

გივი ინანიშვილი

მატერიალური კულტურის
ძეგლების კონსერვაცია

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გ. ინანიშვილი

მათერიალური კულტურის ძეგლების კონსერვაცია



რეგისტრირებულია სტუ-ს
სარედაქციო-საგამომცემლო
საბჭოს მიერ

თბილისი
2009

დამხმარე სახელმძღვანელო მოიცავს ისტორიის და კულტურის ძეგლთა ლაბორატორიული გამოკვლევის და რესტავრაციის პრობლემატიკას. განხილულია ხის, ქსოვილის, ტყავის, კერამიკის, ფაიფურის, მინის, მინანქრის, ლითონების, შენადნობების და საიუველირო ქვების ბუნებრივი “დაბერების”, მათი აღდგენის და სამუზეუმო კონსერვაციის ძირითადი საკითხები. თავმოყრილია სხვადასხვა სპეციალურ სამეცნიერო ლიტერატურაში არსებული ცნობები სარესტავრაციო პრაქტიკის შესახებ, რომლებიც შევსებულია საკუთარი ლაბორატორიული ექსპერიმენტის შედეგების გათვალისწინებით.

რესტავრაცია-კონსერვაციის თეორიულ-ლაბორატორიული კურსი წარმოდგენილია, როგორც მატერიალური კულტურის ძეგლთა ფიზიკური გადარჩენის, მისი ხელოვნებათმცოდნეობითი და მასალათმცოდნეობითი რეკონსტრუქციის, ისტორიული ღირებულების შენარჩუნების ერთიანი პროგრამა.

დამხმარე სახელმძღვანელო განკუთვნილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის “ხელოვნებათმცოდნეობის” სპეციალობის ბაკალავრებისა და “სიძველეთა და სახვითი ხელოვნების ნიმუშთა ტექნიკური ექსპერტიზის” მაგისტრატურის მსმენელთათვის. დახმარებას გაუწევს სიძველეთა და ხელოვნების ნიმუშთა ქიმიკოს რესტავრატორებს, მატერიალური კულტურის ძეგლების კონსერვაციისა და სამუზეუმო დაცვის საკითხებზე მომუშავე სპეციალისტებს.

რეცენზენტები: ისტორიის მეცნიერებათა დოქტორი,

სრული პროფესორი ნ. ხაზარაძე

საქართველოს საინჟინრო აკადემიის აკადემიკოსი,

სრული პროფესორი ვ. კოპალეიშვილი

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2009

ISBN 978-9941-14-583-4

<http://www.gtu.ge/publishinghouse/>



ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილი (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური), არ შეიძლება გამოყენებულ იქნას გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

შინაარსი

შესავალი	4
1 სარესტავრაციო დამუშავების ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროცესები და პოლიმერები	8
2 ორგანული წარმოშობის მატერიალური კულტურის ძეგლების კონსერვაცია და სამუზეუმო დაცვა	13
3 არაორგანული წარმოშობის მატერიალური კულტურის ძეგლების რესტავრაცია-კონსერვაცია	19
3.1 სილიკატური მასები	19
4 ლითონები და შენადნობები	35
5 შავი ლითონები	62
6 კეთილშობილი ლითონები (ვერცხლი, ოქრო, პლატინა)	65
7 ფერადი ლითონები	72
8 რჩილვა	77
9 ლითონის ნაკეთობათა ზედაპირული დამუშავება	82
10 ძვირფასი ლითონების დამუშავება	96
11 ძვირფასი და სანაკეთო ქვები	113
12 ოქრომჭედლობა და საიუველირო მოდა	122
13 ლიტერატურა	130

შესავალი

რესტავრაცია-კონსერვაციას შეიძლება დაექვემდებაროს ისტორიული ღირებულების მქონე ძეგლები, არქეოლოგიური, ეთნოგრაფიული და ანტიკვარული მასალები. ამ მატერიალური კულტურის ძეგლებში განიხილება ხუროთმოძღვრების შედევრები (ეგვიპტის და მექსიკის პირამიდები, ხის არქიტექტურა), ხელოვნების ნაწარმოებები (სკულპტურა, ფრესკა), ძველი ხელოვნების ნიმუშები (ლითონის, კერამიკის, ფაიფურის, მინის, მინანქრის, ხის, ქსოვილის და სხვა ნაწარმი), საიუველირო ნივთები (სამკაული), ძვირფასი ქვები, ნუმიზმატიკური მასალა და სხვა.

მატერიალური კულტურის ძეგლები ჩვენამდე აღწევენ შეცვლილი ან გარკვეულად დაშლილი სახით. ძეგლის შექმნიდან დღემდე, მისი შინაგანი და გარეგანი (ზედაპირული) სახეცვლილების პროცესს შეიძლება ეწოდოს ბუნებრივი “დაბერება”. ძეგლის “დაბერების” პროცესის ინტენსივობა დამოკიდებულია როგორც ისტორიული მასალის თვისებებზე, ისე გარეგან მოქმედ ბუნებრივ ფაქტორებზე (ტემპერატურის და ტენიანობის ცვლილებები, ქარის და წყლის ეროზია, სინათლის მოქმედება), აგრეთვე ეკოლოგიური პირობების არასტაბილურობაზე (ჰაერის შედგენილობა, ვიბრაციული მოვლენები). რესტავრაცია-კონსერვაციის ამოცანას წარმოადგენს შეანელოს და შეაჩეროს ისტორიულ მასალაში მიმდინარე “სიბერის” პროცესი. მნიშვნელოვანია შევინარჩუნოთ როგორც ძეგლის გარეგნული სახე, ისე მასალა, რომლისგანაც ობიექტი არის შექმნილი, ვინაიდან ძეგლის შეცვლა ნიშნავს, დასამუშავებელი ნიმუშის ტექნიკური თავისებურებების, დედანში ჩადებული დამზადების ტექნოლოგიის და ინდივიდუალობის ისტორიული მნიშვნელობის დაკარგვას.

თეორიულ-ლაბორატორიული ექსპერიმენტი, რომელიც ემსახურება ისტორიული ძეგლის შენარჩუნებას, მისი დიდი ხნით არსებობისათვის პირობების შექმნას, განისაზღვრება როგორც რესტავრაცია, კონსერვაცია და რეკონსტრუქცია.

რესტავრაცია (ლათინური *restauratio*-დან აღდგენა) ფართო გაგებით მატერიალური კულტურის ძეგლების ან სახვითი ხელოვნების ნიმუშთა თავდაპირველი (პირველადი) სახის (ფორმის) აღდგენა, განახლება. ხელოვნების ძეგლებისათვის რესტავრაცია გულისხმობს დაზიანებული, დამახინჯებული ან დანაწევრებული ძეგლის (არქეოლოგიურ-ეთნოგრაფიული, დეკორატიულ-გამოყენებითი, სახვითი ხელოვნების და სხვა ნიმუშთა) აღდგენა-გამაგრებას, მათი ისტორიულ-მხატვრული მნიშვნელობის შენარჩუნების მიზნით.

თანამედროვე რესტავრაციის თეორია და პრაქტიკა ითვალისწინებს რესტავრირების მეთოდის ყველა პრაქტიკულ–ლაბორატორიულ სამუშაოთა დიფერენცირებას, მათი სრულფასოვანი გამოყენების შესაძლებლობას. სახვითი ხელოვნების და მატერიალური კულტურის ძეგლთა რესტავრაცია მიზნად ისახავს სიძველეთა ნიმუშების როგორც გარეგნული სახის აღდგენას, ისე მისი მასალის და დამზადების ტექნოლოგიური სქემის გამოკვლევა-დადგენას. ამ პროგრამის განხორციელებისათვის გამოიყენება კვლევის ინტერდისციპლინარული კომპლექსი, ფიზიკის, ქიმიის, ბიოლოგიის, მათემატიკის და სხვა მეცნიერებათა მიღწევების შესაბამისად (სპექტრული, მიკრორენტგენოსპექტრული, რენტგენოგრაფიული, მაკრო-მიკროსტრუქტურული, ელექტრონულმიკროსკოპული, ქრომატოგრაფიული და სხვა მასალათმცოდნეობითი ანალიზის მეთოდები).

რესტავრაციის პროცესში დგება პროექტი ცალკეულ ძეგლზე ან ძეგლთა ჯგუფზე, წინასარესტავრაციო გამოკვლევა ტარდება თანამიმდევრულად, ნივთზე დანაფენი (დანალექი) მნიშვნელოვანი ფრაგმენტებისა და ნარჩენი ორგანული მასალების ელემენტების ყურადღებით შესწავლით. როგორც წესი, ძეგლის ბუნებრივად შემორჩენილი (დედანი) ნაწილი მოცულობით ჭარბობს ხელოვნურად აღდგენილ ფორმებს. რესტავრაციის შედეგად ძეგლს უბრუნდება პირვანდელი სახე და ფორმა, აღდგება ბუნებრივი “სიბერის” პროცესში დაკარგული მექანიკური სიმტკიცე, სწორდება დეფორმირებული ნაწილები, იწმინდება ქიმიურად ან სტრუქტურულად დარღვეული მასისაგან (შემუქებული ლაქა ფერწერის ნიმუშზე, მინერალიზებული ფხვიერი პატინა მცირე პლასტიკისა და არქეოლოგიური ლითონის ზედაპირზე და სხვა).

კონსერვაცია (ლათინური conservation-დან შენახვა, შენარჩუნება). ისტორიის და კულტურის ძეგლების (არქეოლოგიურ-ეთნოგრაფიული, არქიტექტურული, სახვითი და დეკორატიულ-გამოყენებითი ხელოვნების ნიმუშების) მექანიკური სიმტკიცისა და ქიმიური მდგრადობის შენარჩუნების მეცნიერულად დასაბუთებულ ღონისძიებათა ერთობლიობა. მატერიალური კულტურის ძეგლის ჩვენამდე მოსული ან აღდგენილი სახის შენახვა–კონსერვაცია, შეუხებელს ხდის ექსპონატის ელემენტებს, მის მთლიანობას, რომლის ისტორიული ფასეულობა ცნობილია ან გამოვლინდება მომავალში.

ორგანული და არაორგანული წარმოშობის მატერიალური კულტურის ძეგლთა კონსერვაცია ითვალისწინებს, სამუზეუმო კონსერვაციის შემდგომ პერიოდში ექსპონატის შენახვისა და დაცვის ოპტიმალური პირობების შექმნას (მუდმივი ტემპე-

რატურის, ფარდობითი ტენიანობის, ჰაერის შედგენილობის, განათების რეჟიმით). ამდენად პრევენციული კონსერვაცია-ნიშნავს მატერიალური კულტურის ძეგლის დაცვას გარეგანი აგრესიისაგან და ითვალისწინებს პრევენციული ღონისძიებების გატარებას, ექსპონატისათვის სასურველი დამცველი პირობების შექმნას. მომზადებულია პრევენციული კონსერვაციის თეორიული და ექსპერიმენტული სტრუქტურები.

რეკონსტრუქცია (ლათინური reconstruction-დან გარდაქმნა, შექმნა). სიძველეთა და სახვითი ხელოვნების ძეგლების, დეკორატიულ-გამოყენებითი ხელოვნების ნიმუშთა დაზიანებული ნაწილების აღდგენა, ხელახლა შექმნა, პირვანდელი სახის დაბრუნება და მთლიანი (ერთიანი) ფორმის წარმოდგენა, ისტორიული ექსპონატის საერთო ფასეულობის შექმნის მიზნით. რეკონსტრუქცია შესაძლებელია ძეგლზე შემორჩენილი, დაუზიანებელი ნაწილების შესაბამისად; მეცნიერულად დასაბუთებული რეკონსტრუქცია რესტავრაციის საერთო სქემის მნიშვნელოვან ობიექტს წარმოადგენს.

რესტავრაცია, კონსერვაცია, რეკონსტრუქცია წარმოადგენენ მატერიალური კულტურის ძეგლის არსებობის გაგრძელებისათვის საჭირო ტექნიკურ-ლაბორატორიულ პროცესთა ცალკეულ ეტაპებს. სარესტავრაციო სამუშაოები დაკავშირებულია საკვლევი ობიექტის მასალათმცოდნეობით ელემენტებთან. მასალის დამუშავების სხვადასხვა საფეხურზე მისი ქიმიური შედგენილობის და დამზადების ტექნოლოგიის გათვალისწინებით, ექსპონატის დაცულობის შესაბამისად, იქმნება რესტავრაცია-კონსერვაციის სამუშაოთა მიმდინარეობის სქემა. ის ემსახურება კულტურული მემკვიდრეობის შენარჩუნების, დაცვის და მომავალი თაობებისათვის პირვანდელი (ისტორიული), უცვლელი სახით გადაცემის საქმეს.

რესტავრაცია-კონსერვაციის პროცესი საჭიროებს ხელოვნებათმცოდნეობით და მასალათმცოდნეობით კომპლექსურ ანალიზს, სარესტავრაციო ნიმუშის მთლიანი ისტორიული ფასეულობის აღდგენისა და მისი შემდგომი არსებობის პროგნოზირებისათვის. ამდენად, მატერიალური კულტურის ძეგლთა გადარჩენისა და შენახვის მიზნით, ფართოდ გამოიყენება როგორც ისტორიული, ისე ტექნიკური და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა მიღწევები. არქეოლოგიური, ეთნოგრაფიული და ანტიკვარული მასალის სამუზეუმო ექსპონატების რესტავრაცია-კონსერვაცია მიმდინარეობს ცალკეული ნივთის შედგენილობის, მასალის თვისებების რაოდენობრივი მონაცემების გამოვლენის პრინციპით. მატერიალური კულტურის ძეგლის დამუშავების პროცესი იწყება საველე პირობებში და გრძელდება

სარესტავრაციო ლაბორატორიებში, აერთიანებს სპეციალურ თეორიულ-პრაქტიკულ სამუშაოთა კომპლექსს.

მატერიალური კულტურის ძეგლები და სამუზეუმო ექსპონატები თავისი წარმომავლობით, ქიმიური შედგენილობით, ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, მრავალგვარია და მოიცავს ორგანული და არაორგანული მასალების ყველა სახეობას. წარმომავლობის შესაბამისად იცვლება მათი რესტავრაციისათვის საჭირო ქიმიური მასალების კლასი და გამოყენების ტექნოლოგია.

არქეოლოგიური, ეთნოგრაფიული და ანტიკვარული ინვენტარი, ძველი და ახალი ყოფის ამსახველი სამუზეუმო ექსპონატები, თავისი შედგენილობით წარმომავლობით იყოფა ორ ძირითად ნაწილად – ორგანული და არაორგანული წარმოშობის მასალებად.

ორგანული წარმოშობის მასალებია: ხე, ტყავი, ძვალი, ქსოვილი, ქაღალდი და სხვა. მასში შედგენილობის კომპლექსით ერთიანდება ზეთის საღებავებით და ტემპერით ქსოვილზე და ხეზე შესრულებული მხატვრობის ნიმუშები, პოლიქრომული ხის სკულპტურა, გობელენი, პაპირუსი, პერგამენტი და სხვა.

არაორგანული წარმოშობის მასალებია: ქვა, მინერალი, წარმოების წიდა, ლითონი, შენადნობი, კერამიკა, ფაიფური, მინა, მინანქარი. არაორგანული მასალებით შედგენილი მატერიალური კულტურის ძეგლები მოიცავენ: შავი, ფერადი და ძვირფასი ლითონებისგან და მათი შენადნობებისგან დამზადებულ ინვენტარს, სამეურნეო, საბრძოლო და სარიტუალო დანიშნულების ნივთებს, საიუველირო ნაწარმს, ნუმიზმატიკურ მასალას, ძვირფასი ქვებით შემკულ ან ინკრუსტირებულ ექსპონატებს, აგრეთვე მინის, მინანქრის, ფაიფურის და მხატვრული კერამიკის ნიმუშებს.

წინამდებარე “მატერიალური კულტურის ძეგლების კონსერვაციის” სახელმძღვანელოში წარმოდგენილია ხის, ქსოვილის, ტყავის, კერამიკის, ფაიფურის, მინის, მინანქრის, ლითონის მასალის და ძვირფასი ქვების ლაბორატორიული აღდგენა-დამუშავების სქემით განსაზღვრული მეთოდების ქიმიურ-ტექნოლოგიური საფუძვლები.

1. სარესტავრაციო დამუშავების ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროცესები და პოლიმერები

1.1. პოლიმერის შერჩევის კრიტერიუმები

რესტავრაცია-კონსერვაციისათვის გამოიყენება ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების თითქმის ყველა სახეობა. მათ შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობისაა პოლიმერული ნაერთები. ბუნებრივი და სინთეზური პოლიმერების თვისებების მრავალსახეობა სარესტავრაციო პრაქტიკაში მათი ფართო გამოყენების საშუალებას იძლევა (მაკრომოლეკულური ნაერთების ხსნარები ორგანულ გამხსნელებში-წყბოს, ლაქის დანიშნულების დამცველი ფენის შექმნის მიზნით; მონომერების და პოლიმერების წყალხსნარები ნივთის ფოროვანი ზედაპირის გაუდენტოვისა და ზედაპირული გამაგრებისათვის; მაღალმოლეკულური ნაერთები-ექსპონატისათვის მრავალწლიანი საკონსერვაციო დამუშავების ეფექტურობის გაზრდის მიზნით და სხვა).

თეორიული გამოკვლევებისა და პრაქტიკული ლაბორატორიული ექსპერიმენტის შედეგების საფუძველზე, დადგენილია პოლიმერების სარესტავრაციო შესაძლებლობები და მათი აქტიური გამოყენების სფერო. გარემო პირობებთან ურთიერთქმედებისას სხვადასხვა მაკრომოლეკულური სტრუქტურის მქონე პოლიმერები განსხვავებულ მდგრადობას იჩენენ მავნე რეაგენტების მიმართ, თვით ექვემდებარებიან სიბერის პროცესს (პოლიმერი კარგავს სიმტკიცეს, ხსნადობის უნარს, იცვლის ფერს). სარესტავრაციო ობიექტის სახეობის მიხედვით პრაქტიკულად რეკომენდებულია დასამუშავებელი მასალის შესაბამისი კლასის პოლიმერი. მატერიალური კულტურის ძეგლის სარესტავრაციო პრაქტიკაში მიღებული პოლიმერი შეირჩევა ძეგლთან მისი მიზანდასახული კონტაქტის შეფასების კრიტერიუმების გათვალისწინებით. სარესტავრაციო პოლიმერს წაეყენება შემდეგი მოთხოვნები:

ა. ხანგრძლივი მოქმედების უნარი, სარესტავრაციო ობიექტის არსებობის დროის მიხედვით;

ბ. ადგილობრივი პროცესებისადმი მდგრადობა;

გ. სარესტავრაციო ობიექტთან მტკიცე შეერთების შესაძლებლობები სამუშაოში დაცვის პირობებში;

დ. ექსპონატის მასალასთან ნეიტრალური ქიმიური რეაგირება;

ე. მცირედტოქსიკურ ორგანულ გამხსნელებში ან წყალში განზავების და სარესტავრაციო ნიმუშიდან მოცილების სრული შესაძლებლობა;

ვ. უფერული და გამჭვირვალე დამცავი იზოლაციური ფენის წარმოქმნა, ექსპონატის ფერთა გამისა და ტონალობის შეუცვლელად;

ზ. ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მდგრადობა სარესტავრაციო პრაქტიკაში (ელასტიურობა, ტემპერატურულ-მოცულობითი ჩაჯდომის მინიმალური კოეფიციენტი და სხვა);

თ. სიმტკიცე სინათლის სხივის და ბიორეაგენტების მოქმედების მიმართ.

1.2. პოლიმერი რესტავრაციაში

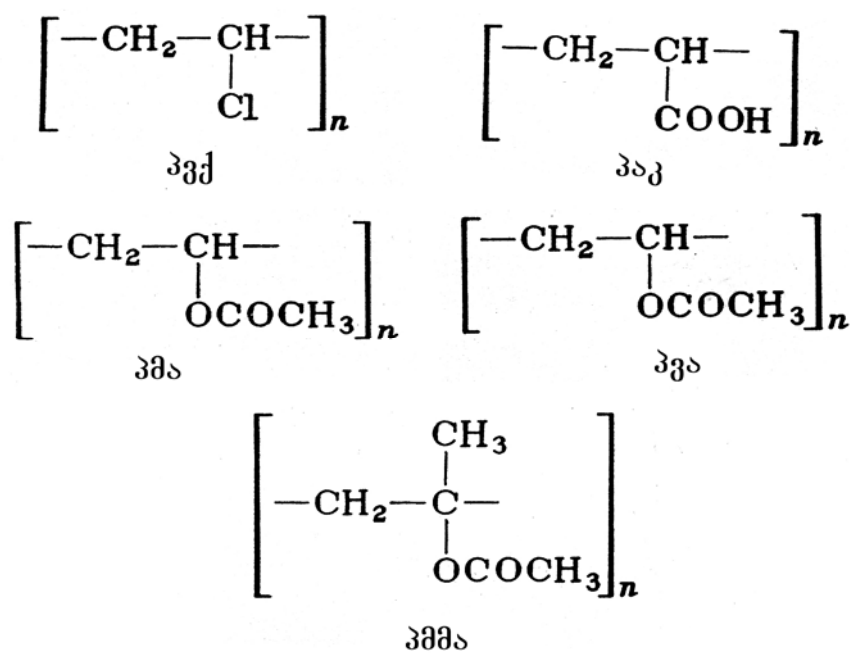
პოლიმერის შერჩევის კრიტერიუმების გათვალისწინებით სარესტავრაციო სამუშაოებისათვის რეკომენდებულია მრავალი მონომერული ჯგუფისაგან შედგენილი, პოლიმერიზაციის მაღალი ხარისხის მქონე მაღალმოლეკულური ნაერთები. სამრეწველო პოლიმერები მიიღება პოლიმერიზაციის ან პოლიკონდენსაციის პროცესით. პირველი მეთოდით მიღებული პოლიმერის მოლეკულური მასა 20000 – 1000000 ტოლია, მეორე შემთხვევაში კი – შედარებით დაბალმოლეკულური პროდუქტია (მცირე მოლეკულური მასის მქონე ფისი ოლიგომერი).

