен диоксид. Куприт се некад примећује на прелазној зони између слоја карбоната и метала, али још није извесно да ли је формирање куприта битно за реакцију.

Калконатронит - Ова врста карбоната је углавном везана за налазе из Египта формула је  $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CO})_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Ова патина је плавкасто зелене боје и има кредасту кору. Ово је нова врста минерала која се јавља на египатским бронзама пошто у појединим областима земља обилује алкалним карбонатима.

Хлориди - На предметима од бакра и бронзе, који су били у дуготрајном додиру са сланим земљиштем, зелена корозија представља обично мешавину хлорида бакра.

Атакамит,  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ , добио је име по пустињи Атакама у Северном Чилеу, где је врло распрострањен на секундарној руди бакра. Пошто је натријум хлорид веома реактиван у односу на бакар и његове легуре често се дешава да су предмети од ових метала претворени у безобличне масе атакамита. Боја минерала се креће од смарагдне до црно зелене. На површини разних бронзаних предмета из Египта и Месопотамије атакамит се јавља као покривач шећерастог изгледа тамно зелених и светлих кристала који прекрива целу површину. Често се тамно зелени кристализовани атакамит претвара у светлије зелени прашкасти производ који је индентичан по хемијском саставу атакамиту али је другачије кристалне форме. Први минерал је исто тако чест као и други.

Нантоктит - Пажљиво посматрање делова бронзе који су прекривени атакамитом некад открива унутрашњи покривач супстанце плаво зелене боје, који личи на восак. То је заправо бакарни хлорид. Ово је бакар хлорид  $\text{CuCl}_2$ , који под дејством влажног ваздуха брзо оксидише у црвени бакар оксид и у светлозелени базни бакар хлорид (атакамит). Ова брза промена нантоктита може да се деси и на бронзи у музејима и тада се означава као "болест бронзе". Како се нантоктит не јавља на површини бронзе тешко га је фотографисати.

Боталактит -  $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ , је други базни минерал бакарног хлорида који је прво пронађен у руднику Боталак у Корнволу у Енглеској. Први га је описао 1865 године А. Х. Чрч (А. Н. Church) и типски примерак оставио у Британском музеју. Тек после сто година примећен је на бронзаној фигурини богиње Бастет из Фог музеја а потом на

египатском бронзаном цензору из Валтерсове уметничке галерије из Балтимора. Вероватно се чешће јавља на старој бронзи него што се верује.

Сулфати - Светлозелени базни сулфат бакра који одговара минералу брокантит,  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_3$ , ретко се јавља на предметима премда би могао да се очекује на бронзи која је изложена сумпорној води и атмосфери. Зелена боја на бакарним крововима и статуама од бронзе у великим градовима најчешће је базни бакар сулфат који је формиран из сумпорних једињења насталих сагоревањем горива.

Сулфиди - Не јављају се често на бакарним предметима, мада се могу очекивати на предметима који су били у контакту са сумпорном водом. На римском новцу који је пронађен у Француској у изворима минералне воде констатовани су халкоцит  $\text{Cu}_2\text{S}$ , халкопирит  $\text{CuFeS}_2$ , борнит  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  и тетраедрит  $(\text{CuFe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ . Уколико би се црним корозионим продуктима посветила већа пажња вероватно би се повећао број новооткривених сулфидних једињења.

Нитрати - На бронзаним судовима из гроба на планини Гордион у Анадолији пронађени су зелени кристали који су дифракцијом рентгенских зрака дали резултат исти као за синтетичке основне бакар нитрате. Нажалост највећи део ових корозионих продуката је изгубљен због брзог и преурањеног чишћења предмета.

Племенита патина на бакру је комбинација карбонатних и хлоридних соли бакра, која је стабилна при релативној влажности од 40-60%. Чува се зато што штити површину предмета и предмету даје изглед старине.

Упркос обимним истраживањима која су већ обављена остало је још много да се научи о корозионим процесима и продуктима које стварају бакар и његове легуре. Досадашња истраживања су углавном више базирана на корозионе агенсе него на корозионе продукте.

Предмети са сачуваним металним језгром - Овакву врсту предмета најбоље чистити у електролизи али се пре тога мора утврдити да ли постоји посребрење или позлата. Ако постоји сумња да постоје такве превлаке најбоље је предмет искувати у 5% раствору мравље киселине ( $\text{HCOOH}$ ) која раствара само соли бакра тако да ће се по уклањању површинског слоја корозије утврдити да ли постоји превлака од другог метала и степен очуваности.

Ако нема превлака, предмет се потапа у електролизу у којој је електролит 5% раствор натријум хидроксида. Током чишћења у електролизи предмет се повремено вади из електролита и чисти фином месинганом четком под млазом текуће воде, потом се поново враћају у електролизу. Када се корозија у потпуности уклони предмет се очетка месинганом четком и искува неколико пута у 5% раствору Комплексона 3 ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) који се као измењивач јона користи да би убрзало уклањање (растворљивих соли). Након искувавања у Комплексону 3 предмет се искувава у дестилованој води уз контролу дестиловане воде у којој је предмет провео 24 часа. Када отпор дестиловане воде буде већи од  $120000 \Omega/\text{cm}^3$  предмет се суши у сушници на температури од  $50^\circ\text{C}$  у трајању од 48 часова. Након сушења приступа се полирању предмета ротационом месинганом четком. Инхибиција се врши у вакуму 3% раствором бензотриазола ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_3$ ) у етил алкохолу након чега се предмет суши на ваздуху. Бензотриазол је канцерогено једињење, током рада несмеју се удисати његове паре. Импрегнација се такође обавља у вакуму 5% раствором Паралоида Б-72 у ксилолу, предмет се по импрегнацији суши на ваздуху.

У случају да се приликом искувавања предмета у дестилованој води појаве тамно црвене до љубичастих флека на површини боље је предмете, после уклањања растворљивих соли, сушити на ваздуху јер би се тамњење површине сушењем у

сушници још више појачало. Овај поступак се може убрзати повременим потапањем предмета у етил алкохол који ће везивати воду из метала и убрзати њено уклањање из предмета. Овакав начин сушења траје дуже од 48 часова али онемогућава колорацију површине предмета.

Ако је предмет са сачуваним металним језгром, прекривен стабилном патином која је местимично нападнута хлоридима примењује се метод локалног уклањања корозионих продуката. Прво се механички очисте удубљења испуњена хлоридима а онда се третирају сребро оксидом ( $\text{Ag}_2\text{O}$ ) у спрашеном стању или раствором сребро оксида у етил алкохолу. Овим поступком се бакар хлорид трансформише у сребро хлорид. Поступак се понови неколико пута а онда се предмет смести у ексикатор изнад раствора натријум тиосулфата у дестилованој води на температури од  $200^\circ\text{C}$ . У ексикатору је релативна влажност око 78%. Предмет остаје изложен повећаној релативној влажности у трајању од 24 часа. Ако у том временском периоду не дође до поновне појаве хлорида онда је процес локалног чишћења завршен. Предмет се потом суши на ваздуху и лакира 5% раствором Паралоида Б-72 у ксилолу. Након лакирања оштећења која су настала дејством хлорида могу се попунити двокомпонентном епоксидном смолом којој се додаје пигмент да би се тонски изједначила са патином. Мада је сребро оксид скупо једињење, примењује се мала количина тако да је третман економичан а и веома је ефикасан пошто су обично довољна два третмана.

Предмети са делимично сачуваним или без металног језгра - Када се прегледом предмета утврди да је метално језгро делимично сачувано или га нема предмет се искувава у 5% раствору натријум хидроген карбоната ( $\text{NaHCO}_3$ ) у дестилованој води уз контролу присутности хлоридног јона у раствору, ако стање предмета допушта искувавање. Ако стање предмета не допушта искувавање, предмет се само држи у раствору који се мења, уз контролу присуства хлоридног јона. Пошто хлоридни тест покаже негативни резултат приступа се уклањању растворљивих соли искувавањем или држањем предмета у дестилованој води уз контролу кондуктометром отпора дестиловане воде у којој је предмет провео 24 часа све док вредност отпора nebude већа од  $120000 \Omega/\text{cm}^3$ . Сушење се обавља у сушници на  $500^\circ\text{C}$  у трајању од 48 сати. Након сушења врши се инхибиција у вакуму предмета у 3% раствору бензотриазола у етил алкохолу и суши на ваздуху. Ако се предмет само потапа у инхибитор потребно је да остане у раствору најмање 4 часа да би се створио заштитни филм. Импрегнација се ради у вакуму 5% раствором Паралоида Б - 72 у ксилолу, а онда се предмет суши на ваздуху. Ако је предмет ломљив инхибиција и импрегнација се обављају само потапањем у раствор без употребе вакума.

Код предмета који су потпуно прешли у корозионе продукте некад је немогуће извршити уклањање хлорида и растворљивих соли, па се предмет третира само инхибитором, а у најекстремнијим случајевима када се предмет може лако распасти при третману прво се импрегнира потапањем у раствор Паралоида Б-72, и то од 5% раствора ка већим концентрацијама док се непостигне задовољавајућа чврстоћа предмета. Бензотриазол може заштити предмете који су комплетно прешли у корозионе продукте стварајући филм на површини који штити од даље корозије.

Код предмета са карбонатном патином који имају сачувано метално језгро патина се не уклања јер штити предмет па се конзервација обавља на истоветан начин као код предмета који имају делимично сачувано језгро или га немају, већ је прешло у корозионе продукте.

Предмети са посребрењем и позлатом - Код ових предмета примењује се хемијски третман да би се сачувала превлака од другог метала. Почиње се искувавањем у 5%



раствору мравље киселине који је селективан пошто раствара само соли бакра. Следећи поступак је искувавање у 5% раствору амонијака ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) да се неутралише мравља киселина. Површина предмета са сачуваним металним језгром полира се четком од природне длаке. Ако по уклањању патине на површини превлаке од другог метала заостану површине од елементарног бакра, уклањају се потапањем у 5% раствор сумпорне киселине<sup>27</sup> ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) уз сталну контролу реакције. Предмет се потом потапа у дестиловану воду и врши се хлоридни тест да би се утврдило да ли су уклоњена хлоридна једињења. Ако се покаже да су хлоридни јони присутни понавља се претходни третман док хлоридни јони не буду уклоњени. Уклањање растворљивих соли је следећа фаза која се проводи искувавањем у дестилованој води уз контролу кондуктометром. Кад је отпор дестиловане воде већи од  $120000 \Omega/\text{cm}^3$  приступа се сушењу на ваздуху уз повремено потапање предмета у концентровани етилакохл. Инхибиција се обавља у вакуму 3% раствором бензотриазола у етилакохолу а онда се предмет суши на ваздуху. Последња фаза је импрегнација у вакуму 5% раствором Паралоида Б-72 након чега се предмет суши на ваздуху.