პოლიმერიზაციით მიღებული პროდუქტი განსხვავებული თვისებების მქონე ნაერთია. პოლიმერული ჯაჭვების მოწესრიგებულობის და მათთვის დამახასიათებელი განლაგების მიხედვით შეიძლება იყოს ამორფულ, ნაწილობრივ კრისტალურ ან კრისტალურ მდგომარეობაში. პოლიმერისათვის დამახასიათებელია სამი ფიზიკური მდგომარეობა: მინისებრი, მაღალელასტიური და ბლანტდენადი. მათ შორის მინისებრი პოლიმერი შედარებით მტკიცეა, დაბალტემპერატურულ ინტერვალში გაციების შემთხვევაში ის კარგავს სიმტკიცეს, მყიფე და მსხვრევადია (სიმყიფის ტემპერატურა). ტემპერატურის მინიჭებით ის გადადის მაღალელასტიურ მდგომარეობაში, აღიდგენს მოქნილობას და მუშავდება დეფორმაციის ქვეშ (მინადქცევის ტემპერატურა). აღნიშნული ტემპერატურის ზემოთ გახურებისას, პოლიმერი ბლანტდენადია (დენადობის ტემპერატურა). აღნიშნული ფიზიკური მდგომარეობების ტემპერატურული ინტერვალი იცვლება პოლიმერის მოლეკულური მასის და სტრუქტურული აგებულების შესაბამისად. პოლიმერის სიბლანტეზე შეიძლება მსჯელობა მისი მოლეკულური მასის მიხედვით (სამრეწველო პოლიმერების კლასიფიკაცია ხდება მათი მოლეკულური მასის ან ხსნარების სიბლანტის განსაზღვრით).

სარესტავრაციო დანიშნულებით გამოიყენება როგორც სინთეზური, ისე ბუნებრივი პოლიმერები.

სინთეზური პოლიმერები ქიმიური შედგენილობის მიხედვით იყოფიან კარბოჯაჭვიან (როდესაც ძირითადი ჯაჭვი შედგება ნახშირბადის ატომებისაგან), ჰეტეროჯაჭვიან (ძირითადი ჯაჭვი ნახშირბადის გარდა შეიცავს ჟანგბადის, აზოტის, გოგირდის, ფოსფორის, სილიციუმის და სხვა ელემენტების ატომებს) და ელემენტორგანულ (როდესაც პოლიმერის მაკრომოლეკულები ნახშირწყალბადის ჯგუფებთან ერთად შეიცავენ არაორგანულ ფრაგმენტებს).

პოლიმერის სახელწოდება (ფორმულირება) მიიღება საერთო თავსართის “პოლი”-ს და შესაბამისი მონომერის განსაზღვრის შეერთებით: პოლივინილ-ქლორიდი (პვქ), პოლიაკრილოვანი მჟავა (პამ), პოლიმეთილაკრილატი (პმა), პოლივინილაცეტატი (პვა), პოლიმეთილმეტაკრილატი (პმმა) და სხვა. (სურ. 12)



სურ. 12. სინთეზური პოლიმერების ქიმიური შედგენილობის სქემა

თითოეული ჯგუფის პოლიმერი სარესტავრაციო პრაქტიკაში ამჟღავნებს განსაკუთრებულ თვისებებს: იხსნება წყალში, ორგანულ გამხსნელებში, მჟავებში, ხასიათდება დაბალი ტოქსიკურობით, მდგრადია ატმოსფერული მოვლენების მიმართ, გამოიყენება კერამიკის, მინის, ხის, პლასტმასის დამაკავშირებლად, გამოირჩევა გამჭვირვალე მრავალფეროვანი ფერთა გამით.

პოლიკონდენსაციის ჰეტეროჯაგური პოლიმერები (შედარებით დაბალი მოლეკულური მასით) – ეპოქსიდური ფისები ფართოდ გამოიყენება სარესტავრაციო პრაქტიკაში, როგორც შემკვრელები (შემაერთებლები). მათი საშუალებით მიმდინარეობს ექსპონატის დაკარგული ნაწილების აღდგენა, მცირე ზომის ნივთების ჩამოსხმა. ამავე დროს ეპოქსიდი ადგეზიურია, მტკიცეა და ნაკლებად ხსნადი. პრაქტიკაში ხშირად გამოიყენება პოლიმერების და ოლიგომერების კომპოზიციური წებოვანი მასების სპირტხსნარები. სინთეზური მოდიფიცირებული პოლიმერებიდან სარესტავრაციოდ წარმატებით იხმარება პოლივინილის სპირტი (პვს) და პოლივინილბუთირალი (პვბ).

ბუნებრივი პოლიმერებიდან ფართოდ გამოიყენება ცხოველური და მცენარეული წარმოშობის წებონაერთები. ცხოველური წარმოშობის წებოები მზადდება მათი ქსოვილის მასისაგან მიღებული ცილოვანი ნივთიერებებით (ჟელატინი - ლაბა). ახასიათებთ მაღალი ელასტიურობა, იხსნებიან თბილ და ცხელ წყალში ($t^{\circ}=60^{\circ}\text{C}$) და განზავებულ მარილხსნარებში (უხსნადია სპირტში, აცეტონში, ნახშირწყალბადებში), აქვთ მაღალი მოლეკულური მასა და ქმნიან ბლანტ-მწებვარე ნაერთებს. შემთბარი ჟელატინის კონცენტრირებული ხსნარი (30 – 45%) იძლევა ლაბას და მოხერხებულია სარესტავრაციოდ, იძენს სიმტკიცეს, ამავე დროს აღწევს მასალის აღსადგენ შრეს. წებოს შეღწევადობის გაზრდის მიზნით, გამოიყენება პლასტიფიკატორები (თაფლი, იშვიათად გლიცერინი), პროპორციით-თაფლი: წებო = (1.0–2.0):1. ამავე დროს მომატებული ტენიანობის პირობებში არასასურველი მიკროორგანიზმების წარმოქმნის აცილების მიზნით, ნაერთს ემატება ანტისეპტიკი. ორგანული წარმოშობის ექსპონატების რესტავრირებისას, გაზრდილი წებოს რაოდენობის შემთხვევაში, გამოიყენება კომპლექსური ნაერთი – თაფლი:წებო:პოლივინილის სპირტი = 2:2:1.

მცენარეული წარმოშობის წებოები მზადდება სახამებლის, ხის წებოს (გუმფისი) და ბუნებრივი ფისების (კანიფოლი, ქარვა, შელაკი, კოპალი) ფუძეზე და ფართოდ გამოიყენება სარესტავრაციო პრაქტიკაში. ქიმიური შედგენილობა მრავალფერვანია, ძირითადად შეიცავს ორგანულ მჟავებს, ეთერზეთებს და ნახშირწყალბადებს. ბუნებრივ ფისებს მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია სხვადასვა წარმომავლობის მატერიალური კულტურის ძეგლთა სარესტავრაციო სქემაში, მაგრამ თანდათან მათ ადგილს იკავებს სინთეზური პოლიმერები.

ცხოველური და მცენარეული წარმოშობის ნაერთებიდან სარესტავრაციო პრაქტიკაში განსაკუთრებული დანიშნულებისაა ცვილი. ის წარმოადგენს ცხიმისე-

ბურ ნივთიერებას, რომელიც შედგება მაღალი ცხიმოვანი მჟავებისა და მაღალ-მოლეკულური სპირტების სინთეზით წარმოქმნილი რთული ეთერზეთებისაგან. რესტავრაციაში ძირითადად იხმარება ფუტკრის ცვილი ($t_{\text{ღნ}} = 65-70^{\circ}\text{C}$ -ის ინტერვალში, პლასტიკურია $45-50^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის შუალედში, იხსნება ორგანულ გამხსნელებში, უხსნადია წყალში).

უძველესი დროიდან ფუტკრის ცვილი ცნობილია როგორც მხატვრობა-ფერწერის საღებავთა შემკერელი (დამაკავშირებელი) საშუალება (ენკაუსტიკა). ჩვენამდე მოღწეულია ძველი სახვითი ხელოვნების ნიმუშები ცვილის, ფისის და ცხიმების უცვლელი კომპოზიციური პიგმენტაციით. სხვადასხვა მასალებში შესრულებული ხელოვნების ნაწარმოები, ატმოსფერული ზემოქმედებისაგან დაცვის მიზნით, ხშირად ცვილის ნაღნობით ან ხსნარით იფარება. ცვილფისოვანი მასით დაფარვის მეთოდი წარმატებით გამოიყენება აგრეთვე ზეთის საღებავებით შესრულებული ფერწერული ტილოს, ლითონის, ქვის და ხის მასალით დამზადებული ხელოვნების ნიმუშების ზედაპირის იზოლაციისათვის.

მატერიალური კულტურის ძეგლთა რესტავრაცია-კონსერვაციის საშუალებათა კანონზომიერი გამოყენება, ითვალისწინებს სარესტავრაციო მასალების, სინთეზური და ბუნებრივი პოლიმერების მდგრადობას “სიბერის” პროცესების მიმართ. ჩვეულებრივ განიხილება პოლიმერული მასის არსებობის ხანგრძლივობა (ხანგამძლეობა), ანუ პოლიმერის წინააღმდეგობის უნარი ხელოვნური სიბერის მიმართ. მხედველობაში მიიღება პოლიმერის ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების დაქვეითება (ცვლილებები), მათ შორის განისაზღვრება სიმტკიცე, ელასტიურობა, სიმკვრივე, გამჭვირვალობა, ქიმიური ბუნება და მოსალოდნელი სტრუქტურული ცვლილებები. მიზანშეწონილად შერჩეული პოლიმერი, ექსპლუატაციის ოპტიმალურ პირობებში, ათეული და ასეული წლებით ინარჩუნებს მთლიანობას, უზრუნველყოფს მატერიალური კულტურის ძეგლის საიმედო დაცვას.

2. ორგანული წარმოშობის მატერიალური კულტურის ძეგლების კონსერვაცია და სამუზეუმო დაცვა

2.1. ხის მასალის რესტავრაცია-კონსერვაცია

ორგანული წარმოშობის ისტორიული ექსპონატების რესტავრაცია-კონსერვაცია რთული პროცესია. განსაკუთრებით ეს ეხება ხის მასალას. სარესტავრაციო პრაქტიკაში ხე გვხვდება “მშრალი” და “სველი” სახით (არქეოლოგიური ნივთების, შენობების, გადახურვების, სკულპტურის, მხატვრობის, ხატწერის ნიმუშების და სხვა სახით). ხე, როგორც ორგანული მასალა, ექვემდებარება “სიბერის” პროცესს. მასზე მოქმედებენ აგრეთვე ბიოლოგიური ფაქტორები (მიკროორგანიზმები). მაღუნად სარესტავრაციო ხე წარმოადგენს ფაქტიურად დაშლილ მასალას, შეცვლილი სიმტკიცისა და სტრუქტურული მახასიათებლებით. დროთა განმავლობაში შეცვლილია ხის მერქნის ქიმიური შედგენილობაც, დაშლილი მასა გაუღენთილია წყლით. მერქნის დაშლის ხარისხი და მასში წყლის შემცველობა დამოკიდებულია სიბერის პროცესის ხანგრძლივობაზე, შენახვის გარემო პირობებზე და ხის ჯიშზე (წიწვოვანი ხე უფრო მდგრადია ფოთლოვანზე). წყლის შემცველობა სარესტავრაციო მასალაში შეიძლება აღწევდეს საერთო წონის 80-95%-ს. “მშრალი” სარესტავრაციო ხე წყალს შეიცავს არა უმეტეს 20-25%-ის რაოდენობით. არქეოლოგიური ხე მისი დაშლის პროცესის პირობების მიხედვით შეიძლება იყოს შედარებით მშრალი (35 – 40% წყლის შემცველობით) და “სველი” (გაუღენთილი – 50%-ზე ზევით წყლის შემცველობით).

2.1.1. “მშრალი” ხის მასალის რესტავრაცია-კონსერვაცია

“მშრალი” სარესტავრაციო ხის (შენობების კონსტრუქციების, დეკორატიული დეტალების) კონსერვაცია მიმდინარეობს მისი ბიოდამშლელებისაგან დაცვის პრინციპით. ამისათვის მექანიკური დამუშავებით გამოვლინდება ხის მასალაზე არსებული სიცარიელები, სოკოებით და ბაქტერიებით დაფარული ნაწილები, მიმდინარეობს მათი გასუფთავება, დაზიანებული ობიექტების მოცილება და გამაგრება (პროტეზირება).

მექანიკური დამუშავების შემდეგ მიმდინარეობს სარესტავრაციო ხის მოცულობითი გაუღენთვა-გამაგრება პოლიმერული ხსნარებით. კარგ შედეგს იძლევა მერქნის რადიალური დამუშავება. გასამაგრებელი ხსნარის დიფუზია ხდება მერქნის სიდრმეში და მოიცავს მის სტრუქტურულ ელემენტებს (პროცესი ხორციელდება ციკლურად, მერქნის სრულ გაუღენთვამდე).

“მშრალი” სარესტავრაციო ხის გაუქვნილობისათვის ეფექტურია პოლიმეთილმეტაკრილატის ხსნარები, რომლებიც კარგ შეღწევადობასთან ერთად, დამუშავებიდან 5–10 სთ.-ის შემდეგ, გააძლევენ მდგრად მინისმაგვარ მასას, რომელიც კარგად იცავს და ამაგრებს ხეს. ხსნარები მზადდება ქსილოლში, ტოლუოლში, აცეტონში და სხვა გამხსნელებში. პოლიმერების კონცენტრაციის გაზრდით, ხსნარის შეღწევადობა მერქანში და მისი შეთვისება მატულობს (ოპტიმალურია 10–20%-იანი ხსნარები). “მშრალი” ხის ზედაპირის დამატებით დაცვის მიზნით, მერქნის გაუქვნილობის გარდა გამოიყენება დეკორატიული დაფარვის მეთოდი, შესაბამისი ანტისეპტიკური ფენის შექმნის მექანიზმით.

2.12 „სველი“ ხის მასალის რესტავრაცია-კონსერვაცია

არქეოლოგიური გათხრებიდან და წყალქვეშა არქეოლოგიური აღმოჩენებიდან მოპოვებული ხის მასალა დაცულობის სხვადასხვა ხარისხით გამოირჩევა. სარესტავრაციო პრაქტიკაში შექმნილია ახალი მიმართულება, დიდი ხნის განმავლობაში მიწის გრუნტში ან წყალში ნამყოფი ხის ნიმუშების კონსერვაციისათვის.

არქეოლოგიური “სველი” ხის მასალა წყლით გაუქვნილია; მისი ნიადაგიდან თუ წყლიდან ამოღების შემდეგ, აუცილებელია მისი იზოლაცია, გერმეტულ პოლიეთილენის პაკეტებში, პარაფინირებულ ქაღალდში, იზოლაციურ ქსოვილში ან სხვა საფენებში, ტენის შენარჩუნების მიზნით (ხის გამოშრობის შემთხვევაში, ის კარგავს პირვანდელ ფორმას და ზომებს). შეფუთული ხის მასალა სწრაფად უნდა დამუშავდეს ლაბორატორიულად, პირველ რიგში ანტისეპტიკის წყალხსნარში (2–3% ფენოლის ხსნარი).

არქეოლოგიური ხის კონსერვაციას იწყებენ საველე პირობებში, მისი დროებითი დამუშავებით. “სველი” ხის რესტავრაცია-კონსერვაციის მიზანია, დასამუშავებელი ხის ფორებიდან წყლის გამოდევნა და მის მაგივრად მერქანში ისეთი ნივთიერების ჩანაცვლება, რომელიც ხეს გაამაგრებს (გაამყარებს), მოცულობის და ფორმის შეუცვლელად. არქეოლოგიური ხის საკონსერვაციო მეთოდი შეირჩევა ნივთის ზომების, ხის სახეობის, მერქანში წყლის შემცველობის და მისი დაშლის (დაცულობის) ხარისხის მიხედვით.

არქეოლოგიური ხის კონსერვაციისათვის თანამედროვე ლაბორატორიულ პრაქტიკაში გამოიყენება ფენოლსპირტის ხსნარები, რომლებიც ამაგრებენ დაშლილ მერქანს, ახდენენ მის სტაბილიზაციას. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია “სველი” ხის მასალის კონსერვაცია დიფუზიის მაღალი ხარისხის მქონე სინთე-

ზური პოლიმერებით (პოლივინილბუთირალი, პოლივინილაცეტატი, პოლიბუთილმეტაკრილატი, პოლივინილქლორიდი, პოლიეთილენგლიკოლი და სხვა). ხის მასალის საკონსერვაციო გაუდენტოვა სინთეზური პოლიმერებით მიმდინარეობს უწყვეტი ან პერიოდული სახით. მცირე ზომის ხის ნივთები შეიძლება დამუშავდეს შესაბამის აბაზანებში.

სინთეზური პოლიმერებით დამუშავებული არქეოლოგიური ხის მასალა, კონსერვაციის შედეგად ინარჩუნებს ბუნებრივ ფერს, ფორმას და მექანიკურ მდგრადობას. ამავე დროს დაცულია ტენისა და ატმოსფეროს მავნე ნივთიერებებისაგან.

2.2. ქსოვილის კონსერვაცია

ორგანული წარმოშობის ისტორიულ ექსპონატთა ჯგუფს მიეკუთვნება ქსოვილი. სარესტავრაციო პრაქტიკაში ქსოვილის სტაბილიზაცია რთულ პრობლემას წარმოადგენს. ცხოველური (შალი, აბრეშუმი) და მცენარეული (ბამბა, სელი) წარმოშობის ქსოვილი გარე არის მოქმედებით განიცდის რთულ ცვლილებებს. ძველი ქსოვილის ბოჭკო ადვილად ზიანდება და ირღვევა. ასეთი ქსოვილის მასალის სტრუქტურის, ფერის, ელასტიურობის და მექანიკური მდგრადობის დაცვა ინდივიდუალურია (სპეციფიკურია) თითოეული ეგზემპლარისათვის. მათი რესტავრაციის სირთულე განისაზღვრება რიგი ფაქტორებით: ნივთის დანიშნულებით (ტანსაცმელი, ფეხსაცმელი, სამკაული, სამეურნეო ნივთები), მასალის მრავალსახეობით (შალი, ბამბა, ბოჭკოვანი და სინთეზური მასალა), ნივთის დამატებითი ატრიბუციით (საღებავით, ნაქარგით, წარწერებით), დაცულობით (შენარჩუნებული ნაწილის დაზიანების, ფორმის და ზომის არასტაბილურობით) და სხვა. ქსოვილის რესტავრაცია იწყება მისი გასუფთავებით. გამოიყენება წმენდის წყლიანი და მშრალი სისტემები.

ქიმიკატების წყლიანი ხსნარებით მუშავდება: საერთო დაზიანებული (ლაქის, ზეთების და ლითონის კოროზიის პროდუქტების გარეშე), რამდენადმე მკვრივი დაცულობის და ერთგვაროვანი მასალისგან დამზადებული ქსოვილი. გამოიყენება სუფთა წყლის ხსნარები (წვიმის, დისტილირებული). რეკომენდებულია წყლის ორთქლის და ორგანული გამხსნელების გამოყენება. ქსოვილების საერთო წმენდისათვის იხმარება რბილი, ნეიტრალური სარეცხი საშუალებების წყალ-ხსნარები (3 გ. – 1 ლ. წყალზე). კარგი შედეგებია მიღწეული სინთეზური სარეცხი

საშუალებების გამოყენებით, რომლებიც არ შედიან რეაქციაში არსებულ მასალებთან, ან წარმოქმნიან ადვილად ხსნად ნაერთებს.

ქსოვილების გასუფთავების ეფექტური მეთოდია ანიონაქტიური ზედაპირული მოქმედების ნივთიერებათა (სულფატიზირებული ცხიმები და ზეთები, ალკილსულფატები და სხვა) თბილი ხსნარების გამოყენება ფერმენტების დამატებით ($t=30-50^{\circ}\text{C}$). ქსოვილის წმენდის აღნიშნული კომპლექსი ათავისუფლებს მასალას მტვრისგან, რთული შედგენილობის ცხიმოვანი ლაქებისგან და მინერალური არაორგანული ნაერთებისგან.

ქსოვილების სარესტავრაციო პრაქტიკაში გამოიყენება აგრეთვე მათეთრებელი საშუალებები, სხვადასხვა ქიმიური პრეპარატები – ქლორშემცველი ნივთიერებები, ქლორი, ქლორიანი წყალი. ისინი წარმოადგენენ ძლიერ დამუხანგველებს და ცუდად დაცული მასალის შემთხვევაში შეიძლება გამოიწვიონ ბოჭკოს დაშლა. შედარებით კარგი შედეგებია მიღებული ტექნიკური ქლორამინების გამოყენებისას (25-30% აქტიური ქლორის შემცველობით). ოთახის ტემპერატურაზე 2-10%-იანი ქლორამინის წყალხსნარი გამოიყენება აბაზანების და ტამპონების სახით. წმენდის შემდეგ ქსოვილი მუშავდება გამოსხივებით.

ქიმიკატების მშრალი (უწყლო) სისტემით მუშავდება, ძირითადად არქეოლოგიური ქსოვილი. გამოიყენება ქლორის და ფტორის შემცველი ნახშირწყალბადების კომპოზიციები, კარგად ასუფთავებენ მასალას და მთლიანად ორთქლდებიან ქსოვილიდან. ამ დანიშნულებით ფართოდ იხმარება უაიტ-სპირიტი და ბენზინი. კარგი შედეგებია მიღებული ქლორირებული ნახშირწყალბადების შემთხვევაშიც. ქსოვილის მშრალი სისტემით წმენდის შემთხვევაში, ლაბორატორიულ პრაქტიკაში მასალა მუშავდება სპირტით (ეთილის სპირტი სკიპიდარის დამატებით, ბუთილის სპირტი).

მშრალი წმენდის ინტენსიფიკაციისათვის, ორგანულ გამხსნელებს ემატება ამაჩქარებლები (ცხიმოვანი საპონი, ზედაპირულ აქტიური ნივთიერებები). ამაჩქარებლები ჩვეულებრივ შედგება 3-5 კომპონენტიანი კომპლექსური ანიონაქტიური ნივთიერებისაგან. უნივერსალური ამაჩქარებელი ამჟღავნებს მაღალი გასუფთავების ანტისეპტიკურ და ანტიბაქტერიულ თვისებებს (10 გ. ქლორირებული გამხსნელი + 20 გ. უაიტ-სპირიტი = 1 ლ. გამხსნელზე).

ქსოვილის მასალის წმენდის შემდეგ, მისი დუბლირების, მონტაჟის და გამაგრებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა პრეპარატი. მასალის სიმტკიცის და

ელასტიურობის მინიჭების მიზნით ხდება ბოჭკოს ჰიგროსკოპული ტენიანობის აღდგენა, იხმარება გლიცერინის ხსნარები (ეთილის სპირტი+წყალი+გლიცერინი =3:6:1). დუბლირება შეიძლება ჩატარდეს მექანიკური (მიკერებით) და მიერთების (მაღალელასტიური წებოებით) კომპლექსური გზით.

სამუზეუმო ქსოვილის ექსპონატები ექვემდებარებიან ბიოდაშლის საწინააღმდეგო დაცვას. ამ მიზნით გამოიყენება ამინების კლასის მაღალმოლეკულური ნაერთები. პრეპარატები ადვილად იხსნებიან სპირტში, თხელი ფენით დაიტანებიან მასალაზე, წარმოადგენენ ანტიმიკრობული და სოკოვანი წარმონაქმნების წინააღმდეგ ბრძოლის კარგ საშუალებას. არ დაუკარგავთ თავისი მნიშვნელობა ანტიმიკრობული დაცვის ძველ მეთოდებს ნაფტალინის, ქაფურის და ეკალიპტის ზეთის გამოყენებით.

2.3. ტყავის კონსერვაცია

ნატურალური ტყავი წარმოადგენს უძველესი დროიდან ადამიანისთვის ცნობილ და გამოყენებულ მასალას. პერგამენტი, შაგრენი, ზამში და სხვა ხარისხის ტყავი წარმოადგენენ ნატურალური ტყავის მასალის განსხვავებული მეთოდებით დამუშავების შედეგად მიღებულ პროდუქტს. არქეოლოგიური ტყავის მასალა ექვემდებარება რა ბიოლოგიური დაშლის პროცესს, ჩვენამდე აღწევს თავისი პირველადი თვისებების დაქვეითებული მახასიათებლებით. მას დაკარგული აქვს ელასტიურობა, სიმტკიცე, ფერი და ამავე დროს მდგრადობა მავნე ატმოსფერული მოვლენების მიმართ.

ეთნოგრაფიული და ანტიკვარული ტყავის მასალა, დაცულობის ხარისხის მიხედვით ექვემდებარება შესაბამისი წმენდის მეთოდს. მშრალი ტყავი მექანიკური წმენდის შემდეგ მუშავდება ნატრიუმის კარბონატის სუსტი ხსნარის ან საპნის ქაფის ტამპონით, შემდგომი გამოხდილი წყლით რეცხვის პროცედურით. მუქი ფერის ტყავისთვის ამ მიზნით გამოიყენება ეთილის სპირტის და გამოხდილი წყლის შედგენილობის ხსნარი (1:2). ღია ფერის ტყავი იწმინდება კომპლექსური პასტით (რბილი საპონი – 15 გრ. + 1%-იანი ამიაკი – 80 მლ. + ეთილის სპირტი – 6 მლ. + გამოხდილი წყალი – 100 მლ.) მშრალი.

არქეოლოგიური წარმომავლობის შედარებით კარგად დაცული ტყავის მასალა იწმინდება ანტისეპტიკური შემცველობის ხსნარით (ეთილის სპირტი, წყალი, გლიცერინი, ტიმოლი). ტყავზე არსებული სოკოვანი დაზიანების ლაქები იწმინდება წყალბადის ზეჟანგით, 2%-იანი ამიაკის წყალხსნარის დამატებით. კოროზიის

პროდუქტები (რკინის, სპილენძის ნაერთები) იწმინდება ტრიღონ ბ-ს საშუალებით. ასეთი დაცულობის ტყავის მასალა ექვემდებარება სარესტავრაციო დამუშავების რამდენიმე სტადიას. ანტისეპტიკური წმენდის შემდეგ ტყავი სუფთავდება აღმდგენელი, ელასტიურობისა და სიმტკიცის მიმნიჭებელი ნივთიერებებით. ამ შემთხვევაში ცხიმები აღსორბიერებენ ტყავის სტრუქტურაში და ქმნიან გარდამავალ ფენას, რომელიც იბოხება ცხიმით, აღადგენს ბოჭკოების საწყის ორიენტაციას და მდგრადია წყლის მიმართ. რესტავრირებული ტყავის მასალაში ცხიმების ოპტიმალური შემცველობა 10–20%-ია. გამოყენებული ნივთიერებები შეიძლება იყოს ცხოველური და მცენარეული წარმოშობის ან მათი გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქტები (ზეთები, ცხიმები, ცვილი, ემულსია, საპონი, გლიცერინი), ნავთობპროდუქტები (მინერალური ზეთები, ვაზელინი, პოლიეთილენური ცვილი), კომპლექსური პრეპარატები (ცხოველური ცხიმების და მინერალური ზეთების შედგენილობით).

არქეოლოგიური ტყავის კონსერვაციისათვის გამოიყენება გლიცერინის ფუძეზე მიღებული შენაერთები, შემდგომი სპირტის ხსნარებში დამუშავებით. რესტავრირებული ტყავის მასალის ცალკეული ნაწილების შეერთება ხდება როგორც ცხოველური წარმოშობის, ისე სინთეზური წებოს საშუალებით.

3. არაორგანული წარმოშობის მატერიალური კულტურის ძეგლების რესტავრაცია-კონსერვაცია და სამუზეუმო დაცვა

არაორგანული წარმოშობის მასალებიდან განვიხილავთ სილიკატური მასების და ლითონების გადამუშავების შედეგად შექმნილ მატერიალური კულტურის ძეგლებს, რომელთა რესტავრაცია-კონსერვაციის თეორიული და პრაქტიკულ-ლაბორატორიული მეთოდები არსებითად განსაზღვრავენ ისტორიული ნიმუშის გადარჩენისა და დაცვის პერსპექტივას. სილიკატური მასები (კერამიკა, ფაიფური, მინა, მინანქარი), ლითონები და შენადნობები (სპილენძი, ვერცხლი, ოქრო, ელექტრონი, ბრინჯაო, თითბერი, რკინა, ფოლადი, ბულატი) გამოირჩევიან განსაკუთრებული ღირსშესანიშნავი თვისებებით, რაც განაპირობებდა მათი ისტორიული შერჩევის და თანამიმდევრული გამოყენების მიზანშეწონილობას (მათ ბაზაზე დამზადებულია უძველესი ნაკეთობანი).

3.1. სილიკატური მასები

ცნობილია ბუნებრივი და სინთეზური სილიკატები, რომლებიც გამოიყენება საწარმოო მნიშვნელობით (მინდვრის შპატი, ტალკი, ცეოლიტები, ცეცხლგამძლე თიხები და ა.შ.) და დეკორატიულ-გამოყენებითი დანიშნულებით.

სილიკატური მასები კერამიკის, ფაიფურის, ქაშანურის, ჭიქურის, მინანქრის შემადგენელი ნაწილია. მასში არსებული ელემენტთა ოქსიდების (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , K_2O და სხვა) გადამუშავების შედეგად მიღებული პროდუქტის თვისებები და გამოყენების სფერო დამოკიდებულია მათ ქიმიურ შედგენილობაზე და დამუშავების ტექნოლოგიაზე.

უძველესი დროიდან დასტურდება სილიკატური მასის გამოყენება და მისგან დამზადებული ნაწარმის ფართო გავრცელების სფერო: საყოფაცხოვრებო ყოველდღიური მოხმარების საგნები (ჭურჭელი), მშენებლობა (აგური, კრამიტი, სამშენებლო სკულპტურული დეტალები), მხატვრულ-დეკორატიული ხელოვნება (მცირე პლასტიკა, ტერაკოტა, ანგობირებულ-მოჭიქული კერამიკა, ფაიფურის რელიეფურ-მოხატული ჭურჭელი, მომინანქრებული საიუველირო ნაწარმი) და სხვა. მასალის გაცნობა-ათვისების ისტორიული თანამიმდევრობით განიხილება მათი შედგენილობა, სტრუქტურა, თვისებები და რესტავრაცია-კონსერვაციის შესაძლებლობები.

3.1.1 კერამიკა

კერამიკა (ბერძნული *keramike*-დან, სამეთუნეო ხელოვნება; *keramos* – თიხა.) თიხისა და მინერალური დანამატების ნარევი მასების, აგრეთვე სხვა ოქსიდებისა და არაორგანული შენაერთების შეცხოვა–გამოწვით მიღებული მასალები და ნაკეთობები. თიხის მასალის შედგენილობისა და გამოწვის ტემპერატურის მიხედვით, კერამიკული ნაკეთობები იყოფა ორ კლასად: 1. სრულად გამომწვარი, მკვრივი მასის, პრიალა ტეხის მქონე (წყლის შთანთქმის 0,5%-ის უნარით) ნაწარმი; 2. ნაწილობრივ გამომწვარი მასის მქონე (15%-მდე წყლის შთანთქმის უნარით) ნიმუშები. არჩევენ უხეში, არაერთგვაროვანი, მსხვილმარცვლოვანი სტრუქტურის და წმინდა, ერთგვაროვანი, წვრილმარცვლოვანი ტეხის კერამიკულ ნაწარმს. კერამიკული წარმოების ძირითადი ნედლეულია თიხები ($\text{SiO}_2 = 30 - 70\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 = 10 - 40\%$, $\text{H}_2\text{O} = 5-10\%$; აგრეთვე შეზღუდული რაოდენობით – TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , K_2O , Na_2O) და კაოლინი (მცირე პლასტიკური თიხა, ქაშანურ – ფაიფურის მასის კომპონენტი). წმინდა კერამიკის მნიშვნელოვანი ნაწილია მინდვრის შპატი (მინერალი Na , K , Ca ალუმოსილიკატებით, სისტემით $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{KAlSi}_3\text{O}_8 - \text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_6$) და კვარცი (SiO_2).

თიხების მაღალმა პლასტიკურობამ თავიდანვე განაპირობა მათი გამოყენების ფართო შესაძლებლობები. ჯერ გამოუწვავი, შემდეგ კი თერმულად დამუშავებული თიხის მასის ფორმა, გახდა პირველადი მოხმარების საგანი. გამოწვის შედეგად შექმნილი თვისებები (სიმაგრე, წყალგაუმტარობა, ცეცხლმედეგობა) და მრავალსახოვანი დანიშნულების კერამიკული ნაწარმის შექმნის შესაძლებლობები, მეთუნეობის განვითარების მნიშვნელოვან პერსპექტივებს იძლეოდა.

ისტორიულად ჩამოყალიბებული კერამიკული ნაწარმი, ზედაპირული დამუშავების მეთოდები (მოხატვა, ანგობით და ჭიქურით დაფარვა) და ფორმები (ორნამენტი), ფაქტურა და ფერთა გამა მხატვრული კერამიკის შედევრებს ქმნიდნენ. თიხის ხარისხის და დამზადების ტექნოლოგიური სქემის შერჩევის შესაბამისად, მიღებულ იქნა მტკიცე და მსუბუქი, უკიდურესად წმინდა, თხელი ფენის და ულამაზესი ტონალობის განსაკუთრებული კერამიკული სახე – ქაშანური და ფაიფური. მხატვრული კერამიკის განვითარების ისტორია ხასიათდება შემოქმედებითი იმპულსებით და პერიოდულობით, დინამიურობით და წვევტილებით, ახალი გაუმჯობესებული, სრულყოფილი ცვლის ადრე არსებულს. ხშირად ადგილი აქვს ახლი მასალით ძველის იმიტაციას.

ჩინეთის ქაშანურმა და ფაიფურმა დიდი გავლენა იქონია ევრაზიის ქვეყნებში მხატვრული კერამიკის ტექნოლოგიის განვითარებაზე (შუა აზია, მცირე აზია, ახლო აღმოსავლეთი, ევროპა). მაღალ დონეს აღწევს არქიტექტურული დეკორი – ნაგებობათა მოპირკეთების კულტურა (მე-10 – მე-15 სს. სამარყანდი, ბუხარა) და ლუსტრირებული ჭურჭლის წარმოება (მე-11 – მე-13 სს. ირანი, მე-13 – მე-15 სს. ესპანეთი, მავრიტანია, მე-15 – მე-16 სს. იტალია, მე-15 – მე-18 სს. გერმანია, საფრანგეთი, მე-17 – მე-19 სს. რუსეთი). მე-19 საუკუნის მეორე ნახევარში, დეკორატიულ – გამოყენებითი ხელოვნების საერთო დაქვეითებამ, გარკვეული გავლენა იქონია მხატვრული კერამიკის განვითარებაზე. მე-20 საუკუნის მეორე ნახევრიდან განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა უნიკალური დეკორატიული ნიმუშების შექმნას, დიდ ადგილს იკავებს ზედაპირული დამუშავების თანამედროვე მეთოდები. (სურ 3.1.1.-ა; სურ 3.1.1.-ბ)



სურ. 3.1.1. ა. ძვ.წ. I ათასწლეულის კერამიკა (სამხრეთ კავკასიის

არქეოლოგიური მასალა):

1. დოქი, მოხატული. ალბანეთი (ძვ. წ. III – II სს);
2. ფიგურული ჭურჭელი. მოხატული. ალბანეთი (ძვ. წ. III – II სს);
3. დოქი, მოხატული. ალბანეთი (ძვ. წ. III – II სს);
4. ჩამჩა, მოხატული. ფრიგია (ძვ. VII ს);
5. დერგი, მოხატული. ფრიგია (ძვ. VIII ს).



სურ. 3.1.1. ბ. მსოფლიო ხელოვნების ძეგლი და თანამედროვე კერამიკა: 1. „გიპოპოტამი“, ეგვიპტე (ძვ.წ. 20-18სს); 2. ძეგლრომაული ლარნაკის ასლი (ბაზალტი), ინგლისი (მე-18ს); 3. ლარნაკი, მოხატული. ირანი (მე-9 ს); 4. ლარნაკი, მოხატული. ჩინეთი (მე-16-17 სს); 5. ჭურჭელი, ორნამენტით, კულტურა სუზი-ა (ძვ.წ. IIIათასწლეული); 6. ლანგარი (მაიოლიკა), საფრანგეთი (პ.პიკასო, მე-20ს).

ისტორიული მხატვრული კერამიკული ნაწარმის ზედაპირი შეიძლება იყოს განსხვავებული დაცულობის: ფოროვანი და მარტივი, დაფარული ჭიქურით ან სხვა მინისებრი მასით, მოხატული, ჭიქურის ქვეშ ან მის ფენაზე. კერამიკის ზედაპირის გაფორმების სახისა და მდგომარეობის შესაბამისად ნაკეთობის დაცულობის ხარისხი განსხვავებულია. არქეოლოგიური კერამიკა დაფარულია ძნელმოცილებადი ნადებით, მინერალური წარმონაქმნებით (ოქსიდებით, მარილებით და სხვა), ბუნებრივი ფისებით, საკვები პროდუქტებისა და მათი დაშლის შედეგად მიღებული ნარჩენებით. მექანიკურად მდგრადი ნადებია ადრე რესტავრირებული კერამიკული მასალის ზედაპირზე შერჩენილი წებოვანი მასებიც. დაღეჭილი ფენა თუ დატანილი მასა ღრმად აღწევს ფოროვანი ზედაპირის ფენებში და ძნელად შორდება მას, სპეციალურად დამუშავებული კერამიკული ნიმუშის შემთხვევაში კი – ადგეზიურია და ადვილმოსაცილებელი.

კერამიკული ნაწარმის ზედაპირიდან მექანიკური წმენდით აშორებენ მინერალურ დანალექ ფენას. ორგანული ნაწილის მოცილების მიზნით გამოიყენება გამხსნელები: ეთილის სპირტი, უაიტ-სპირიტი, აცეტონი, და სხვა. ამავე დანიშნულებით იხმარება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების შემცველი, ნატრიუმის

პოლიფოსფატების წყალხსნარები. კარგი შედეგებია მიღწეული პოლიმერების კომპოზიციური ნაერთებით, სპირტის, გლიცერინის და ამიაკის თანაობით.

კერამიკული ნაკეთობის რეკონსტრუქციისა და ცალკეული დეტალების შეერთებისას რეკომენდებულია შესაწებებელი ნივთიერებების განსაზღვრული შეზღუდული ჯგუფი: პოლივინილბუთირალი, პოლიბუთილმეტაკრილატი, ეპოქსიდური ფისები, სილიკორგანული ნაერთები, თხევადი მინის ფუძეზე დამზადებული წებოვანი ნივთიერებები. დიდი ზომის, მძიმე კერამიკული ფრაგმენტების შესაერთებლად იხმარება მაღალი მექანიკური სიმტკიცის მქონე ეპოქსიდური წებოები. შედარებით ნაკლები გაბარიტის მქონე კერამიკული ნაკეთობების რესტავრაციას კონსერვაციისათვის იყენებენ პოლივინილბუთირალის ან შელაკის 30%-იან სპირტ-ხსნარს. მოუჭიქავი, სუსტადგამომწვარი კერამიკის გამაგრებისათვის ეფექტურია სილიკორგანული ნაერთები, მრავალჯერადი დაფარვა-გაუქმების ოპერაციით.

კერამიკული ნაკეთობის დერესტავრაციისას, მასზე დატანილი პოლიმერული წებო და ლაქი შეიძლება მოცილდეს ორგანული გამხსნელებით (ეთილის სპირტი, ქსილოლი, უაიტ-სპირიტი, აცეტონი და სხვა).

3.1.2 ფაიფური

ფაიფური (თურქული farfur-დან, სპარსული ferfur-დან). წმინდა კერამიკის ნაწარმი – აირგაუმტარი, წყალგაუმტარი, არაფოროვანი, თეთრი სპეციალური კერამიკული მასით. გამოირჩევა მაღალი მექანიკური სიმტკიცით, თერმული და ქიმიური მდგრადობით.