Ако је превлака сребра и злата у лошем стању или ако је метално језгро делимично очувано користи се иста процедура, стим што се предмети не искувавају, површина предмета се не полира четком од природне длаке, а импрегнација и инхибиција се не обављају у вакуму. Конзервација оваквих предмета је веома проблематична и захтева велико искуство и стрпљење.

Предмети са превлаком од калаја - Код ових предмета који су углавном новијег датума чишћење се почиње потапањем предмета у 5% раствор сирћетне киселине ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) до уклањања корозије а потом се предмет потапа у 5% раствор Комплексона 3 да би се убрзало уклањање растворљивих соли. Предмет се затим потапа у дестиловану воду која се мења док отпор воде у којој је предмет био потопљен не буде преко  $120000 \Omega/\text{cm}^3$ , а потом се суши на ваздуху. Последња фаза је импрегнација у 5% раствору Паралоида Б-72 у вакуму или премазивањем што је условљено величином и стањем предмета.

## Услови чувања археолошких предмета од метала

Ваздух се састоји од 1 дела кисеоника, 4 дела азота и малих количина угљен диоксида и ретких гасова. Са тачке штетности по музејске предмете важне компоненте ваздуха су кисеоник, водена пара, нечистоће различитог порекла и сумпор диоксид. На музејске предмете такође могу штетно деловати и водоник сулфид, озон, и органске нечистоће.

Највећи број хемијских промена на музејским предметима дешава се под утицајем кисеоника. Обично се ове реакције дешавају у присуству светлости, па се зато овакве промене називају фотооксидација. Пошто смештај у запечаћене посуде из којих је извучен кисеоник може изазвати друге негативне последице (растварање неких пигмената) прихваћено је да се фотооксидација контролише регулацијом осветљења.

Ваздух на температури од  $20^\circ\text{C}$  може садржати између 3 и 17 грама водене паре по кубном метру, што на примеру просторије од  $2000 \text{ m}^3$  значи количину између 5 и 35 литара воде. Вода која је увек присутна у ваздуху, налази се и у музејским предметима поготово оним органског порекла. Метални предмети не садрже воду, али ако је релативна влажност ваздуха већа од 60% долази до кондензације влаге на површини предмета што убрзава корозију у комбинацији са аерозагађивачима који су депоновани на предметима. Релативна влажност на изложбеним просторима и у депоима мора бити

између 40 - 60%, генерално је прихваћено 50% као оптимална вредност. За предмете од метала је најбоље да релативна влажност буде испод 30% пошто у тим условима нема корозије хлоридних једињења али је ову вредност тешко постићи код збирки са комбинованим материјалима. Релативна влажност преко 70% изазива појаву буђи на предметима која се веома лако преноси струјањем ваздуха. Температура ваздуха је диктирана потребама човека, тако да је прихваћено 200С.

Сумпор диоксид и водоник сулфид су веома чести у градовима заједно са другим нечистоћама у ваздуху, изазивају корозионе промене на металу, тако да се морају уклонити из ваздуха у музеју. Примењује се систем филтрирања ваздуха који може бити електростатички или са активним угљем. Електростатички је веома ефикасан али ствара мале количине озона и азот оксида па се не препоручују за музеје у чијим збиркама су предмети од органских материјала. Најбоља је комбинација централне климатизације простора са филтрацијом ваздуха активним угљем. Филтрација ваздуха која ће одстранити 95% штетних материја из ваздуха сматра се задовољавајућом.

Конзервиране предмете од сребра је најбоље чувати у депоима запаковане у текстилној амбалажи која упија водоник сулфид јер ће тиме бити боље заштитени од дејства сулфидних једињења из ваздуха којих има и у музејима и са најсавременијим клима уређајима.

## Архивска и библиотечка грађа - папир

Целулоза је основна сировина за индустријску произведењу папира .Папир произведен ручно се разликује по саставу и начину производње од индустриског .

Главни извор целулозних влакана су разне врсте дрвета и једногодишњих биљака.Користи се четинарско, листопадно и тропско дрвеће, при черму је за добијање целулозе најпогоднија смрека.Осим целулозе у састав папира улазе и пуниоци и лепкови.



Спољашњи узроци оштећења папира према природи се деле на: физичке, хемиске и биолошке.

У пракси је то увек комбинација ових фактора, који удружени један другом појачавају дејство.

Обично прво физички агенс као што је светлост делује на папир мењајући му структуру, што изазива хемиске промене. Даље повећањем влажности долази до развоја микро организама која узрокују биолошка оштећења.

Релативно сложени механизми оштећења папира могу једноставно да се објасне ако се прате узрочници оштећења и њихово дејство на папир.

Светлост

је електро магнетно зрачење широког спектра. За папир је најштетнији ултраљубичасти део спектра. Зраци таласних дужина нижих од 340 нм цепају везе у молекулу целулозе. Процес оштећења целулозе светлошћу зове се фотооксидација.

Којом ће се брзином одвијати фотооксидација зависи од општег стања, односно од осталих оштећења папира. Јачина и састав светлости, дужина излагања њеном дејству, температура и влажност, присуство кисеонике и други фактори. Присутством кисеоника се повећавају оксидационе способности а присутна вода реагује стварајући водоник пероксид (врло јак оксиданс).

Дејство светлости на папир се манифестује променом боје (папир жути, бледи), док се усред структуралних оштећења смањује степен полимеризације, што утиче на погоршање физичких особина. Последице су да се папир крди, цепа постаје крт и на крају распада.

Препоручене вредности укупне годишње изложености једног музејског предмета светлости:

најосетљивији матерјали могу да се осветле са мање од 100 000 лух/х годишње, најаче осветљење мора бити у распону 50-100 лух

средње осетљиви матерјали могу да се осветле мање од 200 000 лух/х годишње, најаче осветљење мора бити у распону 100-200 лух 21

на светло постојани матерјали могу да се осветле са мање од 450 000 лух/х годишње, најаче осветљење може бити 200 и више луха.

Влага,

у папиру омогућава јонизацију киселина, база и соли, омогућава оксидацију или хидролизу разних једињења и растварање хемиских супстанци.

У изузетним случајевима: (поплаве, пуцање цеви, незгода у транспорту....) вода директно уништава папир.

Много је важнија вода која се у облику паре налази у ваздуху. На одређеној температури ваздух може садржати водену пару. Повећањем концентрације изнад максималне количине водена пара се кондензује. Та тачка се зове тачка росе.

Релативна влажност ваздуха је однос количине водене паре која се у том тренутку налази у ваздуху и максималне количине када је ваздух засићен воденом паром помножен са 100, зове се **РЕЛАТИВНА ВЛАЖНОСТ**.

Количина водене паре на одређеној температури у г/м<sup>3</sup>

Релативна

влажност =  $x100$

ваздуха

Количина засићене водене паре на истој температури у г/м<sup>3</sup>

## Прашина,

у архивама и библиотекама су честа појава. За честице прашине се везују сумпор диоксид и водоник сулфат из ваздуха који у комбинацији са влагом изазивају озбиљна оштећења папира.

Кад продре између влакна целулозе прашина делује абразивно скраћујући влакна целулозе чиме се слаби механичка отпорност папира.

У градским срединама у ваздуху постоји читав низ гасова различитог порекла. Те гасове у комбинацији са прашином називамо атмосферским загађивачима.

## Температура,

је величина чијим мерењам добијамо слику о топлотном стању тела. Повећање температуре у једном телу значи већу кинетичку енергију његових молекула. Последице могу да буду различите, на пример промена агрегатног стања или промена запремине тела. Учестале експанзије и контракције доводе до пуцања матерјала.

Са порастом температуре повећава се и брзина хемиских реакција. Утврђено је да се повећањем температуре за сваких 10 стапени убрзава реакција 2-3 пута.

Штетно дејство повећане температуре на папир огледа се у промени боје (жутило), повећаној кртости и променом димензија.

Осим наведених у штетна дејстава треба споменути и гљивице, бактерије, инсекте, глодаре, човека, опасност од пожара,.....!

## Услови чувања

Кожа, крзно, пергамент, препариране птице и животиње, фото и видео матерјал.

Експонати се пакују у вакумиране посуде или кесе које се чувају у посебним коморама или замрзивачима. Температура мора бити стабилна и у зависности од матерјала креће се од +4 до -20 степени целзијуса.

Ако су вредности релативне влажности преко 70% стварају се услови за развој микроорганизама, гљивица, плесњи, убрзану корозију метала.

Последице су: бубрење органских матерјала, миграцију соли, промене структуре и димензија матерјала.

Релативна влажност испод 40% изазива крхкост органског матерјала, промену димензија, попуштање везива и лепкова, миграцију соли.

Променљиви услови су текође врло неповољни за експонате, проузрокују промене димензија, попуштање везива и лепкова, миграцију соли, велика је опасност од кондензације.

# Опрема лабораторије за конзервацију археолошких предмета

У овом поглављу ћу описати опрему која се користи у одељењу за конзервацију археолошких предмета Народног музеја у Београду.

**1. Стерео микроскоп** - Стерео бинокуларни микроскоп увеличања до 10 пута је један од најважнијих инструмената за преглед предмета у току конзервације. Уз микроскоп иде и посебно бочно осветљење са засебним напајањем које се може померати по хоризонтали и вертикали ради што бољег осветљавања површине предмета. Променом сочива могуће је добити већа повећања ако су потребна (20 и 30 пута).

**2. Висећи мотор** - Ова врста мотора се користи примарно у зубној протетици али се показао као незамењљив у различитим фазама механичке обраде предмета. Састоји се од мотора који фиксиран обично за неки носач на зиду. Број обртаја се креће од 0 - 15000 у минути. За њега су причвршћена гибљива осовина и насадник за технику на који се причвршћују различити наставци за механичку обраду (борери, фрезери, брусно камење, мандреле са различитим карборундум плочицама итд.) и напајање преко подног реостата којим се регулише број обртаја. Гибљива осовина и насадник се морају повремено подмазивати посебним уљима која подносе високе температуре. Радни напон је 220 волти а снага до 150 вати.