ფაიფური მიიღება კაოლინის (წმინდა დისპერსული ფრაქცია), პლასტიკური თიხის, მინდვრის შპატის და კვარცის ნარევის მაღალტემპერატურული გამოწვით. ფაიფურის მასის შედგენილობის შესაბამისად არჩევენ მაგარ და რბილ ფაიფურს (მაღალი და დაბალი სისალის მაჩვენებლებით). მაგარი ფაიფური მდიდარია თიხით და ღარიბია ფლუსებით, ოპტიმალური სიმკვრივის და გამჭვირვალე მასის მისაღებად. გამოწვის ტემპერატურა 1450°C -ს აღწევს. რბილი ფაიფური ცვალებადი შედგენილობისაა და მისი გამოწვის ტემპერატურა 1300°C –ია. ამ რიგის ფაიფურის სახესხვაობაა “ძელოვანი” ფაიფური (ძელოვანი ნაცარი 50% + კაოლინი + კვარცი და ა.შ.), რომელიც გამოირჩევა განსაკუთრებული სითევით და კარგი გამჭვირვალობით. ფაიფური მზადდება როგორც ჭიქურით, ისე მის გარეშე. სამრეწველო დანიშნულებით იხმარება მაგარი ფაიფური, მხატვრულ-დეკორატიული ხელოვნებისათვის – რბილი ფაიფური.

უძველესი ფაიფურის გამოყენების ამსახველი ნიმუშები ცნობილია ჩინეთიდან (მე-4-6 საუკუნეები), პოლირებული ზედაპირის მქონე ამფორების, ლარნაკების და ღოჭების სახით. მომდევნო პერიოდში ფაიფურის ნაკეთობები ჩნდება აზიისა და ევროპის ქვეყნებში (მე-10 ს. კორეაში, მე-15-17 სს. იაპონიაში, მე-16 ს. ფლორენციაში, მე-17-18 სს. გერმანიაში, საფრანგეთში, იტალიაში, პოლანდიაში, შვედეთში, ბელგიაში, ჩეხეთში, რუსეთში და ა.შ.). მე-19 საუკუნის ევროპული ფაიფური საერთო დეკორაციას განიცდის, იშვიათად ჩნდება მხატვრული ეფექტის მქონე ნაკეთობები. მე-20 საუკუნეში იზრდება ტექნიკური ფაიფურის გამოშვება; მხატვრული ფაიფურით მზადდება ძველის მიბაძვით შერჩეული ფორმის ნივთები, რომლებიც სტილიზებულია და ოქროთი გადატვირთული. (სურ 3.1.2)



სურ. 3.1.2. მხატვრული კერამიკის (ფაიფურის) ნაწარმი: 1. მათარა, კორეა (მე-13ს); 2. მათარა დეკორით, ფლორენცია (მე-16ს); 3. ვაზა, საფრანგეთი (მე-18ს); 4. სერვისის ნაწილი (მოოქროებული, რუსეთი (მე-19ს); 5. ლარნაკი (ჭიქური), ჩინეთი (მე-18 ს); 6. ვაზა (მოხატული), რუსეთი (მე-20 ს).

ფაიფური, როგორც წმინდა მხატვრული კერამიკის ნაწარმი გვხვდება როგორც ფოროვანი, ისე მინისმაგვარი მასით დაფარული, დამუშავებული ზედაპირით. ძველი ფაიფური შეიძლება დაფარული იყოს მასალის “სიბერის” პროცესებთან და დანალექ ნადებებთან დაკავშირებული მინერალურ-ორგანული ნაერთებით. დანალექი ნადები, ფაიფურის ნაკეთობაზე ისევე, როგორც მოჭიქულ კერამიკაზე, ადგენიურია დამუშავებული ზედაპირის მიმართ.

ფაიფურის ნაკეთობაზე მინერალური დანალექი მასის მექანიკური გზით მოცილების შემდეგ, ძველი სარესტავრაციო შეერთებების მოსახსნელად ნივთი მთლიანად იტვირთება შემთბარ-შეცხელებულ წყალში, სადაც ეპოქსიდურ-პოლიმერული წებოს ფენის გაფართოებული ნაწილი ადვილად სცილდება რესტავრირებულ ზედაპირს.

ფაიფურის ნივთზე ორგანული ნადების მოხსნა შესაძლებელია ეთილის სპირტით, აცეტონით, ქლორირებული ნახშირწყალბადებით. კარგი შედეგებია მიღწეული ფაიფურის ზედაპირის პოლიმერულ-კომპოზიციური ნაერთების წმენდისას. ფაიფურის ნაკეთობის ცალკეული ნაწილების შეერთება განსაკუთრებით ეფექტურია ციანაკრილატის ჯგუფის შესაწებებელი ნივთიერებებით. დაბალი სიბლანტე, თხელი შეერთების ფენის წარმოქმნის უნარი და სწრაფი შეწებადობის მაჩვენებელი, შეუცვლელს ხდის მათ ფაიფურის ექსპონატების სამუზეუმო რესტავრაციის პირობებში. ნივთის რეკონსტრუქციის დამამთავრებელი ნაწილი მზადდება თაბაშირის ფუძეზე, წებოს და ორგანულ-არაორგანული მჟავების (ლიმონის, ბორის, აზოტმჟავის) დამატებით. დანამატები 1–1,5%-ის ოდენობით ზრდის სხმულის სიმტკიცეს და შემდგომი 10–20%-იანი პოლივინილაცეტატის დისპერსული ხსნარით გაჟღენთვით მიიღება მაღალი კომპლექსური თვისებების მქონე (ფაიფურისმაგვარი მკვრივი, მტკიცე და არამყიფე) სარეკონსტრუქციო მასა. ნივთის აღდგენილი ნაწილი ექვემდებარება მექანიკურ დამუშავებას, აკვარელით ტონირებას, გაპრიალებას და იფარება უფერული ლაქით.

ფაიფურზე მოხატული ნაწილის რესტავრაციის მიზნით, გამოიყენება ზეთის ან აკვარელის საღებავები, შემდგომში დამცველი ლაქის ფიქსაციით (დამცველი ლაქის სახით რეკომენდებულია ეპოქსიდ-აკრილატის ნაერთთა ხსნარები, აგრეთვე ცელულოზის ეთერის ფუძეზე პოლივინილბუთირალის დამატებით მიღებული ლაქები).

ფაიფურის ნაკეთობათა მარტივი და უსაფრთხო დერესტავრაცია შესაძლებელია დისცილირებულ წყალში ნივთის თანდათანობით გაცხელების მეთოდით. განსაკუთრებით უნიკალური ექსპონატის შემთხვევაში წყალს ემატება ზედაპირულაქტიური ნივთიერება (შეწებების საშუალებათა და ფაიფურის თერმული გაფართოების კოეფიციენტთა განსხვავების პრინციპით, წებო ადვილად სცილდება ზედაპირს). პოლიმერული ლაქებისა და წებოს მოსაცილებლად გამოიყენება ორგანული გამხსნელები.

3.1.3 მინა

ცნობილია ბუნებრივი (პერლიტი, ობსიდიანი) და ხელოვნური მინა. ხელოვნური მინა ნაღნობი სილიკატური მასის გაცივების პროცესში მიღებული მყარი ამორფული მასაა. ახასიათებს თხევადი მდგომარეობიდან არამდგრად, მეტასტაბილურ მინისებურ მდგომარეობაში გადასვლა და პირიქით – მყარიდან (ტემპერატურის გავლენით) პლასტიკური – დარბილებული – თხევადი აგრეგატული ფორმების მიღება; იკავებს საშუალოდ მდგომარეობას თხევად და მყარ ნივთიერებებს შორის (დრეკადი თვისებებით მინა უახლოვდება მყარ კრისტალურ სხეულებს, მის აღნაგობაში კრისტალოგრაფიული სიმეტრიის არ არსებობით კი – თხევად მასებს).

მინის ფორმირების ძირითადი კომპონენტებია: მინაწარმოქმნელი ნივთიერებები (ბუნებრივი, მაგ. SiO_2 , ხელოვნური, მაგ. Na_2CO_3), ფუძე და მჟავა ოქსიდების სახით (SiO_2 , B_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , CaO , BaO , PbO , Na_2O , K_2O , Fe_2O_3 , SO_3 და სხვა). მინის მიღების ტექნოლოგია მოიცავს მისი ფორმირების ძირითად პროცესებს: ნედლეულის მომზადებას, კაზმის მიღებას, მინის მასის ხარშვას, გაცივებას, ნაკეთობის შექმნას, მათ თერმულ და ზედაპირულ დამუშავებას. მთავარი შემადგენელი მასის გარდა მინას კაზმში ემატება მხშობები, ფერთა გამის შემქმნელი, გამაუფერებელი და დამუანგველი კომპონენტები (მანგანუმის, კობალტის, ქრომის, ნიკელის, დარიშხნის, ანთიმონის, ფტორის, ფოსფორის და სხვა ელემენტთა ნაერთების სახით).

არაორგანული მინა ხასიათდება მაღალი მექანიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და თბური თვისებებით (სიმკვრივე 2200–8000 კგ/მ³; სისაღე მოლსის სკალით 4.5 – 7.5; თერმომდგრადობა 100–1000°C; გამჭვირვალობა 90–99.9%), გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულებით. არჩევენ სამშენებლო (ფანჯრის მინა, მინის ბლოკი), ტექნიკური (კვარცი, ბოჭკოვანი), მხატვრული (ვიტრაჟი, ჭურჭელი, მოზაიკა, ბიჟუტერია) და სხვა დანიშნულების მინის ნაწარმს. მინის ტიპური მყიფე სხეული მგრძნობიარეა მექანიკური – დარტყმითი მოქმედებების მიმართ, მაგრამ ამავე დროს ხასიათდება კუმშვის დეფორმაციისადმი წინააღობის მაღალი მაჩვენებლით. სიმტკიცის მახასიათებლების გაზრდის მიზნით, მინა ექვემდებარება განმტკიცებას (წრობა, იონური გაცვლა, ქიმიური და ქიმიურ-თერმული დამუშავება).

ისტორიულად მინის მიღების ადრეულ პერიოდს უკავშირებენ მეთუნეობას. კერამიკული ნაწარმის ზედაპირზე, მაღალტემპერატურული დამუშავების პროცესში, მოხვედრილი სოდისა და სილის ნარევი ქმნიდა მინისებრ თხელ ფენას – ჭიქურს,

გაუმჯობესებდა მინის მასას. ადრეული მინა ძველ ეგვიპტეში გამოიყენებოდა ძვირფასი ქვების იმიტაციისათვის. დროთა განმავლობაში დაიხვეწა მინისებრი მასის შედგენილობა, 20%-მდე შემცირდა მასში ტუტე მეტალების რაოდენობა, დაემატა ტყვიის და კალის ოქსიდები, აგრეთვე შეფერილობისათვის მანგანუმის და კობალტის ნაერთები. ძვ.წ. აღრიცხვის II ათასწლეულისათვის ეგვიპტეში ამზადებდნენ მცირე მოცულობის ტიგელური დნობით მიღებულ მინას (0,25–0,50 ლ. მოცულობით).

მინის დამზადების ტექნოლოგიაში ძირეული გარდაქმნები შეინიშნება ძველი და ახალი წელთაღრიცხვის მიჯნაზე, როდესაც პრაქტიკულად გადაწყდა გამჯობესებდა მინის ნამზადის მიღებისა და მინის ნაკეთობის გამოხატვით დამზადების საკითხი. მომდევნო საუკუნეებში, განვითარებული შუასაუკუნეების ჩათვლით, იქმნებოდა მინის მიღება-დამუშავების განვითარებული კონსტრუქციის ტექნიკური საშუალებები, რამაც საგრძნობი ბიძგი მისცა ტექნიკური და მხატვრული მინის წარმოებას.

ძველ მსოფლიოში მხატვრული მინის წარმოებით ცნობილია ეგვიპტე (ძვ.წ. IV–I სს), სირია, ფინიკია, ჩინეთი. თავდაპირველად გაუმჯობესებდა, მწვანე, ცისფერი და ფიროსფერი ფერთა გამის მომცველი მინისაგან მზადდებოდა სხვადასხვა დანიშნულების ნივთები (ფიალა, ჭაბუკი, მძივი, ამულეტი და სხვა). ელინისტური და რომაული კულტურის ელემენტებისათვის დამახასიათებელია თხელკედლიანი და გამჯობესებდა მხატვრული მინის ნაწარმი.

მხატვრული მინის წარმოების ცენტრები ცნობილია მე-6 საუკუნის ბიზანტიაში, სადაც მზადდებოდა ფერადი – გაუმჯობესებდა მინის შედგენილობა. შუასაუკუნეების ევროპაში ვითარდება ვიტრაჟული მინის წარმოება. მუსულმანური აღმოსავლეთი (სირია) მე-12–14 საუკუნეებში ცნობილი ხდება მხატვრული მინის გამოყენებით (მინის ნივთებზე მინანქრის მოხატულობის სქემით). გვიანი შუასაუკუნეების ევროპაში, დეკორატიულ-გამოყენებითი ხელოვნების წამყვანი ატრიბუტია მე-15–16 საუკუნის ვენეციური მინა, მე-17 საუკუნის ჩეხური გრავირებული მინის ნაწარმი, მე-18 საუკუნის ევროპის წახნაგოვანი დამუშავების ბროლი, მე-17 საუკუნის რუსეთის ფერადი მინა და მე-18 საუკუნის რუსეთში არსებული, ცნობილი მხატვრული მინის და ბროლის ქარხნების (პეტერბურგი, მოსკოვი) ნიმუშები.

მე-19 საუკუნის რუსეთში ვითარდება მინის წარმოების იმიტაციური მიმართულება (ქვაზე, ფაიფურზე, მეტალზე მიბადვით), ძლიერდება “მოდერნის” სტილის გავლენა. მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში აქ ცნობილი ხდება მხატვრული მინის

წარმოების ლენინგრადის, ვლადიმირის, უკრაინის და ბალტიისპირეთის ცენტრები, რომლებიც დიდ ყურადღებას უთმობენ ვიტრაჟს, დეკორატიულ კომპოზიციას მეტალსა და მინაში, ინტერიერის გაფორმებას და სხვა (სურ 3.13)



სურ. 3.13. პრეისტორიული, ისტორიული და თანამედროვე მინა:

1. ვაზა (გაუმჯობესებული მინა), ეგვიპტე (ძვ. წ. 15-14 სს); 2. ვაზა (ღურჯი მინა), ბიზანტია (მე-11-12 სს); 3. ვაზა (ბროლი), ინგლისი (მე-18 ს); 4. ბოკალი (გრაფირება), პოლანდია (მე-17 ს); 5. ლანგარი (გრაფირება), ბოჰემა (მე-19ს); 6. ვაზა (გამჭვირვალე მინა), აშშ (მე-19 ს).

დროთა განმავლობაში მინა განიცდის ზედაპირულ და მასისშიდა ცვლილებებს. სარესტავრაციო პრაქტიკაში ცნობილია მინის დაშლა-რღვევის სხვადასხვა სახე: თხელი ნაირფერადი (ცისარტყელას ფერებში) ფენით (აფსკით), ატკეცვადი ქერცლოვანი წარმონაქმნით, ჰიგროსკოპული მარილების ფენით და სხვა.

მასიური მინის ჭურჭლისათვის (განსაკუთრებით არქეოლოგიური მინისათვის) შესაძლებელია როგორც ზედაპირული, ისე გამჭოლი კოროზია. ნივთი იძენს სიმკვრივეს და მისი წმენდა კოროზიის პროდუქტებისაგან პრაქტიკულად გაძნელებულია. ამ შემთხვევაში წმენდის გავრცელებული მეთოდია მინის ნივთის რეცხვა სპირტ-წყალ ხსნარში (1:1), ან 1%-იან აზოტმუავის განზავებულ ხსნარში, შემდგომი

წყალში რეცხვით. მინის ზედაპირზე ფოროვანი მარცვლების ქერქის არსებობისას, დასაშვებია წმენდა 1%-იან ნატრიუმის ტუტის ხსნარში. კოროზიული ფენის დაშლისა და მოცილების შემდეგ მინის ზედაპირი აღდგება და პრიალდება. ტუტის ფენის ნიტრალიზაციის მიზნით დამუშავებული მინის ზედაპირი გაივლება 1%-იან გოგირდმჟავის ხსნარში და ირეცხება წყლის ჭავლით.

დაზიანებული მინის ნივთის ნაწილები სარესტავრაციო დამუშავების შემდეგ ძნელად შესაერთებელია. წებოს შერჩევისას მხედველობაში მიიღება მინისა და პოლიმერული წებოს თერმული გაფართოების კოეფიციენტთა განსხვავებული მნიშვნელობები. ამ შემთხვევაში რეკომენდებულია ეპოქსიდის ფისის ფუძეზე დამზადებული წებოები, მინის წერილდისპერსული ფრაქციის დამატებით. წებოს შერჩევისას მხედველობაში მიიღება აგრეთვე მაწებებელი მასისა და მინის სხივთა გარდატეხის მაჩვენებელთა მონაცემები. წებოს ნაკერის უფერულობა მიიღწევა იმ შემთხვევაში, თუ გარდატეხის მაჩვენებლებში განსხვავება 0,04-ს არ აღემატება. ვინაიდან არქეოლოგიური და მხატვრული მინის გარდატეხის მაჩვენებლები ცვალებადობს დიდ დიაპაზონში (1,48–1,59), მათთვის ირჩევა შესაბამისი მონაცემების წებოთა დიდი ასორტიმენტი. ეპოქსიდური წებოების “სიბერის” პროცესში უმნიშვნელოდ იცვლება მათი გარდატეხის მაჩვენებელი, არ იცვლიან შეფერილობას სითბური და სხივური მოქმედების შედეგად.

მინის სარესტავრაციო პრაქტიკაში, წლების განმავლობაში გამოყენებული პოლიბუთილმეტაკრილატი, შეერთების ნაკერის პლასტიკურობისა და აღდგენილი ნივთის შესაძლო დეფორმირების გამო, შეიცვალა პოლივინილბუთირალის 10%-იანი ხსნარით ეთილის სპირტში. აღნიშნული წებოს ნაწიბურის მაღალი ადგეზიის გამო, შესაძლებელია წმინდა (ნატიფი) მინის ნაკეთობის ფრაგმენტების შეერთება. ამავე დროს რეკომენდებულია ციანაკრილატის ფუძეზე დამზადებული უფერო და გამჭოლი წებოები.

მინის კოროზირებული ზედაპირის გარეგანი ზემოქმედებისგან დაცვის მიზნით, გამოიყენება სპეციალური, ცელულოზის რთული ეთერების ფუძეზე მიღებული და მოდიფიცირებული ლაქები, როლებიც გამოირჩევიან ოპტიმალური ადგეზიით და მდგრადობით ტემპერატურულ-სხივური მოქმედების პროცესების მიმართ. ამ მიმართულებით გარკვეულ ინტერესს იმსახურებს პოლივინილაცეტატის და პოლიაკრილატის წყალდისპერსული ნაერთები (Primal-ები), რომლებიც შედგენილობით და შეთავსებადობით უახლოვდებიან აკრილის ფისს Paraloid B-72-ს, ფართოდ გამოიყენებიან არქეოლოგიური მინის გამაგრებისა და დაცვის ფუნქციით. მინის ჭურჭლის დანა-

კარგების შესვლისა და საერთო რეკონსტრუქციისათვის გამოყენებული პოლიმერები უნდა აკმაყოფილებდნენ ძირითად მოთხოვნებს: მაღალ ადგეზიას და მინის თერმული გაფართოების კოეფიციენტისა და გარდატეხის მაჩვენებლის ახლო მახასიათებლებს.

3.1.4 მინანქარი

მინანქარი (რუსული Эмаль, ფრანგული Email-იდან). ტერმინები “მინანქარი”, “მომინანქრება” განსაზღვრავს მეტალის ზედაპირის დაფარვას ფართო ფერთა გამის მინისებური მასით. მხატვრული მინანქარი ნაკეთობათა შემკობა-მორთვის, გალამაზება-დამშვენების მიზნით დაიტანება წინასწარ მომზადებული ოქროს, ვერცხლის, სპილენძის და მათი შენადნობებისაგან მიღებული ნაკეთობის ზედაპირზე. ჩვეულებრივ მინა და მინანქარი მიიღება მინის წარმოქმნის პროცესისადმი დიდი მიდრეკილების მქონე მაღალი სიბლანტის ნაღნობისაგან, რომელსაც არ გააჩნია დნობის განსაზღვრული ტემპერატურა და ხასიათდება გარბილების ტემპერატურული ინტერვალით. გამყარების ტემპერატურული დიაპაზონის მნიშვნელობა დამოკიდებულია მასის შედგენილობაზე, სადაც მიმდინარეობს ნაღნობის გადაცივება და მისი სტრუქტურული ფიქსაცია.

მინერალური შედგენილობის თვალსაზრისით, მინანქრის ძირითადი განმსაზღვრელი კომპონენტებია: SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , Sb_2O_5 , Al_2O_3 , TiO_2 აგრეთვე ტუტე, ტუტემიწა და ზოგიერთი ფერადი ლითონების ოქსიდები (K_2O , Na_2O , CaO , BaO , PbO , ZnO და სხვა). მინაში (მინანქარში) შემავალ ოქსიდებს ეოფენ მინის წარმოქმნელ (SiO_2 , B_2O_3 , P_2O_5 , Sb_2O_5), მოდიფიკატორ (K_2O , Na_2O , CaO , BaO , PbO) და შუალედურ (Al_2O_3 , Fe_2O_3 , NiO , CoO) ნაწილებად.

როგორც მინანქრის მინერალური შემადგენლობიდან ირკვევა, მის შედგენილობაში შედის მთელი რიგი ელემენტებით წარმოქმნილი ნაერთები, რომლებიც ქმნიან ნედლეულ მასალას მინანქრის წარმოებისათვის, უზრუნველყოფენ მინანქრის ფორმულის შექმნას. მინანქრის ბაზისს წარმოადგენს სისტემა: R_2O (Na_2O , K_2O) + RO (BaO , PbO , CaO და სხვა) + R_2O_3 (Al_2O_3 , B_2O_3 , Fe_2O_3 და სხვა) + SiO_2 . თითოეული ოქსიდი მინანქარში იმ ნედლეულის შესაბამისად ხვდება, რომელიც ტექნოლოგიურად არის შერჩეული. მინანქრის ტიპისა და დანიშნულების მიხედვით, ოქსიდების ჩამონათვალში გამოიყოფა ძირითადი (მინისებრი სტრუქტურის შემქმნელი) და დამხმარე (გარკვეული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების მიმნიჭებელი) მასალების ჯგუფები. ზოგადად მინანქრის ძირითად სქემად მიჩნეულია ფორმულა: $\text{RO} - \text{R}_2\text{O} - \text{R}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$. ტექნოლოგიურად მინანქრის ფუძეს წარმოადგენს მინისმაგვარი

ნაღებობი მასა, მიღებული ჩამოთვლილ ელემენტთა ოქსიდების, ბორის მუაგის (H_3BO_3), ბორაკის ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), სოდის ($Na_2CO_3 \cdot nH_2O$), გვარჯილის (პოტაშის – K_2CO_3 , Na_2CO_3), კვარცის (SiO_2), თიხამიწის (Al_2O_3) შედნობა-შეცხობის გზით, მაღალტემპერატურული დამუშავების პირობებში ($t=500-1000^\circ C$). სხვადასხვა საღებავებისა და პიგმენტების შეყვანით, მინანქარს ანიჭებენ წინასწარ განსაზღვრულ შეფერილობას.

მინანქარი გამოირჩევა განსაკუთრებული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით: შეღებობა-დნობის ფართო ტემპერატურული დიაპაზონით, მცირე მოცულობითი გაფართოების კოეფიციენტით, სასიამოვნო ფერადონებით და ბზინვარებით, მაღალი ქიმიური მდგრადობით ატმოსფერული და კოროზიული პროცესებისადმი, მუაგებისა და ტუტეების მიმართ.

ძველი მსოფლიოს ხელოვნებისთვის ცნობილია ლითონზე ცხელი მომინანქრების მეთოდი (ინდოეთი, ჩინეთი); ბერძენ და რომაელ ოსტატთა შემოქმედებაში ჩვენი წელთაღრიცხვის საწყის საუკუნეებში ათვისებულია ამოღარული მომინანქრების შესრულების ტექნიკა-ტექნოლოგია, ძვირფასი ლითონების ელვარე, კრიალა ზედაპირზე დატანილი მინანქრის ფერადი ჩანარები ძვირფასი ქვების მოზაიკური განლაგების ეფექტს ქმნიან. მომინანქრების დახვეწილი ტექნიკით გვხვბლავს მე-5–10 საუკუნეების სპარსული და ბიზანტიური მხატვრული ხელოვნების ნიმუშები.

ცხელი მინანქრის ხელოვნებამ თავის სრულყოფას მიაღწია მე-10–15 საუკუნეების ბიზანტიაში. ბიზანტიური მინანქარი გამოირჩევა შესრულების ტექნიკის სინატიფით, ფერთა ჰარმონიით, კომპოზიციის პლასტიკით და გამომსახველობით, ტექნოლოგიური მრავალფეროვნებით. ბიზანტიელი მხატვრები იყენებდნენ როგორც ამოღარულ, ისე ტიხრულ მინანქარს, სადაც სრულდებოდა მხატვრული ნაწარმოების ურთულესი ფაქიზი და წმინდა ფორმები. მინანქრით შესრულებული ნაკეთობები მოიცავდა არა მარტო საიუველირო წარმოებას, ის ფართოდ გავრცელდა საეკლესიო მოხმარების სფეროში – ხატწერის ნიმუშების, წმინდანთა გამოსახულების, საეკლესიო წიგნების დამზადებისა და გაფორმების მიზნით.

ევროპაში ამავე პერიოდში იწყება მხატვრული მინანქრის წარმოება. მომინანქრებული საიუველირო ნაკეთობანი იქმნება უნგრეთში, საფრანგეთში, იტალიაში. XII საუკუნის ევროპაში ყალიბდება მინანქრის წარმოების სკოლები: ლოტარინგიის, რეინის მინანქრის სკოლების ნაწარმოებები დაკავშირებულია და ორგანულად

შერწყმულია ამ პერიოდის საეკლესიო-სატაძრო ნაგებობათა სარიტუალო გაფორმებასთან.

XIV-XV საუკუნეების ევროპაში ყრუ და გაუმჭვირვალე მინანქრის დამზადების ტექნოლოგია იცვლება გამჭვირვალე მინანქრის წარმოებით, რომელიც სრულდება ძვირფასი ლითონის გრავირებულ ზედაპირზე. XVIII საუკუნეში ვითარდება მინანქრით შესრულებული პორტრეტული მინიატურა და ფერწერული მინანქარი, რომელიც სტილისტურად დაზგურ მხატვრობას უახლოვდება. ცხელი მინანქრის ტექნიკა-ტექნოლოგიურად რთული ხელოვნება ევროპაში დეგრადაციას განიცდის XIX საუკუნისათვის, ვიდრე ხელმეორედ არ აღორძინდება “მოდერნის” სტილში – პარიზში, ბრიუსელში, ვენაში და სხვა ცნობილ ცენტრებში.

ბიზანტიისა და ეროპული სკოლების იუველირთა ხელოვნებამ თავისებური გავლენა იქონია ძველი რუსეთის გამოყენებით ხელოვნებაზე. ცნობილია კიევის, ვლადიმირის, ნოვგოროდის და მოსკოვის ცენტრები, სადაც XIV საუკუნიდან დაეუფლნენ მეტალის ცხელი მინანქრით დამუშავების ხელოვნებას. მათ ნაშრომებში ვხვდებით როგორც ღრმული, ისე ტიხრული მინანქრის ტექნიკით შესრულებულ ნიმუშებს. აქ XV საუკუნის დასაწყისში ვრცელდება მომინანქრება ფილიგრანით (ოქრო, ვერცხლი, სპილენძი). ლითონის ორნამენტული ნაწილი შესრულებულია ლურჯი, ცისფერი, შავი და თეთრი ფერის მცირე ზომის მინანქრის ჩანართებით.

რუსეთში XVI-XVIII საუკუნეები მინანქრის წარმოების გაფართოებით აღინიშნება, ხასიათდება შესრულების სრული ტექნოლოგიით (ფერწერული, ღრმული და ტიხრული მინანქრის ტექნიკა) და მხატვრული დონით (რთული ორნამენტული კომპოზიცია, ჭედური რელიეფური ფორმები, მრავალფეროვანი ფერთა გამა). აღნიშნული პერიოდის რუსული მინანქარი ხასიათდება ფერთა ღია სპექტრით (მოსკოვის, ნოვგოროდის სკოლები). ინერგება მეტალზე თეთრი მინანქრით შესრულებული ფერწერული ტექნიკა, მზადდება მდიდრული საიუველირო სამკაული, საეკლესიო ჭურჭელი, ავეჯი, მინიატურული პორტრეტი და სხვა.

XIX საუკუნის რუსეთში მომინანქრების ტექნიკა, ტექნოლოგია რამდენადმე დეგრადაციას განიცდის, მონოქრომული, ნატურალისტული და გამარტივებულია. 90-იანი წლებიდან რუსეთის გამოყენებითი ხელოვნება განიცდის მწვავე სწრაფვას წინაკლასიკური პერიოდის ხელოვნებისაკენ. ამ პერიოდის მხატვრულ ნაწარმოებში შესამჩნევია XVII საუკუნის ნიმუშებისადმი დაბრუნების და მათი ზუსტი ასლების გადაღების ტენდენცია, კერძოდ ლითონზე მომინანქრების ტექნიკა-ტექნოლოგიის

ძველი მეთოდების აღდგენა-გამეორების მიდრეკილება. შექმნილი ვითარების ამსახველია ფირმა “ფაბერჟე”-ს გაერთიანება, ცნობილი საიუველირო და მომინანქრებული ნაწარმით, რომელიც გამიზნულად იმეორებდა XVII საუკუნის მხატვრული ხელოვნების ნიუშთა ფორმებს და იცავდა “მოდერნის” სტილს.

საქართველოში მხატვრული მინანქრის ნიმუშები ცნობილია II-III საუკუნეებიდან. მინანქრის ტექნოლოგიის განვითარების საწყის პერიოდად შეიძლება ჩაითვალოს ადრერკინის ხანის ბრინჯაოს სარიტუალო ინვენტარზე ინკრუსტაციის მიზნით მინისებრი მასის გამოყენების ფაქტი. ელინისტურ-რომაულ პერიოდში დადასტურებულია კერამიკისა და გაუმჭვირვალე მინის ნიმუშების ზედაპირული დამუშავების, ჭიქურ-ქაშანურის დატანის ტექნოლოგიის შემუშავების პროცესი. ტიხრული მინანქრის შესრულების ტექნიკა-ტექნოლოგია VII-IX საუკუნეებიდან ჩანს ათვისებული, რომელმაც თავისი განვითარების მაღალ დონეს XI-XII საუკუნეებში მიაღწია. ცნობილია, რომ ქართული ტიხრული მინანქარი შესრულების დახვეწილი ტექნიკით და მრავალფეროვანი ფერთა გამით, გამოირჩევა რუსული, ევროპული და თვით ბიზანტიური მინანქრისაგან. საქართველოს ეროვნულ მუზეუმში თავმოყრილი შუასაუკუნეების ქართული ტიხრული მინანქრის ნიმუშთა კოლექცია უნიკალურია მსოფლიოში. ქართული მინანქრის ოსტატთა შემოქმედება განივითებულია ჯვრების, ხატების, სამაჯურების, მედალიონების სახით. შეიძლება ითქვას, ხახულის კარედი უმდიდრესი საგანძურია, სადაც თავმოყრილია ქართული შემოქმედებითი ხელოვნების დიდი ტრადიციული შესაძლებლობები – ოქრომჭედლობის ბრწყინვალება, სიმდიდრე, სიდიადე.

მომინანქრებული ზედაპირი ქმნის განსაკუთრებულ მხატვრულ შესაძლებლობებს გამოყენებით ხელოვნებასა და საიუველირო ნაწარმში. ფერადი მინანქრის მომხიბვლელობა, ქიმიური მდგრადობა და სიმტკიცე მეტალთან მისი შეერთების შედეგია.

მინანქარში მიმდინარე “სიბერის” პროცესები განპირობებულია ორი ძირითადი მიზეზით: 1. დარტყმითი ზემოქმედებისას ლითონური ფუძის გაღუნვა-გადაადგილების პირობებში სიმყიფის მსხვრევადობით; 2. მინანქრის ფუძის – მინისმაგვარი მასის თანდათანობითი გამოტუტვით და რეკრისტალიზაციით. ძველი მინანქარი, ცნობილი როგორც კაზმში არსებული მჟავური და ფუძე ოქსიდების რაოდენობრივი გადახრებით, ისე არასტაბილური ხარშვისა და მოწვის რეჟიმით, ხელს უწყობს ატმოსფეროში არსებულ წყალთან და ნახშიროჟანგთან რეაქციის შედეგად, დროთა განმავლობაში მიმდინარე, მომინანქრებული ზედაპირიდან სილიციუმის მჟავის

ადგილას მეტალთა კარბონატებისა და ჰიდროქსიდების წარმოქმნის პროცესს. შედეგად მინანქარი კარგავს ბრწყინვალეობას და შინაგანი დაძაბულობის გაზრდის ხარჯზე იწყება მინისებრი მასის დაშრევა (ფენა-ფენად აცლა).

თუ აღნიშნულ მდგომარეობაში, მინანქარს არ გააჩნია ზედაპირიდან სიღრმისეულ ფენებში მიმავალი მიკრობზარები, აუცილებელია დაიფაროს წყალგაუმტარი ლაქის დამცავი ფენით. კარგი შედეგებია მიღწეული აკრილური პოლიმერების და სილიკოორგანული ოლიგომერების ნარევთა აცეტონზე დამზადებული ხსნარების შემთხვევაში. რეკომენდებულია პოლივინილბუთირალის ფუძეზე სილიკოორგანული ოლიგომერების დამატებით მიღებული ლაქების გამოყენებაც. გამსხნელია ეთილის სპირტი (პოლივინილბუთირალი 5% + სილიკოორგანული ფისი K-9 20% + ეთილის სპირტი 75%), ლაქი დაიტანება ფუნჯით ან შეფრქვევით, ორ ფენად, შუალედური შრობით (2–3 სთ. დაყოვნებით).

მინანქრის ზედაპირზე მიკრობზარების არსეობის შემთხვევაში, დაუშვებელია მინანქრის ფუძის შესწორება ან ბზარების შევსება (დადუღება) დაბალმდნადი ($t=450-600^{\circ}\text{C}$) მინანქრის მასით. ორივე შემთხვევაში იკარგება მინანქრის ფენა, წარმოიქმნება მნიშვნელოვანი შინაგანი დაძაბულობა, არამყარია ძველი და ახალი მასის შეჭიდულობა. მომინანქრებული ზედაპირი ცხიმოვანი ნადებისაგან შეიძლება გაიწმინდოს უაიტ-სპირტით, ბენზინით, ეთილის სპირტით. ძველი რესტავრირების ნაშთები სცილდება მექანიკურად, გამსხნელების დახმარებით (აცეტონი, ქსილოლი, ტოლუოლი და სხვა).

მინანქრის ლითონის ფუძეზე წარმოქმნილი ოქსიდების და მარილის ნადებებს აცლიან ნაერთით: გლიცერინის და ეთილენდიამინის ნარევი (10:1) + პოლიმეტაკრილის მჟავის სპირტხსნარი + პოლივინილბუთირალის სპირტხსნარი + გლიცერინი (8:5:5). აღნიშნული შედგენილობის დატანილი ფენა გაშრობისას ქმნის ელასტიურ აფსკს, რომელიც დაჭუჭყიანებულ ნაწილებთან ერთად ადვილად სცილდება დაზიანებულ ზედაპირს. მინანქრის ზედაპირზე არსებულ დანაკარგ ფენებს ადადგენენ პოლიმერული მასის დატანით. აფსკწარმოქმნელებად იხმარება ეპოქსიდური ან პოლიეთერული ფისები. უფრო პოლიეთერული ფისების ფუძეზე მიღებული დანაფარი ფენა ხასიათდება მეტალთან და მინისებრ ზედაპირთან კარგი შეჭიდულობით, კერამიკულ საღებავთან გახსნით ღებულობს შესაბამის ფერს, გამოირჩევა დროის ხანგრძლივობით.

4. ლითონები და შენადნობები

საერთო კლასიფიკაციით მეტალები იყოფა ორ ძირითად ნაწილად: შავი ლითონები (რკინა და მისი შენადნობები) და ფერადი ლითონები (ყველა დანარჩენი ლითონები და შენადნობები).

თითოეული მეტალის აგებულებისა და თვისებების მიხედვით შეიძლება მათი ცალკეულ ჯგუფებში გაერთიანება (სურ. 4.1) (ფორმა ა. გულიაევის მიხედვით).

3 Li	4 Be																
11 Na	12 Mg	13 Al															
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As			
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb			
55 Cs	56 Ba	57-71 ლანთა ნოტიდები	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi			
87 Fr	88 Ra	89-103 აქტინი დები															

← შავი
მეტალები

↔

→ ფერადი
მეტალები

ტუტემიწა
მეტალები

მსუბუქი
მეტალები

იშვიათი
მეტალები

ურანის ჯგ.
მეტალები

ძნელდნობადი
მეტალები

რკინის ჯგ.
მეტალები

კეთილშობილი
მეტალები

ადვილდნობადი
მეტალები

სურ. 4.1. მეტალთა კლასიფიკაციის სქემა. შავი - ფერადი ტუტემიწა მეტალები, მსუბუქი მეტალები, იშვიათი მეტალები, ურანის ჯგუფის მეტალები, ძნელდნობადი მეტალები, რკინის ჯგუფის მეტალები, კეთილშობილი მეტალები, ადვილდნობადი მეტალები.

შავი მეტალები ხასიათდებიან მუქი-რუხი ფერით, დიდი სიმკვრივით (ტუტემიწა ლითონების გამოკლებით), მაღალი დნობის ტემპერატურით და სისაღით, პოლიმორფიზმით (გისოსის მრავალფორმიანობით). შავი მეტალები თავის მხრივ იყოფიან ქვეჯგუფებად:

1. რკინის ჯგუფის მეტალები - რკინა, ნიკელი, კობალტი (ფერომაგნიტური თვისებებით) და მანგანუმი;
2. ძნელდნობადი მეტალები (მაღალი დნობის ტემპერატურით ვიდრე რკინა – 1539°C);

3. ურანის ჯგუფის მეტალები;
4. ლანთანიდები;
5. ტუტემიწალითონები (იშვიათად ლითონური სახით).

ფერადი მეტალების ჯგუფში ერთიანდება შემდეგი ქვეჯგუფები:

1. მსუბუქი მეტალები (მცირე სიმკვრივის მქონე ლითონები – ბერილიუმი, მაგნიუმი და ალუმინი);
2. კეთილშობილი მეტალები (კოროზიამდგრადი ლითონები) – ვერცხლი, ოქრო, პლატინის ჯგუფი (პლატინა, პალადიუმი, ირიდიუმი, როდიუმი, ოსმიუმი, რუთენიუმი) და “ნახევრადკეთილშობილი” სპილენძი;
3. ადვილდნობადი მეტალები (დაბალი დნობის ტემპერატურით) – ვერცხლისწყალი, ტყვია, კადმიუმი, კალა, თუთია, ანთიმონი და სხვა.

ისტორიულად უძველესი მეტალებია სპილენძი, ვერცხლი, ოქრო, კალა, ტყვია, ანთიმონი, დარიშხანი, რკინა (მეტეორიტული და მიწიერი). სადღეისოდ ცნობილი მეტალების უდიდესი ნაწილი აღმოჩენილია XIX საუკუნეში, თუმცა ყველა არ ყოფილა საწარმოო მნიშვნელობით გამოყენებული.

მეტალებისა და მათი შენადნობებისაგან დამზადებული მატერიალური კულტურის ძეგლთა რესტავრაცია-კონსერვაციის და დაცვის პროცესი უშუალოდ უკავშირდება მათი შემადგენელი კომპონენტების ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლებს.

უძველესი არქეოლოგიური, ეთნოგრაფიული და ანტიკვარული ლითონური მასალები პირობითად შეიძლება დავეოთ სამ ჯგუფად: 1. შავი ლითონები და შენადნობები (რკინა, ფოლადი, ბულატი); 2. ფერადი ლითონები და შენადნობები (სპილენძი, ვერცხლისწყალი, კალა, ტყვია, დარიშხანი, ანთიმონი, თუთია, ბრინჯაო, თითბერი); 3. ძვირფასი ლითონები და შენადნობები (ვერცხლი, ოქრო, პლატინა, ელექტრონი).

თანამიმდევრულად განვიხილავთ ისტორიული და ახალი ლითონების, მათი შენადნობების რესტავრაცია-კონსერვაციასთან და დამუშავებასთან დაკავშირებულ თემატიკას: ლითონთა და შენადნობთა კოროზიას, ლაბორატორიული კონსერვაციის მიმართულებებს, სამუზეუმო ექსპონატთა კონსერვაციას და პრევენციულ დაცვას, აგრეთვე საიუველირო დამუშავების ტექნოლოგიას.

4.1. კოროზია

კოროზია არის ლითონთა დაშლა-დაზიანება, რღვევა გარემომცველი გარემოს ქიმიური ან ელექტროქიმიური ზემოქმედების შედეგად. კოროზია ჟანგვა-აღდგენის პროცესია, რომელიც მიმდინარეობს ფაზათა გამყოფ ზედაპირზე (ლითონი - გარემო). კოროზიას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს აირებში, ჰაერში, წყალში, ნიადაგში, ორგანულ გამხსნელებსა და ელექტროლიტთა ხსნარებში. ბუნებრივი “სიბერის” და დაშლის მექანიზმის მიხედვით არჩევენ ქიმიურ და ელექტროქიმიურ კოროზიას.