**3. Полирни мотор** - Такође је превасходно за употребу у зубној протетици али се показао као јако користан приликом полирања предмета у последњим фазама конзервације. На осовину се начешће монтира футер у који се могу ставити различите полирне четке а на други крај се монтира брусни камен или гибљива осовина уз помоћ посебног адаптера. Радни напон је 220 волти снага до 500 вати а број обртаја од 0-3000 обртаја.

**4. Пуњачи за акумулаторе** - Примењују се за напајање електролизе и обично су веће снаге до 30 А једносмерне струје, док је напон од 0-12 волти, а код већих исправљача од 0-24 волта. Стари модели су са селенским исправљачима, а модерни са исправљачким диодама за велике ампераже. Селенским исправљачима није потребно посебно хлађење и показали су се као дуготрајни, али се више не производе. Позитиван пол исправљене струје везује се за аноде од прохрома, а минус пол за катоду од месинга, за коју се везује и предмет који се чисти. Аноде су уроњене у 5% раствор натријум хидроксида који је у пластичној посуди различитог облика (пластика мора бити отпорна на дејство база). Раствор натријум хидроксида је стандардан електролит за већину метала, мада се могу користити и други. За различите врсте метала морају се користити различите каде и увек се само једна врста метала чисти у једној кади да не би дошло до таложења једног метала на други. Најчешће се за један већи извор напајања веже више када, и у свакој се чисти само једна врста метала. Јачина једносмерне струје и напон, контролишу се амперметром и волтметром који су део исправљача, док се наизменични напон за напајање уређаја регулише помоћу аутотрансформатора који је адекватан снази исправљача. Јачина исправљене струје у електролиту треба да буде око 2А по дм.<sup>2</sup>. За потребе чишћења мањих предмета, може се као посуда за електролит и прохромску аноду употребити посуђе од лабораторијског стакла, величине која одговара предмету. Нацрт тачног повезивања исправљача са осталим елементима за електролизу је дат у **табли 5**.

**5. Електрична сушница** - Сушница за предмете је стандарни део опреме конзерваторске лабораторије. Користе се медицински стерилизатори који имају регулацију температуре од 50 - 200 °C снаге око 1000 вати, напон напајања је 220 волти. У горњем делу стерилизатора је живин термометар којим се контролише температура у уређају. Предмети се суше 48 часова на температур од приближно 50°C. Температура се регулише помоћу уграђеног термостата са температурном контролом.

**6. Дестилатор** - Пошто се за све растворе користи дестилована вода свака лабораторија мора имати дестилатор за дестиловање воде из водовода. Постоји више система за дестиловање али су најчешће у употреби дестилатори са јонским измењивачима и дестилатори који раде помоћу загревања воде електричном енергијом, који су економичнији у експлоатацији, па ћу описати овај тип. Састоји се из посуде у којој се вода загрева до врења електричним грејачем који је уметнут директно у воду, и поклопца са спиралном цеви кроз који протиче хладна вода. Загрејана вода испарава и кондензује се у поклоцу одакле се помоћу металне луле и црева одводи у посуду у којој се скупља дестилована вода. Уређај мора имати сталан доток воде из водовода током рада. Грејачи су различитих снага у зависности од капацитета произведене дестиловане воде на сат, од 2,4 - 8 киловата, док напон напајања иде од 220 - 380 волти. Отпор добијене дестиловане воде мора бити преко 120000  $\Omega$  / $\text{cm}^3$ , а ако је мањи дестилатор се мора чистити јер током рада долази до депоновања наслага на грејачу и посуду у којој се вода загрева. Чишћење се обавља помоћу 5% раствора сирћетне киселине који се сипа у део дестилатора у коме се загрева вода. Раствори се мењају све док посуда и грејач не буду потпуно очишћени од наслага а потом се уређај пуни обичном водом из водовода и пушта у рад уз контролу отпора добијене дестиловане воде. Када отпор буде преко 120000  $\Omega$ / $\text{cm}^3$  дестилована вода може да се користи.

Током рада дестилатора мора се контролисати доток воде из водовода јер ако нестане воде уређај се мора искључити из напајања електричном енергијом да неби дошло до прегревања. Најбоље је када је цео уређај направљен од прохром челика квалитета 10/18.

Уређаји са јонским измењивачима захтевају замену измењивача после одређеног броја литара дестиловане воде, а то је знатан издатак, док код другог типа трошкови су само потрошена вода и електрична енергија.

**7. Кондуктометар** - Кондуктометар је електронски уређај за мерење електричног отпора електролита и проводљивости. Намењен је пре свега за мерења у растворима електролита, где је могућ растопљених соли. Мерни опсег је од 10  $\Omega$ / $\text{cm}^3$  до 10 М $\Omega$ / $\text{cm}^3$ , што задовољава за све растворе. Мерење се обавља помоћу сонде од стакла у којој су затопљене две електроде од платине у стакленом сегменту запремине 1  $\text{cm}^3$ . Сонде су са различитим коефицијентима мерења и то 1,36, 1,41 и 7,00. Мерење се обавља тако што се сонда потопи у посуду са раствором за који желимо утврдити отпор па се покретањем преклопника за мерна подручија и потенциомера за фину регулацију тражи вредност за коју ће доћи до пуног одклона мерног инструмента. Очитани број са скале потенциометра, чита се са посебне таблице (**табла 6**) за одређени коефицијент сонде и ту се добија тачна вредност отпора раствора у омима. Кондуктометар мери отпор помоћу Вистоновог моста који се напаја електронским генератором у Мајснеровом споју, напоном фреквенције 1000 херца што отклања могућност грешке услед поларизације електрода у раствору. Кондуктометар се напаја напоном из градске мреже од 220 волти. Ово је један од најважнијих инструмената који мора имати свака лабораторија, јер без података о уклањању растворљивих соли не може се обавити конзервација археолошког предмета.

**8. Ултразвучна када** - Овај уређај олакшава отклањање растворљивих соли и убрзава хемијско чишћење предмета потопљених у раствор који је предвиђен за дату врсту материјала. Принцип рада је да се вибрације ултразвучног осцилатора (фреквенције преко 20000 херца) преносе преко пизо кристала од баријум титаната, на ултразвучну каду која је до прописаног нивоа испуњена дестилованом водом. У дестиловану воду се потапа стаклена чаша са предметом који је урођен или у дестиловану воду у случају убрзаног уклањања растворљивих соли или у раствор који уклања корозију са површине предмета. Ултразвучне осцилације се преносе преко раствора на предмет и ослобађање соли или корозије се примећује по промени боје раствора у чаши. Чишћење у кади се понавља све дотле док раствор не престане да мења боју. Овај поступак се сме применити само на предмете који имају потпуно сачувано метално језгро. Ако је предмет превучен слојем другог метала тај слој мора бити добро сачуван да би се применило чишћење ултразвуком. Неки типови ултразвучних када садрже и уграђени грејач којим се помоћу термостата и потенциометра могу регулисати и температура дестиловане воде у кади. Фреквенција е из електричне проводљивости оценити концентрацију и растопљених соли. Мерни опсег је од  $10\Omega/\text{cm}^3$  до  $10\text{M}\Omega/\text{cm}^3$ , што задовољава за све растворе. Мерење се обавља помоћу сонде од стакла у којој су затопљене две електроде од платине у стакленом сегменту запремине  $1\text{ cm}^3$ . Сонде су са различитим коефицијентима мерења и то 1,36, 1,41 и 7,00. Мерење се обавља тако што се сонда потопи у посуду са раствором за који желимо утврдити отпор па се покретањем преклопника за мерна подручија и потенциометра за фину регулацију тражи вредност за коју ће доћи до пуног отклона мерног инструмента. Очитани број са скале потенциометра, чита се са посебне таблице (**табла 6**) за одређени коефицијент сонде и ту се добија тачна вредност отпора раствора у омима. Кондуктометар мери отпор помоћу Вистоновог моста који се напаја електронским генератором у Мајснеровом споју, напоном фреквенције 1000 херца што отклања могућност грешке услед поларизације електрода у раствору. Кодуктометар се напаја напоном из градске мреже од 220 волти. Ово је један од најважнијих инструмената који мора имати свака лабораторија, јер без података о уклањању растворљивих соли не може се обавити конзервација археолошког предмета.

која се користи је најчешће 40000 херца. Пизо кристали су повезани са дном каде која је од прохром челика 10/18 квалитета.

**9. Вакум пумпа са ексикатором** - Вакум пумпа служи за извлачење ваздуха из ексикатора (стаклена посуда са поклопцем дебелих зидова) приликом импрегнације или инхибиције. Вакум пумпе могу бити клипне или ротационе а повезане су са електромотором веће снаге који их покреће директно преко погонске осовине или гуменога кајиша. Капацитет пумпи може бити различит од  $2\text{m}^3$  на сат па надаље. У поклопцу ексикатора налази се стаклени чеп са славином преко кога се системом гумених црева ваздух из ексикатора извлачи вакум пумпом уз контролу манометром (обично се код добро сачуваног металног језгра предмета, иде до вакума од 760 мм живиног стуба). Када се постигне жељена вредност вакума пумпа се искључује и онда се помоћу стаклене слаvine пусти спољни ваздух у ексикатор до изједначавања спољног и унутрашњег притиска. Поступак приликом импрегнације или инхибиције у вакуму је да се предмет потопљен у жељени раствор у стакленој чаши, ставља у ексикатор да би се у току вакумирања из свих шупљина извукао заостали ваздух а онда се током изједначавања притиска те шупљине испуњавају инхибитором или лаком којим се импрегнира. Ово је бољи метод од метода премазивања површине предмета јер овако раствор улази у све шупљине. Електромотор вакум пумпе се



снабдева наизменичном струјом напона од 220 -380 волти у зависности од капацитета пумпе.

**10. Радиографска испитивања**- укључује употребу X или гама зрака како би се открило оштећење у материјалу снимљено на индустриском филму. Ренгенске цеви или радиоактивни извори се користе као извор радијације. Нехомоганост на радиографској слици се показују као као сватлија или тамнија подручја на филму.