ქიმიური კოროზია არის ლითონის დაშლა ოქსიდაციით, მის გარემომცველ სისტემაში ელექტრული დენის აღძვრის გარეშე. არჩევენ აირადი და სითბური ქიმიური კოროზიის სახეებს. ქიმიურ კოროზიას ყველაზე ხშირად იწვევს ჰაერის ჟანგბადი, რომელიც ინტენსიური ხდება ტემპერატურის მომატებით. ზოგიერთი ლითონის ოქსიდები აქტიურნი არიან გარემო პროცესების მიმართ და ვერ იცავენ მას შემდგომი ოქსიდაციისაგან. ზოგჯერ ლითონის ზედაპირზე წარმოიქმნება დამცავი ოქსიდური აფსკი, რომელიც ხელს უშლის ლითონში აირების და სითხეების შეღწევას. ქიმიური კოროზია ლითონებში მიმდინარეობს მშრალ ატმოსფეროში, ან არაელექტროლიტურ ხსნარებში ლითონის ზედაპირთან კონტაქტის პროცესში.

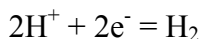
ელექტროქიმიური კოროზია არის ელექტროლიტის გარემოში სისტემის შიგნით ელექტრული დენის აღძვრის შედეგად გამოწვეული ლითონთა დაშლის პროცესი. ელექტროქიმიური კოროზია მიდის ლითონის არაერთგვაროვან ზედაპირზე, ელექტროლიტური დენის გამტარებელი სითხის თანაობისას. ვინაიდან ლითონის ზედაპირზე პრაქტიკულად ყოველთვის იქმნება მარილების შემცველი აფსკი, ლითონის ზედაპირი კი იდეალურად ერთგვაროვანი არ არის, ლითონის ნივთების დაშლა (ჟანგვა) მიმდინარეობს ელექტროლიტური მექანიზმით. ლითონის ზედაპირზე წარმოქმნილი ელექტროლიტები ხელს უწყობენ ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესების განვითარებას.

ლითონთა ელექტროქიმიური კოროზიის დინამიკა უახლოვდება გალვანურ ელემენტში მიმდინარე პროცესს, სადაც ბატარეის დადებითი პოლუსი წარმოადგენს ანოდს, უარყოფითი პოლუსი – კათოდს. პრაქტიკულად ლითონი შეიცავს მინარევი ელემენტების გარკვეულ რაოდენობას. ელექტროლიტის გარემოში ძირითადი ლითონისა და ნაკლებაქტიური ლითონნარევის სისტემა წარმოადგენს მიკრო-გალვანური ელემენტების ერთობლიობას, სადაც ფუძე ლითონი ითვლება ანოდად,

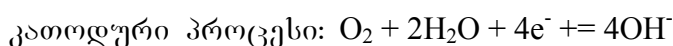
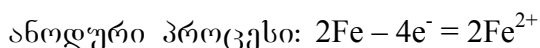
ჩანართი ლითონი კი კათოდად. რკინა-სპილენძის შემთხვევაში, ელექტროლიტის ხსნარში აქტიური რკინის ატომები გადასცემენ ორ-ორ ელექტრონს სპილენძს, გადადიან ხსნარში იონების სახით და ქლორიდ-იონთა არეში ქმნიან რკინის (II) ქლორიდს:



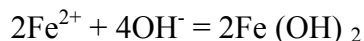
წყალბადის იონები გადაადგილდებიან კათოდისაკენ (სპილენძი), მიიერთებენ ელექტრონებს და განიმუხტებიან:



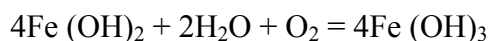
ნესტიან გარემოში (ელექტროგამტარი ხსნარის თხელი შრის წარმოქმნის პირობებში), ტექნიკური რკინა განიცდის კოროზიას და აქტიურად იუანგება. ამ შემთხვევაში შექმნილ მიკროგალვანურ ელემენტში რკინა გვევლინება ანოდად, მასში არსებული გრაფიტის ჩანართები კი ასრულებენ კათოდის ფუნქციას. მიმდინარე ელექტროლიტური პროცესი შემდეგნაირად აისახება:



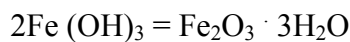
რკინის Fe^{2+} და OH^- იონები წარმოქმნიან რკინის (II) ჰიდროქსიდს:



წყლისა და ჰაერის უანგბადის თანაობისას მიიღება რკინის (III) ჰიდროქსიდი:



ეს უკანასკნელი დეჰიდრატირდება და გადადის რკინის ოქსიდში:

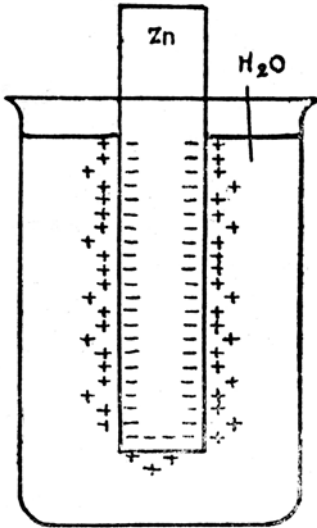


რკინის ზედაპირზე მიიღება ცნობილი და ყველაზე მეტად გავრცელებული მურა ფერის რკინის ოქსიდი.

ცნობილია, რომ აქტიური ლითონის ფირფიტის წყალში ჩაძირვის დროს, ლითონსა და ხსნარს შორის აღიძვრება პოტენციალთა სხვაობა, რომელსაც ელექტროდული პოტენციალი ეწოდება. თუ თხევადი გარემო სუფთა წყალია ლითონი დაიმუხტება უარყოფითად, მიმდებარე სითხე – დადებითად:



ლითონსა და მისი გარემომცველი წყლის გამყოფ ზედაპირზე იქმნება ორმაგი ელექტრული შრე (სურ 4.1.1).



სურ. 4.1.1. ორმაგი ელექტრული შრე ლითონ-
წყლის გამყოფ ზედაპირზე

პრაქტიკულად აქტიური ლითონები თავის მარილთა ხსნარში ყოველთვის იმუხტებიან უარყოფითად, პასიურები (ნაკლებად აქტიურები) – დადებითად. ლითონთა ქიმიური თვისებების დახასიათებისათვის იყენებენ ელექტროდული პოტენციალის ფარდობით მნიშვნელობებს, წყალბადის სტანდარტულ ელექტროდულ პოტენციალთან შედარებით, მუავათა წყალხსნარებიდან ამ უკანასკნელის გამოძევების პრინციპით. ლითონების სტანდარტული ელექტროდული პოტენციალების აღგებრული სიდიდის ზრდის რიგის მიხედვით, მიღებულია უარყოფით და დადებით ელექტროდულ პოტენციალთა შესაბამისი მწკრივი: Li, Rb, K, Cs, Ca, Na, Mg, Al, Ti, Mn, Cr, Zn, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, H, Bi, Cu, Hg, Ag, Pt, Au. (ცხ. 4.1) (ფორმა თ. წიგწივადის მიხედვით). ძაბვათა მწკრივში მეტალის მდებარეობა ახასიათებს მის უნარს წყალხსნარებში ჟანგვა-აღდგენის უირთიერთქმედებისადმი.

ლითონების ძაბვათა მწკრივი

ელექტროდული პროცესის განტოლება	სტანდარტული პოტენციალი	ელექტროდული პროცესის განტოლება	სტანდარტული პოტენციალი
$\text{Li}^{++}\text{e}^{-}=\text{Li}$	-3.045	$\text{Co}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Co}$	-0.277
$\text{Rb}^{+}+\text{e}^{-}=\text{Rb}$	-2.925	$\text{Ni}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Ni}$	-0.250
$\text{K}^{+}+\text{e}^{-}=\text{K}$	-2.925	$\text{Sn}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Sn}$	-0.136
$\text{Cs}^{+}+\text{e}^{-}=\text{Cs}$	-2.923	$\text{Pb}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Pb}$	-0.126
$\text{Ca}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Ca}$	-2.866	$\text{Fe}^{3++}3\text{e}^{-}=\text{Fe}$	-0.036
$\text{Na}^{+}+\text{e}^{-}=\text{Na}$	-2.714	$2\text{H}^{+}+2\text{e}^{-}=\text{H}$	0
$\text{Mg}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Mg}$	-2.363	$\text{Bi}^{3++}3\text{e}^{-}=\text{Bi}$	+0.215
$\text{Al}_2^{++}3\text{e}^{-}=\text{Al}$	-1.662	$\text{Cu}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Cu}$	+0.337
$\text{Ti}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Ti}$	-1.628	$\text{Cu}^{+}+\text{e}^{-}=\text{Cu}$	+0.521
$\text{ZMn}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Mn}$	-1.180	$\text{Hg}^{2++}2\text{e}^{-}=2\text{Hg}$	+0.788
$\text{Cr}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Cr}$	-0.913	$\text{Ag}^{+}+\text{e}^{-}=\text{Ag}$	+0.799
$\text{Zn}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Zn}$	-0.763	$\text{Hg}^{+}+\text{e}^{-}=\text{Hg}$	+0.854
$\text{Cr}^{++}3\text{e}^{-}=\text{Cr}$	-0.744	$\text{Pt}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Pt}$	+1.200
$\text{Fe}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Fe}$	-0.440	$\text{Au}^{3++}3\text{e}^{-}=\text{Au}$	+1.498
$\text{Cd}^{2++}2\text{e}^{-}=\text{Cd}$	-0.403	$\text{Au}^{+}+\text{e}^{-}=\text{Au}$	+1.691

დაძაბულობის რიგში შედარებით მარჯვნივ განლაგებულ, უფრო მეტი დადებითი პოტენციალის მქონე ლითონს, შეუძლია დააჩქაროს კათოდური პროცესი, ანუ წინამდებარე ლითონის კოროზია. კოროზიის პროცესი ორ მეტალურ წყვილს შორის 1. კალა – რკინა, 2. თუთია – რკინა მიმდინრეობს შემდეგნაირად: ლითონთა ელექტროლიტური დაძაბულობის რიგის მიხედვით, თუთიამ უნდა დაიცვას რკინა კოროზიისაგან, კალამ პირიქით – დააჩქაროს რკინის კოროზია. პრაქტიკულად კალის დამფარავი ფენის მოქმედება მექანიკურია, საკმარისია ერთ წერტილში დაირღვეს მისი მთლიანობა, რომ რკინაზე იწყება კოროზიის პროცესი. თუთიის

დამცავი ფენის შემთხვევაში კი, თუთიის მთლიანად დაშლამდე რკინა ინარჩუნებს კოროზიის მიმართ მდგრადობას.

ელექტროლიტური კოროზიის სიჩქარე დამოკიდებულია შინაგან და გარეგან ფაქტორებზე. შინაგანი ფაქტორებია: ქიმიური შედგენილობა, სისუფთავე (ქიმიურად სუფთა მეტალები გამოირჩევიან უფრო მაღალი კოროზიამდებლობით), სტრუქტურული მდგომარეობა (ნაჭედი, დაძაბული სტრუქტურის დეფორმირებული ლითონი უფრო მეტად კოროზირებს, ვიდრე სხმული), ზედაპირული დამუშავება (პოლირებული ლითონი ჩვეულებრივზე მეტად კოროზიამდებლობს). გარეგანი ფაქტორებია: კოროზიული გარემოს ბუნება, მისი თვისებები და პარამეტრები (ელექტროლიტის ხსნარში წყალბადის იონების კონცენტრაცია, ტემპერატურული რეჟიმი).

4.1.1 კოროზიის სახეები

ატმოსფერული კოროზია – ჰაერის ატმოსფეროში მიმდინარე ოქსიდაციის პროცესი. იყოფა სამ სახედ:

მშრალი ატმოსფერული კოროზია მიმდინარეობს ლითონის ზედაპირზე ტენის გარეშე. ლითონის ზედაპირზე მოქმედებს ჰაერის ჟანგბადი და იფარება ოქსიდის აფსკით (აფსკის სისქე იცვლება მნიშვნელოვან დიაპაზონში). ორკომპონენტიან შენადნობში კოროზიას განიცდის ნაკლებად კეთილშობილი ლითონი (დაბალ-სინჯიან ვერცხლში ოქსიდაციას განიცდის სპილენძის მდგენელი). მშრალი კოროზიის პროცესი ჩქარდება ჰაერში მავნე აირების არსებობისას (გოგირდის ნაერთების შემთხვევაში) და ლითონი უფერულდება.

ტენიანი ატმოსფერული კოროზია მიმდინარეობს ლითონის ზედაპირზე კონდენსატის აფსკის არსებობის შემთხვევაში, როდესაც ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა 100%-ზე დაბალია (ფარდობითი ტენიანობა იზომება ჰაერში ფაქტიურად არსებული წყლიანი ორთქლის შეფარდებით მის მაქსიმალურ მაჩვენებელთან – მოცემულ პირობებში). ქაღალის გარემოში საშუალო ფარდობითი ტენიანობა 70 – 80%-ია. ასეთივე პირობებია მუზეუმში. ჰაერის 25°C ტემპერატურიდან 14°C ტემპერატურამდე ვარდნისას, 50% ფარდობითი ტენიანობის შემთხვევაში, მეტალზე წარმოიქმნება კონდენსატი, 90% ფარდობითი ტენიანობის პირობებში კი კონდენსატის წარმოქმნა იწყება 24°C ჰაერის ტემპერატურაზე, ე.ი. საერთო ტემპერატურის 1°C-ით ვარდნისას.

სველი ატმოსფერული კოროზია მიმდინარეობს ფარდობითი ტენიანობის 100%-ით დატვირთვის პირობებში, როდესაც მეტალის ზედაპირზე იწყება წვეთოვანი კონდენსაცია. აღნიშნული პროცესი ინტენსიურად ჟანგავს ლითონს, ვინაიდან ტემპერატურის დაწვეისას წარმოქმნილი ტენი ხასიათდება დიდი მჟავიანობით. ფარდობითი ტენიანობის კრიტიკული მნიშვნელობა იქმნება 70%-ის პირობებში, მაგრამ ის შეიძლება გაცილებით დაბალი იყოს ატმოსფეროში აქტიური რეაგენტების არსებობისას (SO_2 , SO_3 , H_2S , NH_3 , Cl_2 , HCl და სხვა ნაერთების შემთხვევაში). ძლიერ აჩქარებს ლითონების კოროზიას აირადი ქლორი. მისი მოქმედებით კოროზია კრიტიკულ სიჩქარეს აღწევს შედარებით მშრალ ატმოსფერულ პირობებშიც (<40%). კოროზიის პროცესის განვითარებაზე მოქმედებს ჰაერში არსებული მტვრის და ნახშირის მცირე ზომის ნაწილაკები, მათი კოროზიულად აქტიური ნაწილი უშუალოდ მოქმედებს მეტალზე, დანარჩენი კი ხელს უწყობს მეტალის ზედაპირზე მავნე აირების აბსორბციას.

გრუნტის კოროზია დამახასიათებელია არქეოლოგიური ლითონისათვის. მაღალი ტენიანობა და მასში გახსნილი მარილები გრუნტს აქცევენ ელექტროლიტად და იწვევენ მეტალის ელექტროქიმიურ კოროზიას. მიწის გრუნტში არსებული წყლები და ტენი მარილების შემცველობის მიხედვით იყოფა რამდენიმე სახედ: რბილი (0.1%-მდე მარილების ხსნადობით), მარილშემცველი (0.1–1.0%-ის საზღვრებში), მარილიანი (1.0–5.0%-ის ინტერვალში) და მლაშე (5.0–40.0%-ის დიაპაზონში) წყლებად. გრუნტის ქიმიური ნაერთების დიდი ნაწილი იმყოფება იონურ მდგომარეობაში. განსაკუთრებით გაზრდილია მათი რაოდენობა მლაშე წყლებში (მნიშვნელოვან სიდიდეს აღწევს ქლორიდების, სულფატების და კარბონატების შემცველობა). გრუნტის ჰაერში, ატმოსფერულთან შედარებით (0.03%), გაცილებით გაზრდილია ნახშირმჟავის რაოდენობა (0.1–1.5%), რაც განპირობებულია ბიოქიმიური პროცესებით. გრუნტის ფარდობითი ტენიანობა ჩვეულებრივ 100%-ის საზღვრებშია. ამასთან ერთად, გრუნტის არაერთგვაროვნება ტენიანობის, მჟავიანობის, სიმკვრივის მიხედვით იწვევს კოროზიული ხერცების წარმოქმნას და კოროზიის პროცესის დაჩქარება-გააქტიურებას. გრუნტის კოროზიული აქტივობა ასევე დამოკიდებულია გახსნილი მარილების შედგენილობაზე, რაოდენობაზე და სტრუქტურაზე.

ბიოკოროზია გრუნტში არსებული მიკროორგანიზმები ხელს უწყობენ მეტალის კოროზიულ დაშლას. განსაკუთრებით მოქმედებენ შავ ლითონზე (რკინა, ფოლადი). რკინის ბიოქიმიური დაშლის დროს, ქიმიური რეაქციების შედეგად

წარმოიქმნება შავი ფერის რკინის სულფიდი (FeS) და თეთრი ჰიდროქსიდი (Fe(OH)_2).

ზღვის კოროზია. ზღვის წყალი, როგორც ელექტროლიტი ხასიათდება მაღალი ელექტროგამტარობით. ეს განპირობებულია მასში დიდი რაოდენობით მარილების არსებობით, ძირითადად ნატრიუმის, კალიუმის, კალციუმის და მაგნიუმის ქლორიდებით და სულფატებით. ზღვის წყლის საერთო მარილიანობა ნაკლებად მოქმედებს მეტალთა კოროზიის სიჩქარეზე. კოროზიის პროცესს არსებითად იწვევს ზღვის წყლის მუდმივი მოძრაობა, ტემპერატურის ცვალებადობა, მასში იოდის და ბრომის არსებობა. განსაკუთრებით მაღალია მეტალების კოროზიის სიჩქარე ზღვის წყლის და ჰაერის ნაკადის პერიოდული მოქმედების ზონაში.

ლითონის კოროზიული დაშლის პროცესის ხასიათის მიხედვით არჩევენ ადგილობრივი და საერთო კოროზიის სახეებს. ადგილობრივი კოროზიის დროს იშლება ნივთის ცალკეული ნაწილები (შავი ლაქები ვერცხლზე, “ბრინჯაოს დაავადება” სპილენძის შენადნობებზე და სხვა). ადგილობრივი კოროზიის სახეს განეკუთვნება აგრეთვე კრისტალთშორისი კოროზიაც. საერთო კოროზია თანაბრად ვითარდება ლითონის ზედაპირზე და მეტნაკლებად იწვევს მთლიანი ნივთის ან ექსპონატის დაშლას (არქეოლოგიური ლითონის არტეფაქტის მთლიანი კოროზია, სამუზეუმო ლითონის ექსპონატის გაუფერულება).

4.12 რკინის კოროზია

ეთნოგრაფიული და არქეოლოგიური რკინა განიცდის ატმოსფერულ და გრუნტის კოროზიას.

1. რკინის ატმოსფერული კოროზია. ჰაერთან შეხებისას რკინაზე წარმოიქმნება არამდგრადი რკინის (II) ჰიდროქსიდი Fe(OH)_2 , რომელიც გადადის ჰიდრატიზირებულ რკინის (III) ოქსიდში $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. რკინის კოროზირებული ფენა ატმოსფერულ პირობებში შეიცავს ორივე მოდიფიკაციას, რომელიც წყლის დაკარგვის შემდეგ რჩება რკინის (III) ოქსიდის სახით (Fe_2O_3).

გარკვეულ პირობებში პროცესი გრძელდება და რკინის ზედაპირზე წარმოიქმნება რკინის ზეჟანგი – Fe_3O_4 . ჰიდრატიზირებული სახით მიიღება რკინის ნაერთი მაგნეტიტი ($\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). მუქი ფერის მაგნეტიტი წყლის დაკარგვის შემდეგ გადადის შავი ფერის სტაბილურ მაგნეტიტში, რომელიც მდგრადია მჟავების მიმართ. რკინის ზედაპირზე წარმოქმნილი მთლიანი მაგნეტიტის ფენა იცავს

ლითონს შემდგომი დაშლისაგან, მაგრამ ეს ხდება იშვიათ შემთხვევაში. რეალურ პირობებში რკინის ოქსიდის ფენა რთული პროდუქტია, განიცდის მუდმივ ცვალებადობას. მაღალი სისუფთავის რკინა მშრალ და სუფთა ატმოსფერულ პირობებში არ განიცდის ოქსიდაციას (მაგ. ცნობილი რკინის სვეტი ქ. დელიში).

თანამედროვე აგრესიული ატმოსფეროს პირობებში რკინა არამდგრადია, კოროდირებს და იშლება. განსაკუთრებით მოქმედებს ქლორშემცველი მარილები, წარმოიქმნება რკინის ქლორიდები (FeCl_2 , FeCl_3), რომლებიც იერთებენ წყალს და ქმნიან არასტაბილურ ნაერთებს.

2. რკინის კოროზია გრუნტში. არქეოლოგიური რკინა გამოირჩევა სხვადასხვა ზედაპირული კოროზიის პროდუქტებით, რომლებიც ხასიათდებიან განსაკუთრებული სახით, ფერით და მექანიკური თვისებებით: ლიმონიტი – ფხვნილისმაგვარი მოყვითალო-მოყავისფრო ფერის ჰიდრატირებული ოქსიდი ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$); რკინის სულფატი (ფხვნილის სახით), თეთრი ან ვარდისფერი ტონალობით ($\text{FeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$); ვივიენიტი, რკინის ფოსფატი, მოლურჯო ფერის მკვრივი მასის სახით ($\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2$), რომელიც მჭიდროდ ეკვრის ნივთის ზედაპირს და იცავს შემდგომი დაშლისაგან. გრუნტის ტენიანობის მიხედვით იცვლება რკინის კოროზიის პროდუქტების სახე და ქიმიური შედგენილობა (მაღალი ტენიანობის პირობებში მცირდება ჟანგბადის შეღწევა და რკინა შედარებით ნაკლებად განიცდის ოქსიდაციას). რთული გრუნტის შემთხვევაში, გაზრდილია პროცესის ქიმიური მიმოცვლის მოვლენები, რკინის ნივთი იშვიათად ინახება მთლიანი ლითონური სახით.

4.1.3 სპილენძის შენადნობთა კოროზია

სპილენძის და მისი შენადნობებისათვის ტიპურია კოროზიის სამი სახე: ატმოსფერული, გრუნტის კოროზია და ბრინჯაოს “დაავადება”.

1. სპილენძის შენადნობთა ატმოსფერული კოროზია. ატმოსფერულ პირობებში სპილენძი და მისი შენადნობები იფარებიან კოროზიის პროდუქტების თხელი, თანაბარი ფენით. პროცესი თვითქრებადია და წარმოქმნილი კოროზიის პროდუქტები იცავენ მეტალს შემდგომი გარეგანი მოქმედებისაგან.

დამცავი აფსკის წარმოქმნის მექანიზმი შედგება ორი სტადიისაგან: პირველ ეტაპზე წარმოქმნილი ფენა შეიცავს ოქსიდთა ნარევს და სუფთა სპილენძის ზეჟანგს. მისი მიღების დრო განისაზღვრება რამოდენიმე თვიდან – წლების ჩათვლით. დროთა განმავლობაში ფენა იხვეწება და ღებულობს სპილენძის შენად-

ნობისთვის დამახასიათებელ ყავისფერს, რომელიც შემდეგ მუქდება და გადადის შავ ტონალობაში. გარკვეული სისქის მიღწევის შემდეგ, პირველ ფენაზე წარმოიქმნება მეორე, მწვანე, ღურჯი ან რთული სპექტრის შეფერილობის ფენა. სპილენძის შენადნობის ზედაპირზე წარმოიქმნება, გარკვეული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების და სხვადასხვა ფერთა ტონალობის მქონე დამცავ ფენას ეწოდება “პატინა”. პატინის დამცავი თვისებები და შეფერილობა დამოკიდებულია ლითონზე მოქმედი ატმოსფეროს შედგენილობაზე და მოქმედების დროზე, ასევე სპილენძის შენადნობის ქიმიურ ნაწილზე და დამუშავების ხარისხზე.

ყველა ატმოსფერული “პატინა” შედგება სპილენძის ოქსიდებისაგან: შავი ფერის სპილენძის (II) ოქსიდი (CuO), მოწითალო - ყავისფერი ტონალობის სპილენძის (I) ოქსიდი (Cu_2O); მწვანე, ღურჯი, ცისფერი ტონალობის სპილენძის სხვადასხვა მინერალისაგან – ბრომანტიტი ($\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$), ანტლერიტი ($\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{Cu}(\text{OH})_2$); სულფატებისაგან, სხვადასხვა რაოდენობის კრისტალიზაციური წყლით ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), სპილენძის კარბო-ნატებისაგან (მალაქიტი – $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, აზურიტე – $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$), ქლორიდებისაგან (ატაკამიტი – $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$), ქლორიანი სპილენძი – CuCl_2 , ჰიდრატირებული ქლორიანი სპილენძი – $\text{CuCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$). პატინაში არსებული სპილენძის ყველა ოქსიდი და მარილი წყალში უხსნადია, არაჰიგროსკოპულია, ნეიტრალურია ლითონური სპილენძის მიმართ და ამდენად პატინა ქმნის ლითონის ზედაპირის დამცველ ფენას (გამონაკლისია სპილენძის ქლორიდი).

2. სპილენძისა და მისი შენადნობების კოროზია გრუნტში. არქეოლოგიური სპილენძის და მისი შენადნობების კოროზიის შედეგად შექმნილი პროდუქტი რთული ქიმიური შედგენილობისა და სტრუქტურისაა. წარმოდგენილია სპილენძის ოქსიდებით და მარილებით. ძირითადი მაღეგირებული კომპონენტის კალის ოქსიდს შეიცავს მცირე რაოდენობით. შენადნობში არსებული მინარევი ელემენტების კოროზიის პროდუქტები ბრინჯაოს ნივთის ზედაპირზე არ წარმოიქმნება. შექმნილი კოროზიული ფენები რამდენიმეა და კარგად გამოიყოფიან ერთმანეთისაგან.

კოროზიული დანაფენის გარე შრეზე ვხვდებით ნახშირმჟავა სპილენძის მარილებს: მალაქიტს ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) და აზურიტს ($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$), ცისფერი ტონალობის, არაერთგვაროვანი, აბურცული სახის მასას. კოროზიული პროდუქტების ზედა შრეზე აგრეთვე შესამჩნევია სპილენძის ქლორიდის შემცველი მარილი

ატაკამიტი ($\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$), ღია მწვანე ტონალობის ლაქების სახით. ბრინჯაოს კოროდირებული ფენის ზედა შრე მდგრადია და გარემო პირობების შეცვლით არ იშლება.

კოროზიის დანაფენის შემდეგი შრე, რომელიც უშუალოდ ეკვრის ლითონის მასას, წარმოადგენს კუპრიტს (Cu_2O), მოწითალო – მოყავისფრო ტონალობის მკვრივ და მყიფე ფენას. მასში ვხვდებით სპილენძის ოქსიდის (CuO) შავი ფერის ჩანარებებსაც. იშვიათად კუპრიტი ნივთის ზედაპირზე ქმნის მთლიან ფენას. კუპრიტის შრის ქვეშ შეიძლება წარმოიქმნეს ელექტროქიმიური კოროზიის პროცესის დროს, სპილენძის მარილებიდან მიღებული მეორადი ალდგენის სპილენძის ფენა, რომელიც ქმნის ლითონის ცრუ ბირთვის წარმოდგენით სახეს. მეორადი სპილენძის ფენასა და ლითონის ზედაპირს შორის განლაგებულია აქტიური არასტაბილური ქლორიანი სპილენძი (CuCl_2), რომელიც ტენთან ურთიერთობისას ოქსიდირებს და ქმნის კვლავ ატაკამიტს. ამასთან ერთად რეაქციაში შედის შერჩენილი სპილენძის ახალი მასა და გრძელდება ლითონის ბირთვის კოროზიის პროცესი. კალიანი ბრინჯაოს სხმულის შემთხვევაში კოროზიულ ფენაში გამოიყოფა ამ ელემენტის (IV) ოქსიდი კასეტერიტის (SnO_2) სახით.

ამგვარად, სპილენძის შენადნობების გრუნტის კოროზიის შემთხვევაში, დამახასიათებელია ნივთის ზედაპირზე ფენოვანი კოროდირებული დანალექის წარმოქმნა. კოროდირებული ფენის სისქე ნივთში შეიძლება იცვლებოდეს მილიმეტრიდან ვიდრე მთლიანად მინერალიზებული დაშლილი ლითონის ბირთვის მქონე ექსპონატამდე.

იშვიათად არქეოლოგიური ბრინჯაოს ზედაპირი დაფარულია მკვრივი, მომწვანო – მოცისფრო ტონალობის “კეთილშობილი პატინით”. მისი წარმოქმნა შეიძლება დაუკავშირდეს ლითონის ზედაპირის დამუშავების მაღალ ხარისხს.

3. ბრინჯაოს „დაავადება“. არქეოლოგიური სპილენძის შენადნობთა კოროზიული დაშლის განსაკუთრებულ შემთხვევას წარმოადგენს “ბრინჯაოს დაავადება”. ის შეიძლება წარმოიშვას ეთნოგრაფიულ ლითონზეც. დაავადების პირველი ნიშანია ნივთზე ღია მწვანე შეფერილობის ფხვიერი ლაქების წარმოქმნა. მათი პიგროსკოპულობის გამო “ბრინჯაოს დაავადების” კერებზე იკრიბება ტენის წვეთები, ლაქები ფართოვდება და ლითონის დაშლა მიმდინარეობს ნივთის მასის სიღრმეში. დაავადება წარმოიქმნება გაზრდილი ტენიანობის და ლითონის კოროზი-

ის აქტივიზაციის პირობებში (ქლორიდები და ქლორიანი სპილენძი). რეციდიული კოროზია შეიძლება დაიწყოს მუავების ორთქლის მოქმედებითაც.

4.1.4 ვერცხლის და მისი შენადნობების კოროზია

1. **ვერცხლის ატმოსფერული კოროზია.** მშრალ ჰაერზე, აგრესიული რეაგენტების მოქმედების გარეშე ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე ვერცხლი იფარება 10-12 Å სისქის ოქსიდის ფენით. ტემპერატურის გაზრდისას ვერცხლის ოქსიდის ფენა აღწევს 100-200 Å-ს. სუფთა ატმოსფერულ პირობებში ვერცხლის ზედაპირზე შექმნილი უფერო პასიური ოქსიდის ფენა არ ცვლის ნივთის გარეგნულ სახეს.

ვერცხლი უფერულდება ჰაერზე მავნე რეაგენტების მოქმედებით. გოგირდ-წყალბადი (H_2S) იწვევს ოქსიდირებული ვერცხლის ზედაპირის გამუქებას ვერცხლის სულფიდის (Ag_2S) წარმოქმნით. ფერის ცვალებადობა შესამჩნევი ხდება როდესაც ოქსიდაციის ფენის სისქე აღწევს 400 Å-ს და იცვლება ყვითელი ტონალობიდან მოყავისფრო – შავ შეფერილობამდე. თუ ტენიან ატმოსფეროში გახსნილია გოგირდის (IV) ოქსიდი (SO_2), ვერცხლის ზედაპირზე დამატებით წარმოიქმნება ფხვიერი სახის ვერცხლის სულფატი. ვერცხლის ნაკეთობებზე მოქმედებს ქლორი, იწვევს მის გაუფერულებას თეთრი ფერის ვერცხლის ქლორიდის ($AgCl$) წარმოქმნით. დაბალი სინჯის ვერცხლის შემთხვევაში მისი ზედაპირის გამუქება მიმდინარეობს მასში არსებული არაკეთილშობილ ელემენტთა სულფიდების წარმოქმნის მექანიზმით. ატმოსფერულ კოროზიას ექვემდებარება მოოქროვილი ვერცხლიც, დაფარული ოქროს ფენის მთლიანობის დარღვევის შემთხვევაში.

2. **ვერცხლის გრუნტის კოროზია.** არქეოლოგიური ვერცხლისათვის დამახასიათებელია სიმეიფე. “სიბერის” პროცესის ეს სახე განპირობებულია ლითონში მიმდინარე კრისტალთშორისი კოროზიით, როდესაც ლითონის მარცვლის საზღვარზე ჩნდება (გროვდება) ქლორის სხვადასხვა შენაერთები. მარცვალთშორისი სივრცე მდიდრდება ვერცხლის და მისი ლეგირების ელემენტების ნაერთებით. ამგვარი კოროზიის ძირითადი პროდუქტია ვერცხლის ქლორიდი (“რქოვანი” ვერცხლი), რუხი ფერის რბილი ნივთიერება, ხშირად იისფერი ტონალობის ფხვიერი მასის სახით.

თუ ვერცხლში ან ვერცხლის შენადნობში 20%-ზე მეტი სპილენძია, ლითონის ზედაპირი იფარება სპილენძის შენადნობისათვის დამახასიათებელი კოროზიის პროდუქტებით.

4.2. ლითონის ნაკეთობათა სარესტავრაციო გამოკვლევა

ექსპონატის დამუშავებამდე მას უტარდება სარესტავრაციო გამოკვლევა. განისაზღვრება: ლითონის ან შენადნობის ქიმიური შედგენილობა, ლითონური ბირთვის მასის რაოდენობა, კოროზირებული ფენის სისქე, აქტიური კოროზიის კერების მდგომარეობა, ნივთის საერთო დაცულობის ხარისხი. ირკვევა დამზადების ტექნოლოგიური სქემა, შემადგენელი ნაწილების შეერთების სახე (ჭედვა, დამოქლონება, რჩილვა და სხვა), ნივთის შესაძლო გადაკეთების პირობები, სრული ხელოვნებათმცოდნეობითი, ნივთმცოდნეობითი და ისტორიული ანალიზი. განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ნივთის მასაში არსებული ლითონების (ელემენტების) დადგენას.

1. სპილენძის განსაზღვრა. გასუფთავებული ლითონის ზედაპირზე დაიტანება აზოტმჟავის და წყლის (1:1 შეფარდებით) განზავებული ხსნარის წვეთი. რამოდენიმე წამის შემდეგ დაწყებული აირგამოყოფის პროცესის პირობებში, სითხეს იღებენ ფილტრის ქაღალდით და თავსებენ კონცენტრირებული ამიაკით შევსებული კოლბის თავზე. შენადნობში სპილენძის არსებობის შემთხვევაში, ლაქა ფილტრის ქაღალდზე მუქი ლურჯი ტონალობით შეიფერება.

2. ბრინჯაოს და თითბერის განსაზღვრა. ბრინჯაოს თითბერისაგან განსხვავების მიზნით გამოიყენება შემდეგი მეთოდი: შენადნობის 0.05 გრ. სინჯი (ბურბუშელის ან ნაქლიბის სახით) თავსდება მენზურაში, რომელსაც ემატება 1:1 პროპორციის 10 მლ აზოტმჟავის წყალხსნარი და იხურება სასაგნე მინით. სინჯის ძირითადი ნაწილის გახსნის შემდეგ, ხსნარი ცხელდება ადუღებამდე, 30წთ.-ის დუდილის განმავლობაში. კალიანი ბრინჯაოს შენადნობის შემთხვევაში ფსკერზე მიიღება თეთრი ნალექი, თითბერის სინჯისას კი ხსნარი რჩება გამჭვირვალე.

3. ნიკელის განსაზღვრა. ლითონის ზედაპირზე თავსდება 1:1 პროპორციის განზავებული აზოტმჟავის წვეთი. 10–15 წმ-ის დაყოვნების შემდეგ, წვეთი მოიხსნება ფილტრის ქაღალდით და თავსდება კონცენტრირებული ამიაკის ორთქლზე, მუქი-ლურჯი შეფერილობის მიღებამდე. დამატებით, 1%-იანი დიმეთილგლიოკსიდის სპირტხსნარის დატანით, ნიკელის აღმოჩენის შემთხვევაში ლურჯი ლაქა შეიღებება (მიიღებს) წითელ ფერში.

4. კალის განსაზღვრა. საკვლევ ლითონზე დაიტანება 1:3 პროპორციის კონცენტრირებული გოგირდმჟავის და წყლის ნაზავის და მაღალი კონცენტრაციის გოგირდმჟავის, 1:1 პროპორციის ნარევის ერთი წვეთი. რამოდენიმე წუთის შემდეგ

წარმოქმნილი, შავი ფერის წრეში მოთავსებული, მოყვითალო – მოყავისფრო ტონალობის ლაქა შენადნობში კალის შემცველობის მაჩვენებელია.

5. ტყვიის განსაზღვრა. ლითონის ზედაპირზე თავსდება ქრომის მუავის კრისტალები, რომლებზეც ემატება ძმარმუავის ხსნარის წვეთი. ერთი წუთი დაყოვნების შემდეგ, კიდევ ემატება წყლის წვეთი. ტყვიის აღმოჩენის შემთხვევაში წარმოიქმნება ყვითელი შეფერილობის ტყვიის ქრომატის ნალექი.

6. დაბალი სინჯის ოქროს შენადნობის განსაზღვრა. სპილენძის შენადნობები ხშირად ფერით და ფაქტურით გავს ოქროს შენადნობებს, რომლებიც ადვილად გამოიცნობა სპილენძის განსაზღვრის მეთოდით. თუ 1:1 პროპორციით განზავებული აზოტმუავის ხსნარი არ რეაგირებს ლითონზე, ის ოქროს შეიცავს 25%-ზე მეტი რაოდენობით.

7. ვერცხლის განსაზღვრა. ვერცხლის შენადნობის ზედაპირზე თავსდება კომპლექსური შედგენილობის (4მლ გოგირდმუავა + 3 გრ ორქრომმუავა კალიუმი + 30 მლ წყალი) ხსნარის წვეთი. ხარისხის ზრდის მიხედვით (ვერცხლის სინჯის შესაბამისად) ხსნარი ინტენსიურად იღებება წითელ ტონალობაში.

დაბალი სინჯის ვერცხლის შემთხვევაში, ვერცხლის არსებობა დასტურდება ლითონის ზედაპირზე თანამიმდევრობით აზოტმუავისა და მარილმუავის მოქმედებით. წარმოიქმნება ამიაკში ხსნადი ქლორიანი ვერცხლის თეთრი ნალექი.

8. რკინის განსაზღვრა. გაცხელებულ მარილმუავაში რკინა ყვითლად ღებავს ხსნარს. მარტივად რკინის განსაზღვრა ხდება მაგნიტის საშუალებით, იმ პირობით, რომ მაგნიტურ თვისებებს შეიძლება ამჟღავნებდეს სხვა ლითონებიც, თუ ისინი შეიცავენ დამოუკიდებელი ფაზური სახით გამოყოფილი რკინის გარკვეულ რაოდენობას.

4.3. ლითონის ნაკეთობათა წმენდის საერთო მეთოდები

ნაკეთობის წმენდა ორგანული ნადებებისაგან და კოროდირებული ფენისაგან, რესტავრაციის ძირითად საპასუხისმგებლო ოპერაციას წარმოადგენს. მის წარმატებით ჩატარებაზე დიდად არის დამოკიდებული ნივთის გარეგნული სახის შენარჩუნების და შემდგომი შენახვის პრობლემა. ყველა შემთხვევაში, ლითონის ზედაპირზე არსებული ნადების შენარჩუნება, არ ნიშნავს მისი ორიგინალობის დასაბუთებას. წმენდის დროს საჭიროა დადგინდეს, რომ დანალექ მასასთან ერთად

არ იშლება პატინა, გრაფირების და დეკორატიული დამუშავების კვალი, ინკრუსტაცია ან მოოქვრა – მოვერცხლის ფენა.

არქეოლოგიური ბრინჯაოს წმენდისას, გასათვალისწინებელია პროცესის შეუქცევადობა. საუკუნეების მანძილზე შექმნილი ბუნებრივი “სიბერის” ნაშთი შეუძლებელია მივიღოთ ხელოვნურად. დანალექ მასასთან ერთად ნივთი შეიძლება შედებილი იყოს რამოდენიმე ფენად, რომელიც ფარავს ზედაპირის რელიეფს. ასეთი ნივთის წმენდა ხდება მექანიკური და ქიმიურ – მექანიკური მოქმედებით.

4.3.1 მექანიკური დამუშავება

მექანიკური წმენდის პროცესი გამოიყენება ლითონის ნაკეთობათა რესტავრაციის სხვადასხვა ეტაპზე. ის შეიძლება ძირითადი იყოს, თუ ნივთზე შენარჩუნებულია მთლიანი პატინა და არ არსებობს კოროზიის აქტიური კერები. მექანიკური წმენდის მეთოდი დამხმარე პროცესია ქიმიური, ელექტროქიმიური და ელექტროლიტური დამუშავებისას.

ჯაგრისის და წყლის საშუალებით პირველ რიგში ნივთიდან იხსნება ფხვიერი, ფენოვანი დანალექი მასა, რაც გარკვეულად ათავისუფლებს კოროზირებული ზედაპირის ქვედა ფენას შემდგომი დამუშავებისათვის. არქეოლოგიური ლითონისათვის შეიძლება რამოდენიმე კოროზირებული ფენის მოხსნაც, თუ ისინი მჭიდროდ არ უკავშირდებიან ლითონურ ბირთვს. ეთნოგრაფიული მასალის შემთხვევაში კი მიმდინარეობს ატმოსფერული კოროზიის აფსკის მოცილების და ლითონის ზედაპირის ფერის გაერთგვაროვნების პროცესი.