Визуелно на основу изгледа предмета који је стигао на конзервацију је јако тешко проценити колико је остало металног језгра и да ли су присутне пукотине или други дефекти у металу - Код предмета који су прекривени дебелим слојем патине или се сумња на постојање орнамента или уметање другог метала, најбољи начин испитивања је снимање рентгеном. . Користе



се индустријски металографски рентгени снаге од 30 - 100 киловата, јачином анодне струје до 6мА и са регулацијом времена трајања зрачења. Глава рентгена је покретна, повезана кабловима са високонапонским делом, и мора бити смештена у комору оловних зидова који ће заштитити оператора од јаког рентгенског зрачења током снимања. Рентгенски снимак омогућава да се уоче обично невидљиви детаљи на предмету и да се одреди најбољи конзерваторски

третман. Рентгенске снимке треба чувати заједно са фотодокументацијом предмета Основни медиј за снимање у радиологији је радиографски филм, у последње време уводе се флуорисцентни екрани –флуороскопија. Енергија X зрака се претвара у светлост помоћу посебних филтера, та се светлост користи за излагање филма.

Стање металног језгра које утврђујемо неком од ренгенских техника је најбитнија за даљи одабир конзерваторских техника.

**11. Вибротул** - Састоји се од електромагнетног вибратора чије се вибрације преносе на држач који може прихватити различите наставке. Користи се за гравирање а у конзервацији за механичко чишћење посебно тврђих корозионих продуката који се не могу уклонити стандардним методама. Радни напон је 220 волти. Може се користити дужи временски период без прегревања, обично се набавља у комплекту са различитим наставцима за механичко чишћење.

**12. Грејна тела** - У процесу конзервације потребно је предмете искувати у дужем временском периоду па су зато потребна и професионална грејна тела. Обично се за такве потребе користе уређаји за угоститељство снаге до 8 киловата, радног напона од 380 волти, са две грејне плоче који могу радити континуално дужи временски период . Такође се користе за загревање одређених раствора грејна тела са термостатом када се мора одржавати иста радна температура.

**13. Лабораторијска опрема за најосновније физичко-хемијске анализе** - У ову групу предмета спада лабораторијско стакло од термоотпорног стакла, бунзенова лампа, плинска боца и различити хемијски агенси. Посуде од лабораториског стакла су типа борал са високим садржајем силицијум



диоксида, тако да поседују хемијску, термичку и механичку отпорност. Најчешће коришћена форма су лабораторијске чаше високе и ниске форме запремина од 50 мл. до 5 литара. Поред стаклених, користе се и металне посуде, најбоље од прохром челика, за искувавање тежих и већих предмета, посебно од гвожђа. Бунзенова лампа се користи за доказивање одређених метала у плинском пламену, и за загревање метала и раствора.

У лабораторији се користе најразноврсније хемикалије. Најчешће коришћене су натријум хидроксид, натријум хидроген бикарбонат, мравља киселина, амонијум хидроксид, Комплексон 3, сребро оксид, танинска киселина, фосфорна киселина, сумпорна киселина и друге.

## Конзервација предмета од олова

Олово је метал који се у периодном систему налази на на 82 месту, хемијски знак је Pb, тачка топљења је  $327^{\circ}\text{C}$ , специфична тежина је 11.3, атомска тежине 207. (Слика 32)

Олово се добија из сулфатних и карбонатних руда. Често се проналази у рудама са сребром. Лако се топи и слабе је механичке чврстоће. У античком периоду масовно се користило за израду цеви за водовод и канализацију. Коришћено је и као материјал за израду саркофага. Користило се и као замена за калај у бронзи.

## Корозиони продукти олова

Олово је у нормалним околностима отпорно на корозију, пошто се на ваздуху превлачи слојем олово карбоната који спречава даљу корозију. После бакра гради највећи број корозионих продуката.

**Карбонати** - Најуобичајенија промена олова је церузит или олово карбонат  $\text{PbCO}_3$ . То је густ прибијен сиви слој који се обично види на старим оловним печатима, оловним саркофазима и свим врстама покопаних оловних предмета. Церузит формира заштитни слој на олову који штити метал од даљег пропадања. Постоји и хидроцерузит  $\text{Pb}_3(\text{CO})_2(\text{OH})_2$  који се користи као бели пигмент за боје.

**Оксиди** - Поред карбоната, оксиди олова изгледа да су најраспрострањенији у природи. Кејли (Caley) је идентификовао масикот или жути оловни оксид, на оловним предметима са Агоре у Атини. Поред овог нашао је и танке тамно браон мрље оловног оксида, платнерита, у танком слоју одмах до металног олова. У природи постоји и минијум ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ) који није констатован на оловним артефактима.

**Сулфиди** - На артефактима није примећена појава оловних сулфида који би одговарали галениту, сулфидној руди олова.

**Хлориди** - Основни хлорид олова, котунит  $\text{PbCl}_2$ , није нађен на археолошким предметима, али сложенији као фосгенит  $\text{PbCl}_2 \cdot \text{PbCO}_3$ , пронађен је на античком посуђу из мора близу Махдије у Тунису и на оловној цеви у топлим изворима у Француској. Постоји још и куменгит  $\text{Pb}_4\text{Cu}_4\text{Cl}_8(\text{OH})_8$ .

Англесит  $\text{PbSO}_4$  и други бакарно оловни минерали нису објављени у литератури.

Олово и његова једињења су отровна, лако продиру кроз кожу током рада, тако да се морају предузети мере заштите, што подразумева употребу гумених рукавица кад год се олово током процеса конзервације држи у рукама.

**Предмети са сачуваним металним језгром** - Предмети од олова који имају сачувано метално језгро могу се чистити у електролизи. Чишћење у електролизи се примењује код већих предмета али су за такве електролизе потребни исправљачи великих ампеража јер може доћи до њиховог прегоривања по укључивању електролизе ако снага исправљача не одговара величини предмета. Електролит је 5% раствор натријум карбоната<sup>28</sup> ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) у дестилованој води, пошто овај електролит не напада олово у случају нестанка електричне енергије. Предмет се потапа у електролит и чисти уз повремено чишћење меканом синтетичком четкицом да би се процес уклањања корозије убрзао. Када је предмет потпуно очишћен од корозионих продуката очисти се синтетичком четкицом под млазом текуће воде и потопа у дестиловану воду ради уклањања заосталог електролита. Када контрола кондуктометром покаже отпор дестиловане воде у којој је предмет провео 24 часа, преко  $120000 \Omega/\text{cm}^3$  приступа се сушењу, наизменичним потапањем у концентровани етилалкохол и сушењу на ваздуху у трајању од најмање 48 часова. Импрегнација се спроводи потапањем предмета у 5% раствор Паралоида Б-72 у ксилолу, а може се обавити и у вакуму ако смо сигурни да је структура предмета таква да неће доћи до деформација. Предмети од олова не смеју се искувати у растворима или у дестилованој води да неби дошло до деформације услед загревања пошто олово има релативно ниску тачку топљења.

**Предмети са делимично сачуваним металним језгром** - Код ових предмета се мора утврдити тачно стање металног језгра јер ако је степен корозије захватио највећи део металног језгра може доћи до трајног оштећења предмета.

Метод који се примењује, преузет је из аналитичке хемије, а заснива се на особинама неких комплексних једињења да у раствору врше измену јона, при чему јони метала не узимају учешће него се талоче. Једном употребљена со комплексног састава, не може се употребити поново као код измењивача јона, већ се раствори морају мењати до потпуног уклањања корозије.

Агенс који је коришћен за одстрањивање корозије справљен је у облику 0,1N раствора етилдиаминотетраацетичне киселине<sup>29</sup> ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), комерцијалног назива Комплексон 3, у дестилованој води. Киселост овог раствора, тојест рН износи 5. При справљању агенса додаван је 10% раствор боракса (натријум тетраборат  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) у дестилованој води док се није постигла вредност рН 9, а да се није променила моларност раствора. Овим је повећана у знатној мери ефикасност агенса.

Предмет се држи у раствору док непрестане његово дејство на корзију, а потом се мења све док се у потпуности не уклони корозија. Процес се убрзава ако је раствор загрејан на  $72^\circ\text{C}$  и ако се предмети четкају између замене раствора синтетичком четком под млазом топле воде. По чишћењу предмет се испира дестилованом водом док се не уклоне остаци Комплексона 3 уз контролу кондуктометром док отпор дестиловане воде не буде већи од  $1200000 \Omega/\text{cm}^3$ . Предмет се потом потапа у концентровани етил алкохол и суши на ваздуху најмање 48 часова. Импрегнација у 5% раствору Паралоида Б-72 у ксилолу, може се обавити потапањем ако је предмет склон пуцању или у вакуму.

Могуће је чишћење оловних предмета само 5% раствором Комплексона 3 али је тада процес чишћења знатно дужи.

**Предмети без металног језгра** - Предмети који су у потпуности прешли у корозионе продукте али су сачували првобитан облик, пажљиво се механички очисте а потом

импрегнирају потапањем у 5% раствор Паралоида Б- 72 у ксилолу да би се учврстили и сачували. Код оваквих предмета не сме се примењивати никакав хемијски третман.

Олово је осетљиво на дејство сирћетне и танинске киселине тако да се предмети од овог метала не смеју чувати у дрвеним сандуцима или полицама поготово ако је у питању храстово дрво. Најбоље је чувати их у запечаћеним полиетиленским посудама или кесама.

## **Конзервација предмета од калаја**

Калај је метал који се у периодном систему налази на 50 месту, хемијски знак је Sn, тачка топљења је 232°C, специфична тежина је 7,3, атомска тежина је 118,70.

Калај је веома стабилан на ваздуху али у земљи под дејством влаге и кисеоника као и хлоридних једињења у дужем временском периоду почиње да пропада, као и при ниским температурама.

Калај постоји у природи у малим количинама у чистом стању (Слика 33), добија се из руде каситерит ( $\text{SnO}_2$ ), калај диоксида. Такође постоји и као сулфатно једињење, станит. Добија се из руда редукцијом оксида уз загревање ђумуром и потом се пречишћава. Јако је мекан и може се добро полирати. Добијање и трговина калајем била је веома значајна у античка времена обзиром да је незаменљив у производњи бронзе. Ниска тачка топљења је од значаја при спајању бакра и његових легура (лемљење) као и за покривање бакарних и бронзаних предмета да би се спречила њихова корозија (калаисање). У касној антици се мање користи јер је замењен оловом у производњи бакарних легура. Такође се користи у производњи металних предмета за кување, у производњи керамике, стакла и глеђи.

Легура од 80% калаја и 20% олова назива се тврди калај и користи се за израду металног посуђа (Слика 34), мада се данас више не употребљава олово, већ антимион или бакар у легирању калаја.

## **Корозиони продукти калаја**

Калај је метал од примарног значаја у археологији, не као посебан занатски материјал, већ као неопходан елемент у производњи бронзе. Нажалост само неколико предмета од чистог калаја је сачувано од антике, чак и из центара који су рано почели са производњом бронзе као што су Египат, Месопотамија и Кина. Ако је и произвођено пуно чистог калаја у прошлости он је нестао вероватно из два разлога. Први је претварање чистог калаја директном интеркристалном оксидацијом у калајне оксиде,

док је други пропадање калаја под утицајем халогенидних једињења, нарочито натријум хлорида.

Калајни оксид је значајни корозиони продукт на површинама бронзаних античких бронзи легираних калајем. То је главни састојак глатког сиво зеленог корозионог слоја на кинеским бронзаним церемонијалним посудама, који се понекад зове водена патина. Такође се појављује на етрурским и другим европским брзама са доста калаја. Овај продукт корозије може да продре у бронзу 1-2 мм, а по саставу је хидратисани калај оксид. Светлозелена боја потиче од присуства соли бакра у овом слоју калај оксида. Изгледа да се под одређеним условима у земљишту бакар раствара и одлази са површине бронзе док његово место заузима, молекул по молекул, без промена запремине, хидратисани

калајни оксид. Овај феномен је нешто попут псеудоморфичне супституције у минералогiji. Хидратисани калајни оксид који прекрива кородирану бронзу са доста калаја у легури, понекад је компактан и провидан попут керамичке глазуре. Анализа дифракцијом рентгенским зрацима даје резултат сличан каситериту крипстокристалне структуре.

Други разлог мале заступљености металног калаја у налазима је појава "калајне куге" која представља трансформацију тетрагоналног металног белог калаја у кубични прашкасти, сиви калај, алотропском модификацијом на температурама испод 18°C.

**Предмети са сачуваним металним језгром** - Ако је метално језгро добро сачувано предмет се може чистити у електролизи, електролит је 5% раствор натријум карбоната у дестилованој води пошто није агресиван према калају као натријум хидроксид и неће га растварати у случају нестанка електричне енергије. У току чишћења предмет се повремено четка меканом синтетичком четкицом под млазом текуће воде да би се процес убрзао. По потпуном уклањању корозионих продуката предмет се очетка под млазом текуће воде и остави у дестилованој води да би се уклонили трагови натријум карбоната, уз контролу отпора дестиловане воде кондуктометром. Када отпор дестиловане воде у којој је предмет провео 24 часа буде већи од 120000  $\Omega/\text{cm}^3$  предмет се суши на ваздуху уз повремено потапање у концентровани етил алкохол да би се убрзала екстракција воде из предмета. По сушењу предмет се импрегнира у вакуму 5% раствором Паралоида Б-72 а потом суши на ваздуху.

**Предмети са делимично сачуваним металним језгром** - Код оваквих предмета мора се утврдити тачно стање очуваности металног језгра, јер ако је највећим делом прешло у корозионе продукте може доћи до трајних оштећења. Метод чишћења је исти као и код оловних предмета са делимично сачуваним металним језгром. Примењује се 0.1 N раствора Комплексона 3 коме се додаје 10% раствор боракса док се не постигне рН вредност 9 без промене моларне вредности раствора. Хемијска реакција се убрзава загревањем раствора на 72 °C и повременим четкањем предмета меканом синтетичком четкицом под млазом топле воде. Раствори се мењају све док корозиони продукти не буду уклоњени у потпуности. Након чишћења предмет се потапа у дестиловану воду уз контролу отпора кондуктометром. Када отпор дестиловане воде буде преко 120000  $\Omega/\text{cm}^3$ , предмет се суши на ваздуху уз наизменично потапање у концентровани етилакохол. По сушењу врши се импрегнација потапањем предмета у 5% раствор Паралоида Б-72 у ксилолу. Након импрегнације предмет се суши на ваздуху.

**Предмети без металног језгра** - Код оваквих случајева, ако постоји орнамент на површини, прво се врши консолидација предмета потапањем у растворе

паралоида Б-72 у ксилолу, прво у 5% раствор, па затим у веће концентрације до 20 %. Ако је поступак консолидације дао задовољавајуће резултате може се пажљиво механички чистити до првобитне површине, у противном предмет се смешта у кућиште од провидне пластике које тачно одговара његовим димензијама и тако чува јер постоји могућност да дође до тоталне дефрагментације. Од пластичних материјала за израду кућишта, најчешће се користи клирит и плексиглас.

## XV Конзервација предмета од сребра

Сребро је метал који се налази на 47 месту периодног система, хемијски знак је Ag, тачка топљења је  $960^{\circ}\text{C}$ , специфична тежина је 10,5, атомска тежина 107,8.

У природи сребро се ретко налази у чистом стању (Слика 35), већ у облику руда из којих се добија и које често садрже олово (галена). Процес добијања сребра је комплексан металуршки процес који је откривен касније од технологија за добијање бакра и злата. Некада је било драгоцене од злата. Мада има ниску тачку топљења тешко се лије. Пошто је сребро мекан метал који се лако кује намерно се легира са бакром да би се добила чвршћа легура. Легура сребра и бакра са чак 50% бакра остају светле потпут чистог сребра, али зато археолошки предмети од таквих легура су обично покривени зеленом корозијом која потиче од соли бакра. Ако се злато легира са сребром добија се легура светложуте боје, светлија од чистог злата. Сребро је отпорно на корозију, нападају га углавном сулфидна и хлоридна једињења.

У прошлости се највише користило за израду новца и луксузних предмета. (Слике 36 и 37)

## Корозиони продукти сребра

**Сулфиди** - Сребро као и калај прави мало корозионих продуката. Под дејством водоник сулфида на површини сребра се ствара црни сребро сулфид  $\text{Ag}_2\text{S}$  који одговара минералу аргентиту. До сада нису запажени археолошки предмети са дебљим наслагама аргентита, или мање сребрног минерала стромејерита  $\text{CuAg}_2\text{S}$ , али оне сигурно постоје на сребрним предметима који су дуго били изложени дејству воде која садржи сумпор.

**Хлориди** - Сребрни предмети добијени из пустињског земљишта су често инкрустирани сиво браон или бледо љубичастим слојем царагерита, сребрног хлорида,  $\text{AgCl}$ . Сребрни новац који је пронађен у сланој води или сланим земљиштима обично прелази у царагерит који ствара заштитни слој преко сребра. Многи предмети пронађени у Уру били су прекривени царагеритом али је по његовом уклањању откривено да су предмети добро сачувани.

**Предмети са сачуваним металним језгром** - Важно је макроскопским и микроскопским прегледом утврдити да ли је предмет у целости израђен од сребра или посребрен. Ако је у целости од сребра, конзервација се своди на уклањање корозионих продуката метала којим је сребро легирано, најчешће бакра.

Најбољи поступак је чишћење у електролизи у којој је електролит 5% раствор натријум хидроксида у дестилованој води, док су аноде у раствору од прохром челика квалитета 10/18. Електролит треба да буде чист због могућности депозита елементарног бакра из раствора који се тешко уклања. Предмет се повремено вади из електролизе и четка синтетичком четком под млазом текуће воде да би се процес чишћења убрзао. По уклањању корозије предмет се неколико пута искува у 5% раствору комплексона 3 у дестилованој води да би се уклонили трагови електролита а потом се оставља у дестилованој води у трајању од 24 часа. Затим се врши хлоридни тест дестиловане воде у којој је предмет био потопљен и ако резултат није негативан поступак чишћења у електролизи се понавља. Ако је хлоридни тест негативан предмет се искувава у дестилованој води ради уклањања растворљивих соли уз контролу кондуктометром. Када је отпор дестиловане воде у којој је предмет провео 24 часа преко  $120000 \Omega/\text{cm}^3$  предмет се суши у сушници на температури од  $50^\circ\text{C}$  у трајању од 48 часова. Након сушења површина предмета се полира ротационом сребрном четком. Импрегнација се обавља у вакуму 5% раствором паралоида Б-72 у ксилолу, након чега се предмет суши на ваздуху.

Предмет са сачуваним металним језгром може се конзервирати и хемијским третманом<sup>30</sup>. Почиње се искувавањем у 5% раствору мравље киселине. Овај поступак се понавља док се не уклоне слојеви зелене корозије са површине предмета уз повремено чишћење површине синтетичком четкицом ради убрзања процеса. Следећа фаза је искувавање у 5% раствору амонијум хидроксида ради неутралисања остатака мравље киселине и соли које се нерастварају у мрављој киселини. Када је предмет очишћен приступа се искувавању у 5% раствору Комплексона 3 ради уклањања остатака амонијум хидроксида и растворљивих соли. По завршетку ове фазе предмет се искува неколико пута у дестилованој води у којој се и остави по искувавању у трајању од 24 часа. Ако хлоридни тест да негативан резултат предмет се искувава даље у дестилованој води ради уклањања растворљивих соли уз контролу кондуктометром. Кад отпор воде у којој је предмет провео 24 часа буде већи од  $120000 \Omega/\text{cm}^3$  предмет се суши у сушници на температури од  $50^\circ\text{C}$  у трајању од 48 часова. После сушења предмет се исполира сребрном ротационом четком а потом импрегнира у вакуму 5% раствором Паралоида Б-72. Сушење по импрегнацији обавља се на ваздуху.

Некада се деси да после чишћења мрављом киселином и амонијаком на површини предмета остане црни слој сребро сулфида. У овом случају предмет се чисти потапањем у "Силвер дип"<sup>31</sup> који се састоји од раствора 8% тиуреа и 2% концентроване сумпорне киселине у дестилованој води. Након потапања објекта у раствор, које траје обично око 1 минута, предмет се вади из раствора и полира меком четком од природне длаке која је по квашењу умочена у биркреду (калцијум карбонат -  $\text{CaCO}_3$  самлевен до најфиније гранулације) да би се добио високи сјај. Након овог третмана, предмет се не сме загревати нити искувати, јер би дошло до поновног тамњења сребра које се може уклонити једино поновним третманом у "Силвер дипу", већ се само испира великим количинама дестиловане воде. После сушења на ваздуху предмет се импрегнира у вакуму, или премазивањем четком ако је предмет велики, 5% раствором Паралоида Б -72 у ксилолу и суши на ваздуху. Овако се чисте и предмети од сребра са позлатом на којима се ухватио слој сребросулфида преко слоја позлате. Овде се посебно мора пазити при полирању јер је слој позлате веома мекан, па се смеју користити само четка од мекане природне длаке и биркреда као полирно средство.

**Предмети са делимично сачуваним или без металног језгра** - У оваквом случају предмет се после пажљивог механичког чишћења, ако је могуће, искувава у 5 % раствору натријум хидроген бикарбоната ради уклањања

хлоридних једињења. Повремено се врши контрола присутности хлоридног јона у 5% раствору натријум хидроген бикарбоната у коме је предмет лежао 24 часа. Када хлоридни тест покаже негативни резултат наставља се са искувавањем у дестилованој води ради уклањања растворљивих соли уз контролу кондуктометром отпора дестиловане воде у којој предмет боравио 24 часа. Када је вредност отпора преко  $120000 \Omega/\text{cm}^3$  предмет се суши у сушници на температури од  $50^\circ\text{C}$  у трајању од 48 часова. По сушењу предмет се, ако његово стање допушта, импрегнира у вакуму у 5% раствору Паралоида Б-72 у ксилолу и потом суши на ваздуху. Код предмета који се не могу импрегнирати у вакуму, лак се наноси четком.

## Консолидациона редукација сребра

Процес консолидационе редукације, путем којег се кородирани производи могу повратити у првобитно метално стање, описани је код Вернера (Werner) за третман олова и од стране Органа (R. M. Organa) за конзервацију сребра<sup>32</sup>. Мада је консолидациона редукација олова данас постала стандардна метода третмана у Британском музеју за лабораторијско истраживање, ова метода се ретко употребљава за конзервацију сребра. Од како је Лира из Ура урађена овом методом, примена ове методе је била спорадична.

Код Органовог рада предмет је потапан у електролизу у којој је електролит 3% раствор натријум хидроксида, анода је од графита који је обложен порозном полиетиленском фолијом да графит не би прелазио у електролит. Прва фаза је потапање кородираног сребра у 30% раствор мравље киселине која је уклонила калцификацију са површине предмета а није растварала сребро хлорид. Предмет је потом испран у дестилованој води. Са стране где је прислоњена сребрна жица, предмет је премазан Тензолом бр.7 (провидни метакрилатни полимер који се састоји од два раствора, течног раствора полимера у мономеру и учвршћивача бензол пероксида у пластификатору) а део жице који није прекривен тензолом, изолован је пластичном навлаком од електролита. Незаштићени део сребрне жице изнад електролита је спојен са катодом. Електролиза је напајана једносмерном и наизменичном струјом у односу , 80-90% једносмерне и 10-20% наизменичне, помоћу посебно направљеног исправљача. Јачина струје је била 10 милиампера по  $\text{dm}^2$  или 1 милиампер по  $\text{cm}^2$ . Предмет је третиран између 3 - 4 недеље све док површина сребра није постала бела. Следећа фаза је испирање у дестилованој води између 2-3 недеље уз контролу кондуктометром, а потом се предмет суши на ваздуху. Површина предмета је полирана стакленом четком. Потом је друга страна сребра премазана Тензолом бр.7. а по његовом очвршћавању предмет је загреван на  $130^\circ\text{C}$  и пеглан према потребној форми на дрвету помоћу сликарске шпахтле, док је топао. На завршетку вишак Тензола бр.7 је уклоњен тампонима на дрвеном штапићу који су потопљени у хлороформ. Ово је изузетно компликован поступак који захтева високо специјализовану лабораторију са стручњацима различитог профила.

Ова метода није масовно прихваћена од конзерваторских лабораторија пошто се консолидациона редукација сребра може постићи употребом само једносмерне струје мале јачине (око 1 милиампер по  $\text{cm}^2$ ) у раствору натријум хидроксида.

## Очвршћавање кртог сребра рекристализацијом <sup>33</sup>

Крто сребро може се очврснути загревањем до тамно црвеног усијања или држањем на нешто нижој температури у одређеном временском трајању. Овај поступак изискује спретност и искуство, јер се сребро топи на  $960^{\circ}\text{C}$ , а могу бити присутне и нечистоће које знатно смањују тачку топљења. Ако постоје било какви минерални састојци сребра и бакра тако висока температура се не може одржавати јер би дошло да топљења сребра. Сребро хлорид се топи на  $455^{\circ}\text{C}$ , а бакар хлорид на  $422^{\circ}\text{C}$ . Када постоји сумња, или када је сребро врло танко, треба употребити минимум топлоте. Учвршћавање почиње да се одиграва на око  $250^{\circ}\text{C}$  и ако се сребро стави у пећ чија температура досеже за око два сата до око  $400^{\circ}\text{C}$  то ће бити довољно у већини случајева. Посебно је важно да пећ има веома тачан регулатор температуре и да се загрева уз полагањем повећање темпера. Када је сребро легирано бакром загревање ће изазвати формирање црне површинске превлаке бакар оксида која се може скинути потапањем предмета у 5% раствор сумпорне киселине<sup>34</sup>, а након тога се предмет испира у дестилованој води да би се одстранили трагови киселине. У Лабораторији за конзервацију археолошких предмета Народног музеја у Београду овом методом је рекристализован сребрни налаз из Јабучја.

## Деформисани сребрни предмети <sup>35</sup>

У случају згњеченог сребра обрада загревањем се увек примењује пре било каквог покушаја да се метал доведе у првобитну форму. Када је метал отпуштен загревањем може се прстима постепено враћати у првобитни облик или дрвеним алаткама покривеним кожом, процес који захтева много стрпљења, јер омешани метал постаје поново крт при хладној обради, па је потребно поновно загревање у даљем раду. Када треба уклонити избочине на модерном сребру, ту има више слободе, и обично је могуће уклонити мале деформације без претходног загревања употребом специјалних алатки израђених за ту сврху. Најкорисније су гладнице монтиране помоћу бронзаних цеви на чврсте дрвене дршке. Употреба оваквог алата код старог сребра не може се ни замислити пре него што се метал отпусти загревањем. Највећи део сребрних послужавника из Сатон Хуа налаза откопани су у згњечњом и врло кртом стању. Отпуштени су загревањем на пламену и повраћени у првобитни облик прстима, а касније уз помоћ кожом пресвученог дрвеног чекића. Када се користи слободан пламен отпуштање се обавља у замраченој соби, јер је иначе немогуће открити када метал почиње да се усијава и може се десити да се део предмета сувише загреје.



## Нијело на сребру

Нијело, црна декорација, почела је веома рано да се употребљава за украшавање предмета. Плиније помиње да је ова техника донесена из Египта, мада има мало сачуваних предмета из тог периода. На бодежима из Микене (1500 година п.н.е.) још увек туре.

У случају здравог метала ,без соли, сребро може да се загрева у електричној пећници чија се температура подеси на око 600 - 650<sup>0</sup>С. Најбољи се резултати постижу у електричној пећи, а простор у коме се налази пећ треба да буде замрачен да би се посматрале промене боје при жарењу сребра. Ако се употребљава гасна пећница тешко је спречити тамњење сребра, осим ако се гасови неискључе из простора у коме се сребрни предмет загрева. Постоји нијело декорација. Ова техника је позната у римској, византијској и англосаксонској уметности.

Лабораторијским анализама је утврђено да нијело пре 11 века одговара минералу акантиту (сребро сулфид) док је касније мешавина сребрног и бакарног сулфида што одговара минералу стромајериту. Понекад је додаван и олово сулфид (галенит).

На потамнелом сребру тешко је уочити нијело декорацију а такође може бити покривена ширењем инкрустације. Потребно је сребрне предмета добро прегледати пре чишћења у електролизи, јер би овај начин чишћења уништио нијело ако је присутан на површини. Ако постоји сумња на присутност нијела треба избећи електрохемијске методе. Ако је редукација била кратка црна површина нијела може се повратити пажљивим чишћењем средствима за чишћење метала, јер нијело у односу на сребро има вишу електричну отпорност.

## Комбинације сребра са другим металима

Сребро је често коришћено у комбинацији са другим металима, а најчешће са металима који су мање племенити. Оваква комбинација у присуству воде која садржи растворљиве соли изазива пропадање мање племенитог метала тако да се корозиони продукти обично таложе преко сребра. У таквим случајевима је најбоље урадити рентгенски снимак предмета, којим ће се тачно утврдити тачна места у корозији где се налази сребро. Поступак се своди на третман који ће омекшати корозионе насlage преко сребра и пажљиво механичко чишћење којим ће се предмет довести до првобитне форме, а потом стабилисати неким поступком који неће штетити сребру.

## Чување предмета од сребра

По завршетку конзервације сребрне предмете треба чувати од дејства сулфидних једињења из ваздуха. Ово је посебно важно

обзиром на чињеницу да се при уклањању сулфидних наслага увек уклања и део сребра са површине предмета. Најбољи начин је, ако су замотани у тканине које у себи садрже неко од средстава која везују ова једињења. Некад се користила свила која је била потопљена у 5% раствор олово ацетата  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$  у води, која би се потом сушила на ваздуху и пеглала. Данас постоје модерне тканине попут Пацифик силвер клата који се добија фабрички третирана за заштиту од сулфидних једињења.

## Конзервација предмета од злата

Злато је метал који се у периодном систему елемената налази на 79 месту, хемијски знак је Au, тачка топљења је  $1063^\circ\text{C}$ , специфичне тежине 19,3, атомске тежине 197,2. Злато је један од првих метала које је човек користио, може се наћи у природи у се самородном стању у песку или у стенама. Може се лако одвојити од земље испирањем. Може се топити у малим количинама у примитивним пећима. Веома је ковно и може се извући у листиће дебљине  $1/10000$  мм. Веома је стабилно и не кородира. Када се легира са баком или сребром добија се легура која мења боју. Чистоћа злата се означава каратама. Чисто злато има 24 карата (Слике од 38 до 40), а све легуре изнад 8 карата ( $8/24$  делова злата) понашају се као чисто злато због распореда кристалне решетке.

Два комада злата могу се спојити ако се на њихов спој доведе други метал који ће снизити тачку топљења. Овај процес се зове лемљење. Обично се за ово користе соли метала (бакар карбонат -  $\text{CuCO}_3$ ) или легуре злата и сребра или злата и бакра, које имају ниску тачку топљења. Злато се често налази помешано са баком. Легура злата и сребра назива се електрум. Присуство сребра у злату се примећује по бледој боји, светлија је легура која садржи више сребра. Легуре злата и бакра називају се тумбага. Процент бакра у тој легури је до 10 %.

Злато се користи и за позлаћивање предмета од других метала. У прошлости се користио топли поступак позлате помоћу амалгама злата (амалгам је једињење живе и злата). Поступак се састојао у наношењу амалгама на површину предмета који се потом загрева и под дејством топлоте жива испарава а на предмету се задржава танак слој злата. Ако се овакви предмети нађу у земљи под дејством влаге долази до убрзане корозије метала који је позлаћен тако да корозија настаје прво испод слоја позлате, а временом избија на површину и прекрива позлату. Конзервација ових предмета је веома компликована јер ако се уклони корозија мање племенитог метала долази и до одвајања позлате.

Конзервација предмета од злата који су легирани са сребром или златом своди се на уклањање једињења мање племенитих метала.

Почиње се са искувавањем предмета у 5% раствору мравље киселине у дестилованој води да би се уклониле соли сребра које су на површини предмета. Поступак се понавља док се у потпуности не уклоне трагови корозије са површине предмета.

Следећи поступак је искувавање у 5% раствору амонијум хидроксида да би се неутралисали трагови мравље киселине и уклониле соли бакра, а потом предмет искувава неколико пута у 5% раствору Комплексона 3 ради убрзавања уклањања растворљивих соли.

Последња фаза је искувавање у дестилованој води уз контролу кондуктометром све док отпор дестиловане воде у којој је предмет провео 24 часа небуде већи од 120000  $\Omega/\text{cm}^3$ .

Предмет се суши на ваздуху ако је у питању легура злата и бакра да не би дошло да тамњења на повишеној температури због присуства бакра у легури. Импрегнација се обавља у вакуму у 5% раствору Паралоида Б-72 у ксилолу а потом се предмет суши на ваздуху.

У случају да се после третмана мрављом киселином и амонијум хидроксидом на површини појави црни слој сребро сулфида приступа се чишћењу у "Силвер дипу" након чега се предмет не сме искувати већ се само испира у дестилованој води а потом суши на ваздуху и импрегнира у вакуму у Паралоиду Б-72 у ксилолу.

Ако на предмету постоји само калцинација на површини она се може уклонити контактном са 1% раствором азотне киселине<sup>37</sup> помоћу дрвених штапића, четкицом или капиларном стакленом цеви. После се предмет испира у дестилованој води да би се уклонили трагови азотне киселине.

Ако на предмету постоје трагови земље, они се могу уклонити 2% воденим раствором нејонских детерџената као што је Синперјоник<sup>38</sup>. Органске материје са површине, ако се не чувају, уклањају се потапањем у 2% раствор натријум хидроксида<sup>39</sup> у трајању од неколико минута а потом се предмет испира у дестилованој води.

Посебан проблем је конзервација предмета са позлатом код којих није сачувано метално језгро од мање племенитог метала. Ако је у питању бронза са позлатом приступа се поступку наизменичног потапања у 5% раствор мравље киселине и 5% раствор амонијум хидроксида, без искувавања, да би се растворили корозиони продукти преко позлате. У току хемијског третмана површина предмета се пажљиво чисти механички под микроскопом. Процес хемијског чишћења престаје када се очисте корозиони продукти преко позлате. Следећа фаза је уклањање растворљивих соли потапањем у дестиловану воду уз контролу отпора кондуктометром. Када је отпор дестиловане воде у којој предмет провео 24, часа преко 120000  $\Omega/\text{cm}^3$  предмет се суши на

ваздуху. Инхибиција се врши потапањем у 3% раствор бензотриазола у трајању од 4 часа након чега се предмет поново суши на ваздуху. Импрегнација у 5% раствору Паралоида у ксилолу обавља се само потапањем, након чега се предмет суши на ваздуху.

Код позлате на сребру, као што су окови икона, површина се прво одмасти потапањем у ацетон ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ). Следећа фаза је уклањање корозије бакра потапањем у 5% раствор мравље киселине и амонијака. Сулфидни слој који је најчешћи код овакве врсте предмета се уклања потапањем у "Силвер дип". Полирање позлаћене површине врши се четком од мекане природне длаке која се накваси и умочи у бир креду најфиније гранулације. Испрање се обавља великим количинама дестиловане воде а потом се предмет пребрише ватом натопљеном у концентрован етил алкохол да би се убрзало сушење на ваздуху. Импрегнација се врши 5% раствором Паралоида Б-72 који са наноси меканом четком од природне длаке. Лак за импрегнацију сребра мора бити коришћен само за предмете од сребра. Никако се не сме позлаћена и посребрена површина полирати стакленом четком јер долази до трајних, видљивих оштећења која се не могу поправити.

## ДРВО

Природан матерјал сложене структуре и комплексних особина. Разликује се по врстама, поднебљу где се узгаја као и начину како се користи.

Структура дрвета се састоји од уздужних спроводних снопића којима се транспортују сокови од корена до листова. Ови снопићи зависно од врсте дрвета могу бити различитих димензија облика и густине.

Некад је постојало правило о сечи дрвећа, која се обављала у периоду мировања вегетације, од 15 јануара до 15 фебруара. У овом периоду у спроводним снопићима не постоје хранљиви сокови. Дрво које је сечено у овом периоду има много мање шансе да га нападне црвоточина.

Основна подела је на четинарско и листопадно дрвеће, а листопадно се може поделити на меко и тврдо односно брзо и споро растуће. Од врсте и особина зависи примена дрвене грађе.

Пре употребе дрво се природно или вештачки суши до одговарајућег процента влажности зависно од намене. За тврде врсте које се суше природним путем правило је да за сваки сантиметар дебљине потребно годину дана.

Штеточине које нападају дрво могу се поделити на :ксилофагне микро организме( изазивају трулеж дрвета и ксилофагне животиње( стварају црвоточину).

На нашем поднебљу ретко се срећу термити, па ћемо их само поменути.

Гљиве се појављују само ако је влажност дрвета већа од 30%, при мањој влажности дрво је безбедно

Најраспрострањенија црвоточина код нас је Анобијум пунктатум, Ликус брунеус и Хилотрупес бајулис

Свака површинска заштита је извесно време и заштита од црвоточине.

Дрво заражено црвоточином се мора третирати чим се појаве рупице на дрвету из којих испада                    ситна                    прашина                    светле                    боје.



Експонат је неопходно изоловати од осталих дрвених предмета и зависно од облика и величине применити одговарајуће мере .

Дрво се може третирати отровним гасом у коморама или посебним сандуцима у трајању од најмање 15 дана.Фумигацију могу изводити само овлашћене фирме са обученим људима уз све мере заштите.





Након третмана дрво је излечено од црвоточине али не и заштићено, после извесног времена могуће је да се са неког другог зараженог експоната од дрвета поново пренесеи.

Хемиске инсектициде-линдани, перметрини и пиретрини, можемо примењивати куративно и превентивно.

До сада уобичајен и широко распрострањен начин третирања црвоточине је хемикалијама које је било могуће купити у фарбарским радњама. Комерцијални називи ових препарата су били Ксилолин, Жижолин.....Овим хемикалијама су се премазивали сви дрвени делови експоната без обзира где је црвоточина.Премазивање је могуће четком, ваљком, прскање је могуће али није препоручљиво због мера заштите, већина ових средстава има основу у индустрији бојних отрова.

Уколико је потребан прецизнији рад, средство се може и убризгавати у постојеће рупице од црвоточине медицинским шприцом са иглом.

Прем прописима Европске уније употреба ових средстава је забрањена и јако тешко се могу наћи у продаји. Углавном се продају под другим називима и као средства за инпрегнацију дрвета..

Средство за третирање дрвета је могуће и направити кувањем храстовог жира или кувањем есенције, соли и ..( рецепт Дероко).

Након третирања црвоточине пожељно је површинске рупице затворити, восковима, гитом, лаковима у зависности од стања и претходних третмана дрвета.

Влага се сматра највећим узрочником пропадања органских матерјала , посебно дрвета.

Дрво у свом саставу садржи од 12-20% влаге

Ако се континуирано јављају промене релативне влажности и температуре депоа или галерије у којој се чува експонат, долази до промена габарита , ако је дрво старо и не еластично долази до замора и пуцања.Промена температуре изазива хемиску реакцију у целулози дрвета, оно најпре губи боју, еластичност и постаје подложно пуцању.Са сваким повећањем температуре за 10 степени започете хемиске реакције се удвостручују

Интензивна светлост делује вишеструко на дрво, његова топлина исушује дрвену масу па се појављују пукотине и деформације, део спектра изазива хемиску реакцију која разлаже целулозу и поспешује оксидацију.

Хемиске узроке оштећења дрвета узрокују : атмосферски кисеоник, сумпор диоксид, киселе и алкалне соли.

Реакције дрвених предмета на климатске промене и утицај средине зависе од врста дрвета, његовој тврдоћи, димензија, техници заштите.....

Дрво се најбрже распада у топлој ,влажној и не проветреној средин

## Документација

Најважнији сектор у раду сваког музеја.Свака активност у музеју мора бити пропраћена одговарајућим протоколом и документацијом.

Значај документације најбоље можемо сагледати на примеру из Првог светског рата ,из београдских музеја Аустро-Угарске окупационе власти су поплачкали велику количину експоната који после рата нису могле бити враћене, јер није постојала одговарајућа документација

Препорука је да се ради двојна документација која се чува на различитим локацијама ,тако да податци буду максимално заштићени у случају : елементарних непогода, ратова, крађа.....

Основни документ је улазна књига у коју попуњава кустос који је задужен за документацију .Књиге се попуњавају читко, мастилом, и налази се у документацији, доступна је свим кустосима који воде збирке.Сваки експонат добија број у улазној књизи.

Сваки кустос који води збирку води инвентарну књигу, по збиркама, књига се налази код њега, или у документацији,попуњава се на основу података из улазне књиге и стања експоната.

Поред књиге кустоси за свеки експонат воде картоне који се воде под бројем који означава збирку, и инвентарски број експоната у збирци.Обрађени експонати на картонима морају имати број улазне књиге, инвентарски број, фотографију, основне податке,димензије ,тежина...

Опис и историјат предмета су рубрике које се је могуће стално допуњавати, како се продубљују нивои проучавања предмета.

Кустоски картон садржи и информацију о конзерваторско рестаураторским мерама које се примењују на експонату.

Конзерваторски картон, попуњава конзерватор,са комплетним што детаљнијим описом захвата и матерјала који су примењивани током поступака.Уз картон у прилогу се налазе фотографије појединих фаза значајних за будуће рестаурације.

Конзерваторски картони се налазе код конзерватора.

Пре рестаурације експонат мора бити потпуно обрађен у инвентарној књизи и кустоском картону и потпуно истражен.Ово важи и за излагање и публикавање експоната.

Процес рестаурације или конзервације почиње кад се уочи промена на експонату која захтева хитну интервенцију или на предлог кустоса.Кустос је дужан да сарађује у току поступка и да се око битних ствари консултује са извођачем радова.

Конзерваторски картон је важно што детаљније попунити, са описом свих поступака и применом матерјала, ово је важно због проблема који могу евентуално настати због примене неадекватних или недовољно испитаних матерјала.Сви поступци и матерјали морају бити реверзибилни, односно мора постојати могућност да се експонат врати у првобитно стање уколико грешком дође до примене лошег матерјала или буде грешка у поступцима.

Уколико је то могуће примењују се само П.А.(про амализе) матерјали којима је гарантован састав.Код свих матерјала из петрохемиске индустрије којма није гарантован састав може доћи до проблема.

Јако је важно пре почетка радова имати тачну информацију о хемиском саставу матерјала који се третира.Потврда лабораторије која је извршила анализу се прилаже уз конзерваторски картон.

## Текстил

Због свог органског порекла и склоности брзом пропадању, проблем чувања,конзервације, излагања и презентације културне баштине текстилних артефаката је велики

Превентивна конзервација почиње већ приликом пријема и складиштења, где велику пажњу треба посветити начину слагања , замотавања и врсти папира који се при томе користе.До сада се користио безкиселински бапир, у задње времесу музеји почели са употребом производа од полуетилена.

При руковања текстилом, као и за већину експоната обавезна је употреба рукавица да се не би преносила са руку масноће, нечистоће и зној



Крхки материјали се подупиру вишеструком газом, или разпињу ексерима или чиодама о чијим антикорозивним карактеристикама је потребно повести рачуна.

За чување текстилних збирки препоручују се суви простори, влажност и неадекватна температура изазивају деформације као што су бубрење и скупљање влакана, убрзано старење, губитак пигмента и на крају разлагање хемиског састава влакана.

Неадекватна температура и превелика влага ствара услове за развој микроорганизама и плесни.

Прашина и друге нечистоће из ваздуха који се скупљају на површини текстила променом температуре, током процесаскупљања и ширења продиру дубље у унутрашњост влакана.

Пре складиштења текстила као мера превентивне конзервације обавезно је скидање свих металних дугмади, рајфешписа и украса који су осетљиви на оксидацију. Ови предмети се одвојено складиште.

Важно је и текстил сачувати од светлости, јер она делује деструктивно и разграђује влакна и боју.

Светлост природна и вештачка садржи невидљиве краткоталасне делове УВ спектра и инфрацрвеног зрачења који изазивају трајне хемиске и физичке промене које доводе до ибзаног старења, убрзава деструкцију и разградњу влакана, старења и губитак боја.

Приликом одабира локације у којој ће се чувати текстилни експонати, треба водити рачуна да то не буде у урбаној средини са пуно загађења, ауто гасова, дима... Прозори морају бити добро задихтовани са шалонима, завесама или нечим сличним што спречава директан улазак светла.

На прозорима морају постојати мреже са инсекте. Мољци и друге бубе које се хране текстилом или га користе за гнезда за врло кратко време могу уништити дугогодишњи труд.

Против мишева и других глодара морају бити предузете све могуће мере које су на располагању. По ћошковима депоа у којима се чува текстил постављају се «коктели» мамаца са отровом за различите величине глодара. Осим мамца пожељно је инсталирање уређаја за електронско ултразвучно расатеривање глодара и инсеката, само треба водити рачуна да је лепо удаљен од канцеларија.

## Ласерско чишћење

Чишћење ласером је најсавременији поступак, у којем ласерске зраке одређене фреквенције дјелују на тамну прљавштину на камену, те она нестаје у виду ситних честица прашине и водене паре. Широка примјена ласерске методе чишћења приликом конзерваторско–рестаураторских захвата на разноврсним материјалима (Phoenix Zenit, Paragon, Compact Phoenix, Smart Clean, Michelangelo) омогућује врло прецизно



уклањање прљавштине и на комплексније оштећеним површинама. Ласерско свјетло је стимулирано, прецизно и усмјерено, дјелује на ограниченој површини, а престаје с дјеловањем кад зрака дође у додицај са свијетлом површином камена. То је нарочито важно јер нема могућности оштећивања предмета. Чува се патина камена, чиме је ова метода погодна и за чишћење најтеже оштећених површина. Ласерска метода чишћења се примјењује и код уклањања графита на заштићеним културним добрима.

## MIKROPESKARENJE



Микропескарење је механичко уклањање тамних инкрустација са камена. Чишћење се врши отвореном или затвореном методом, овисно о околишу у којем се чишћење обавља. Ширином млазнице (већ од 1 мм), као и врстом медија (најфинији медиј - сода бикарбона, алуминиј оксид) постиже се прецизност, селективност, као и квалитета чишћења у смислу заштите и очувања површине, те трагова изворне обраде камена.

## ХЕМИЈСКЕ МЕТОДЕ ЧИШЋЕЊА

Ове методе примјењују се код уклањања нечистоћа, које су пенетрирале дубље у структуру материјала. Чишћење се врши постављањем облога од папирнате каше уз додатак одговарајућег хемијског средства.

## ДЕСАЛИНИЗАЦИЈА

Десалинизација је поступак уклањања штетних топљивих соли из материјала. Контаминираност материјала солима може бити различитог подријетла: хлориди из морског околиша, сулфати из загађене урбане атмосфере као производ изгарања фосилних горива, соли из фекалија птица итд. Поступак десалинизације се врши различитим методама, овисно о саставу и количини соли: четкањем, испирањем водом, облозима на бази апсорбирајућих материјала (папирната каша, различите врсте глине попут сепиолита и атапулгита), који се мијешају с водом, са или без додатка одговарајућег хемијског средства.

## Паковање и транспорт музејских експоната

Транспорт експоната је посебан вид превоза. Пожељно је да у оквиру музеских служби постоји служба која је специјализована и опремљена за овај деликатан посао. Повећани ризици по безбедност експоната постоје приликом паковања и транспорта експоната. Паковање и транспорт су директно повезани, приликом транспорта експонати су изложени дејству физичких сила :удари, вибрације, трење, неадекватни климатски услови, опасност од пожара, отуђења.....

Како би се оштећења приликом паковања и транспорта свели на минимум, потребно је поштовати одређена правила и процедуре. Брзина кретања у друмском транспорту, на правим деловима пута, строго је ограничена на 80 км/х.

Паковање може бити меко и тврдо, најчешће се користе сандуци посебне намене.

Материјали који се користе за паковање морају бити прилагођени степену РХ експоната и морају бити исте температуре. сав материјал који се обично користи за паковање: дрво, шпер плоча, картони, платна, амортизери удараца, силика гел..., морају бити у истом окружењу са експонатима извесно време.

За организацију транспорта мора да постоји тим који би требало да се састоји од кустоса из чије збирке се експонат превози ( подразумева се да је експонат музеолошки обрађен и да га је прегледао конзерватор), техничар који га пакује и који на основу стеченог искуства и начина превоза може да предвиди потенцијалне опасности по безбедност експоната и транспортне службе која врши превоз.

Експонат мора бити осигуран и сво време транспорта га мора пратити кустос.

Уколико музеј нема могућност да организује превоз у сопственој режији могу се ангажовати специјализованим превозницима који могу испунити музејске стандарде и захтеве осигуравајућих друштва.

Избор врста превоза зависи од дестинације и времена транспорта. најквалитетнији услови за транспорт се остварују друмским превозом.

Транспортовати се може специјално опремљеним камионима, комбијима, возовима, бродовима.

Транспорт се организује у току дана, да би се избегла ноћна вожња и употреба јавних паркинга у случају непредвиђени околности.

Простор за транспорт и складиштење амбалаже са музејским предметима мора бити заштићен од кише, снега, ветра сунца штеточина и сл.

Транспорт музејских предмета у оквиру гостујућих изложби подразумева процедуру која се планира унапред, праве се сандуци за паковање, обезбеђује се опрема за остваривање микро климатских услова, тражење најбезбедније маршруте .

Експонат који се транспортује мора пратити , документација о експонату, уговор о уступању изложбе, уговор са осигуравајућим друштвом, путни налог са задатком, транспортне и царинске формуларе(ако гостује у иностранству).

По приспећу на уговорену дестинацију амбалажу је потребно оставити један дан да се аклиматизује пре отварања. На оваја начин се спречава кондензација влаге и климатски шок.

Ако је у току транспорта дошло да непланираних догађања о новонасталој ситуацији се у најкраћем року морају обавестити обе институције.

Распакивање сандука може вршити само овлашћено лице у климатизованом простору. Било каква уочена промена или оштећење се мора констатовати у Извештају о стању предмета. Конзерваторске интервенције нису дозвољене без сагласности установе која је дала предмете на позајмицу.

## ЛИТЕРАТУРА:

- Зоран Павловиц, Рад за саветничко звање  
Наталија Тосић, Руковање и трансфер предмета  
Мила поповић Живанчевић , Паковање и транспорт музејских предмета  
Весна Живанчевић , паковање и матерјали за паковање  
Лара Флецкер, А Бриџ Овервиџ оф Пацкинг Цостуме фор Транспорт  
ин: А Працтикал Гуиде то Цостуме Макинг Елсевиер , 2012.  
М. Срећковић, Ласерска техника , Републички центар за теленте из  
природних и техничких наука.  
С. Полић-Радовановић, примена ласера у обради, заштити и  
дијагностицирању матерјала предмета културне баштине.