მექანიკური მართვის დროს იყენებენ ხის ან ტექსტოლიტის ჩაქუჩებს, რომლებიც ლითონის ზედაპირზე არ ტოვებენ დამუშავების კვალს. ლითონის დეტალის გასწორება მიმდინარეობს ტემპერატურული მოწვის შემდეგ, მასალის პლასტიკურობის გაზრდის პრინციპით. დეტალის მთლიანობაში შენარჩუნების მიზნით, მოწმდება ლითონის მასის გამოჭიმვის ხარისხი. დეფორმაცია მიმდინარეობს ტყვიის ფურცელზე ან ხის სადებზე.

4.3.2 ელექტროქიმიური წმენდა

ელექტროქიმიური დამუშავება ხორციელდება კოროზიის პროდუქტების კათოდური მოცილებით, გარეგანი დენის წყაროს გარეშე. ამისათვის მზადდება ელექტროქიმიური სისტემა, გასასუფთავებელი ლითონით, მასზე დადებითი ელექტროპოტენციალის მქონე მეორადი ლითონით და ელექტროლიტით. მიმდინარეობს

ლითონის ზედაპირის რბილი, ერთგვაროვანი დამუშავება, ნივთის დაზიანების ნაკლები საფრთხის ქვეშ. ანოდური ლითონებია – თუთია ან ალუმინი, ფხვნილის, ბურბუშელის ან გრანულირებული ბურთულების სახით. ელექტროლიტად გამოიყენება 5%-იანი ნატრიუმის ტუტის (NaOH) ან 10%-იანი გოგირდმჟავის ხსნარი.

დასამუშავებელი ლითონის ნივთი თავსდება თერმულად მდგრად ჭურჭელში, ემატება ანოდური ლითონი და ესხმება ელექტროლიტი. სქელი კოროზირებული ფენის შემთხვევაში, პროცესის დაჩქარებისათვის ნივთის ზედაპირის ნაწილი თავისუფლდება კოროზიის პროდუქტებისაგან, ლითონის ბირთვთან მყარი კონტაქტის შექმნის მიზნით. გარკვეული დროის შემდეგ პროცესის გააქტიურება – დაჩქარებისათვის იცვლება ელექტროლიტი.

ელექტროლიტური წმენდის პროცესი მიმდინარეობს ციკლური დამუშავებით. რამოდენიმე ციკლის საჭიროების შემთხვევაში, პერიოდულად იცვლება ანოდური ლითონიც და ელექტროლიტიც. პროცესის დროს არ შეიძლება დასამუშავებელი ლითონის ზედაპირზე დარჩეს კოროზიის პროდუქტები, მათში არსებული აქტიური ქლორის ნაერთების სრულად მოშორების მიზნით. ელექტროქიმიური დამუშავებას ლითონის ზედაპირი ქიმიურად მეტად აქტიურია, წმენდის პროცესის დამთავრების შემდეგ გასუფთავებული ნივთი დაუყოვნებლივ ირეცხება წყლის ჭავლით.

4.3.3 ელექტროლიტური წმენდა

ელექტროლიტური წმენდის მეთოდი უნივერსალურია. ის გამოიყენება სხვადასხვა ლითონებისათვის და იდეალურად ამუშავებს ლითონის ნაკეთობის ზედაპირს კოროზიის პროდუქტებისაგან. ელექტროლიტური წმენდის პროცესის არსებითი კომპონენტებია: მუდმივი დენის უარყოფით პოლუსთან შეერთებული დასამუშავებელი ლითონი, ელექტროლიტის აბაზანა და დადებითად დამუხტული ელექტროდი. დენის გავლისას კათოდზე (გასაწმენდ ნივთზე) მიმდინარეობს აღდგენითი პროცესი, იშლება ნივთის ზედაპირზე არსებული დანალექი ფენა. პროცესში გამოყოფილი მოლეკულარული წყალბადის მოქმედებით ლითონის ზედაპირს ცილდება კოროზიული პროდუქტების დაშლილი ნაწილი. ელექტროლიტური დამუშავების პროცესისათვის საჭირო დენის სიმკვრივე იცვლება ელექტროლიტის წინააღმდეგობის, დასამუშავებელი ობიექტის ფართის და კოროზიის პროდუქტების ელექტროლიტური წინააღმდეგობის შესაბამისად.

დამატებით ელექტროდად (ანოდად) გამოიყენება უჟანგავი ფოლადი. თუ აბაზანა დამზადებულია უჟანგავი ფოლადისაგან, თვით ის ასრულებს ანოდის

როლს. დასამუშავებელი ნივთი ჩაშვებულია ელექტროლიტში. პატარა ზომის ერთგვაროვანი ქიმიური შედგენილობის რამოდენიმე ნივთი შეიძლება ელექტროლიტში მოთავსდეს ლითონის ბადით, რომელიც უერთდება დენის წყაროს უაროფით პოლუსს. ელექტროლიტური წმენდის პროცესის ხანგრძლივობა პირველ რიგში დამოკიდებულია კოროზიული პროდუქტების რაოდენობაზე (კოროზიის ხარისხზე). პროცესის დაჩქარებისათვის ელექტროლიტური წმენდა პერიოდულად იცვლება მექანიკურით, მიმდინარეობს აგრეთვე ელექტრული წრედის კონტაქტების გასუფთავება. ტუტის ელექტროლიტის კონცენტრაცია დასაშვებია 1%-დან – 10%-მდე. ელექტროლიტური წმენდა განსაკუთრებით ეფექტურია სარესტავრაციო ნივთის ზედაპირზე ქლორის ნაერთების არსებობის შემთხვევაში. რეკომენდებულია დენის სიმკვრივე 10 ა/დმ².

ელექტროქიმიური და ელექტროლიტური წმენდის შემდეგ ლითონის ზედაპირი მიკროფოროვანია, ის შეიცავს რეაქტივების ნარჩენებს და კოროზიის აქტივატორებს. მიზანშეწონილია ასეთი ნივთის ზედაპირის გამდინარე წყლით რეცხვა. გამდინარე წყლით აქტიური რეცხვის პროცესი ბოლომდე ვერ ათავისუფლებს ლითონს მიკროხვრელებში მოხვედრილი კაპილარული ძალით გამაგრებული ნარჩენებისაგან. ამის გადასაღახავად საჭიროა გაწმენდილი ნივთი დაექვემდებაროს გამოხდილ წყალში მრავალჯერად ხურება – გაცივების პროცედურას. პერიოდულად გამოხდილი წყლის ცვლით და გახურება – გაცივების აქტიური პროცესით ლითონი პრაქტიკულად თავისუფლდება ქლოროვანი ნაერთებისაგან. რეცხვის აღნიშნული მეთოდი გამოსადეგია ყველა ლითონებისათვის (გამონაკლისია ტყვია) რომლის ცხელ წყალში დამუშავებისას ზედაპირზე წარმოიქმნება თეთრი ფერის ტყვიის (II) ჰიდროქსიდის აფსკი.

რეცხვის შემდეგ ნივთის წმენდის ხარისხი მოწმდება ინდიკატორით (დამუშავებული ნივთის ლითონის ზედაპირზე მოთავსებული ინდიკატორი ფერს არ იცვლის). დამატებით მოწმდება რეცხვის პროცესის წყლის უკანასკნელი ულუფა (10მლ ნარეცხ წყალს ემატება აზოტმჟავის რამოდენიმე წვეთი და 1%-იანი ვერცხლის ნიტრატის ხსნარის მცირე დოზა. წყალში ქლორიდების არსებობისას ის მიიღებს მუქ შეფერილობას უხსნადი ვერცხლის ქლორიდის წარმოქმნის გამო. ექსპონატის რეცხვა გრძელდება წყალში ქლორიდების მოსპობამდე.

4.3.4 ინჰიბიტორები და ლითონის ნაკეთობათა დაცვა

ინჰიბიტორები წარმოადგენენ ქიმიურ ნაერთებს, რომლებიც ანელებენ ან სრულიად აჩერებენ კოროზიის პროცესს. მათი კონცენტრაცია კოროზიის არეში უმნიშვნელოა. ლითონის ნივთის გაწმენდის შემდეგ საჭიროა მათი ანტიკოროზიული დამუშავება, რომელიც სრულდება ინჰიბიტორების საშუალებით. ასეთი იზოლაციისას ლითონის ზედაპირზე დაიტანება ინჰიბიტორის თხელი ფენა, რომელიც არ ცვლის ნივთის გარეგნულ სახეს და არ მოქმედებს ზედაპირის ოპტიკურ მახასიათებლებზე.

ექსპონატის ზედაპირზე დამცველი ფენის სახით გამოიყენება სხვადასხვა აფსკწარმოქმნილი პოლიმერები (პოლიბუთილმეტაკრილატი, პოლივინილ-ბუთირალი, პოლივინილაცეტატი), ნიტრატცელულოზის ლაქი, სინთეზური ცვილი და სხვა. სამუზეუმო პრაქტიკაში ფართოდ დაინერგა ინჰიბიტორები ბენზოტრიაზოლის შემცველობით, რომელიც პოლიმერებში იხსნება 0.05–0.1%-ის ოდენობით (0.1–0.5% ტრიაზოლის სპირტხსნარი ლითონის ზედაპირზე ქმნის დროებით დამცველ ფენას, 1–2 წლის ხანგრძლივობით), კარგ დამცავ საშუალებას წარმოადგენს ცვილის და ბენზოტრიაზოლის ნარევიც.

ინჰიბიტორების დამცველი მექანიზმი აიხსნება ლითონის ზედაპირზე მოქმედებით. ლითონზე დატანით მიმდინარეობს აბსორბცია, კლერულობს ან ქრება ლითონის და ჟანგბადის იონიზაციის პროცესი ან ჩერდება ლითონის კოროზია. გამოიყენება ინჰიბიტორები შავი და ფერადი ლითონებისათვის, არსებობს აგრეთვე უნივერსალური მოქმედების ინჰიბიტორები (დამცავი ანტიკოროზიული მექანიზმის ერთდროული მოქმედებით, შავი და ფერადი ლითონების კომბინაციისათვის).

შავი და ფერადი ლითონების ნაკეთობათა დაცვა კოროზიისაგან განსაკუთრებით აქტიურად ტარდება მათი რეცხვის და წმენდის პროცესში ან მის შემდეგ. ნივთის რეცხვისას კოროზიულად აქტიურია ბუნებრივ წყალში გახსნილი სიხისტის მარილები, ქლორიდების და სულფატების არსებობა. მათი კონცენტრაცია შეიძლება იცვლებოდეს 50–500 მგ/ლ საზღვრებში.

ლითონის ნაკეთობის წმენდის პროცესში, მჟავა ხსნარების შემთხვევაში, კარგ დამცავ საშუალებას წარმოადგენენ ორგანული ინჰიბიტორები, რომლებიც ლითონის ზედაპირის მჟავებით დამუშავების შემდეგ აჩერებენ მისი შემდგომი გახსნის პროცესს. წარმატებით გამოიყენება პოლიბუტადიენის რამდენიმე შედგენილობის ინჰიბიტორი. ლითონის ნივთების ატმოსფერული კოროზიისაგან დაცვის მიზნით

გამოიყენება კონტაქტური და ამქროლადი ინჰიბიტორები. ლაბორატორიული სარესტავრაციო პრაქტიკისათვის შემუშავებულია რამოდენიმე მეთოდი: 1. ინჰიბიტორის დატანა ნივთზე წყალხსნარის ან ორგანული გამხსნელის გამოყენებით; 2. ინჰიბიტორის სუბლიმაცია ლითონის ნივთის ზედაპირზე გაჯერებული ორთქლის საშუალებით; 3. ლითონის ზედაპირზე ინჰიბიტორის შემცველი პოლიმერული ფენის დატანა; 4. ნივთის შეფუთვა ინჰიბიტორულ ქაღალდში. ინჰიბიტორული დამუშავების ყველა სახე, ნივთს იცავს კოროზიისაგან, როგორც მუზეუმის ვიტრინებსა და ფონდებში, ისე მისი გადაადგილების დროს.

4.4. სპილენძი და მისი შენადნობები

სპილენძი მოწითალო ფერის ლითონია, ატომური წონა – 63.55; სიმკვრივე – 8.93 გ/სმ³; სისაღე – 35 კგ/მმ²; დნობის ტემპერატურა – 1083⁰C. სუფთა სპილენძი ბლანტი, რბილი და პლასტიკურია; კარგად იხეხება და პრიალდება, მუშავდება ცივ და ცხელ მდგომარეობაში (ჭედვით, ჭედურობით, გლინვით, ტვიფვით, ადიდვით და სხვა). ბუნებაში გვხვდება თვითნაბადი სახით, ძირითადად სხვადასხვა მინერალების შედგენილობაში. სპილენძის თვითნაბადი მინერალი (Cu + Fe, Ag, Au, As და სხვა) გამოირჩევა ლითონური სპილენძის თვისებებით.

სპილენძი წარმოადგენს ბევრი ცნობილი შენადნობის ფუძეს. ისტორიულად სპილენძის შენადნობები დარიშხნის, კალის, ანთიმონის, ტყვიის, ნიკელის ბუნებრივი (მადნისეული) და ხელოვნური დამატებით გამოიყენებოდა ბრინჯაოს წარმოებაში. აღნიშნული ელემენტები (გამონაკლისია ტყვია) სპილენძთან ქმნიან შემდეგი ხსნადობის ჩანაცვლების მყარ ხსნარებს: Sn (15.8%), Zn (39%), Ni (განუსაზღვრელი – 100%), Pb (არ იხსნება, წარმოქმნის დაბალმდნად ევტექტიკას, იწვევს ცხელტეხადობას). ლეგირებით უმჯობესდება სპილენძის ფიზიკური, მექანიკური და ტექნოლოგიური მახასიათებლები. ბრინჯაოს დნობის ტემპერატურა, მალეგირებელი ელემენტის კონცენტრაციისა და მარტივი თუ რთული ლიგატურისაგან დამოკიდებულებით, გაცილებით დაბალია სპილენძის დნობის ტემპერატურაზე. არქეოლოგიური და ეთნოგრაფიული ბრინჯაო რთული ქიმიური შედგენილობით გამოირჩევა. ძირითადი მალეგირებელი ელემენტის რაოდენობის მიხედვით იცვლება ბრინჯაოს ფერის ტონალობა. კალიანი ბრინჯაოსთვის ცნობილია შემდეგი შეფერილობის შენადნობები (კალის პროცენტული შემცველობის მიხედვით):

1. ვარდისფერი – 1.5% Sn; 2. ნარინჯი – 5-10% Sn; 3. ყვითელი 15% Sn; 4. ოქროსფერი – 25% Sn; 5. რუხი-ცისფერი – 30% Sn; 6. თეთრი – 35% Sn; 7. ღია-რუხი – 50% Sn.

მოცემული ტონალობის ბრინჯაოს შეფერილობა რამდენადმე იცვლება მეორე ან მესამე კომპონენტის დამატებით (მთელი პროცენტის ოდენობით). ისტორიულად ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ბრინჯაო იყოფა რამოდენიმე დანიშნულების შენადნობად: 1. სამონეტო (3-5% Sn, 1% Zn), 2. საზარბაზნე (10% Sn), 3. ზარების ბრინჯაო (20% Sn) და 4. სასარკე (30% Sn).

სპილენძის შენადნობი თუთიასთან, სხვა ელემენტების დამატებით წარმოადგენს თითბერს და ტომპაკს. თითბერის შეფერილობა იცვლება ძირითადი მალე-გირებელი ელემენტის, თუთიის შემცველობის შესაბამისად: 1. წითელი – 5% Zn; 2. მოყვითალო-წითელი – 10% Zn; 3. ღია ყვითელი – 25% Zn; 4. ბზინვარე ყვითელი – 35% Zn; 5. მოვერცხლისფრო-თეთრი – 50% Zn.

თითბერი 10% Zn-ის შემცველობით ცნობილია “ტომპაკის” სახელწოდებით, 20% Zn-ის შემცველობით – “ნახევარტომპაკის” მარკით. თითბერი, ბრინჯაოსთან შედარებით, ხასიათდება ნაკლები სისაღით, სიმკვრივით და ქიმიური მდგრადობით. ექვემდებარება პლასტიკურ დეფორმაციას, მუშავდება წნევით, ჭრით. საიუველირო წარმოებაში სპილენძი ძირითადად გამოიყენება ფილიგრანული სამკაულის დასამზადებლად, აგრეთვე როგორც ძვირფას ლითონთა შენადნობების წამყვანი კომპონენტი. სპილენძის ფუძეზე მიღებული თანამედროვე შენადნობები გამოიყენება ვერცხლის იმიტაციისათვის:

1. ნეიზილბერი (ალპაკი, არგენტანი = Cu – 65%, Zn – 20%, Ni – 15%; კუთრი წონა 8.45 გ/სმ³, $t_{\text{ღნ}} = 1050^{\circ}\text{C}$). გამოირჩევა პლასტიკურობით, წევადობით, კოროზიამდგრადობით.

2. მელქიორი (Cu – 80%, Ni – 20%; კუთრი წონა – 8.9 გ/სმ³, $t_{\text{ღნ}} = 1170^{\circ}\text{C}$). მუშავდება ჭედურობით, ტვიფრვით და ჭრით, კარგად პრიალდება, გამოირჩევა განსაკუთრებული ტონალობის ვერცხლისფერით.

3. ვერცხლის შემცველი (Cu – 60%, Ni – 10%, Zn – 25%, Sn – 5%). ფიზიკური და მექანიკური თვისებებით ახლოს დგას მელქიორთან.

საიუველირო წარმოებაში სპილენძის შენადნობებს ხშირად იყენებენ ოქროს იმიტაციისათვის. ოქროს შემცველი, სპილენძის შენადნობებია:

1. ოქროს მაღალი იმიტაცია ($\text{Cu} - 90\%$, $\text{Zn} - 10\%$).
2. ოქროს შემცველი I ($\text{Cu} - 77\%$, $\text{Zn} - 23\%$).
3. ოქროს შემცველი II ($\text{Cu} - 84.5\%$, $\text{Zn} - 15\%$, $\text{Al} - 0.5\%$)
4. მოოქრული მათული ($\text{Cu} - 88\%$, $\text{Zn} - 10\%$, $\text{Ni} - 2\%$).
5. ოქროს შემცველი სხმული ნივთებისათვის ($\text{Cu} - 88\%$, $\text{Al} - 10\%$, $\text{Ni} - 2\%$).
6. ოქროს ბრწყინვალე იმიტაცია ($\text{Cu} - 91.6\%$, $\text{Zn} - 0.4\%$, $\text{Ni} - 6\%$, $\text{Ag} - 1.0\%$, $\text{Pt} - 1.0\%$).

ელექტროქიმიური დაძაბულობის რიგში სპილენძი დგას წყალბადის მარჯვნივ, მისი ნორმალური ელექტროლიტური პოტენციალი ახლოა კეთილშობილი ლითონების პოტენციალთან. ამდენად სპილენძის ქიმიური აქტივობა დაბალია. ჟანგბადისა და სხვა დამჟანგველების გარეშე ოთახის ტემპერატურაზე სპილენძი არ იხსნება 80%-იან გოგირდმჟავაში. იხსნება 60%-იან გაცხელებულ გოგირდმჟავაში, აზოტმჟავაში, ჰაერის თანაობისას იხსნება მარილმჟავაში. რეაქციაში შედის ამიაკთან, ამონიუმის ქლორიდთან. სპილენძი მდგრადია ტუტეების მიმართ. სპილენძის შენადნობების ქიმიური თვისებები პრაქტიკულად სპილენძის ანალოგიურია.

სპილენძის (I) ოქსიდი (Cu_2O), კუპრიტი – ცუდად იხსნება ტუტეებში, რეაქციაში შედის მჟავებთან. განზავებულ გოგირდმჟავაში იშლება წითელი ფერის ლითონური სპილენძის (წვრილდისპერსული) წარმონაქმნით; ჭიანჭველმჟავაში იხსნება ნაწილობრივ, იხსნება აგრეთვე ამიაკში და ტრილონ ნ-ში. არ იხსნება ცხელ და ცივ წყალში.

სპილენძის (II) ოქსიდი (CuO) – არ რეაგირებს ტუტეებთან. რეაქციაში შედის მჟავებთან. არ იხსნება ამიაკში, ცხელ და ცივ წყალში.

ნახშირმჟავა სპილენძის ფუძე მარილის მოდიფიკაციები, მალაქიტი ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$) და აზურიტი ($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$) – 200°C ტემპერატურაზე გახურებისას იშლება შავი ფერის სპილენძის (II) ოქსიდად და წყლად. ხსნადია მჟავებში, ნაწილობრივ იხსნება ტუტეებში; ცხელ წყალში დუდილისას იშლება ოქსიდის წარმოქმნით, უხსნადია ცივ წყალში.

გოგირდმჟავა სპილენძის ფუძე მარილი ($\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu(OH)}_2$) – იხსნება მჟავებში, ნახშირმჟავა ამონიუმში, ამიაკში. ტუტეებში გვაძლევს ცისფერ ჰიდრატიზირებულ

ოქსიდს, რომელიც შემდეგ იშლება სპილენძის (II) ოქსიდად, უხსნადია ცივ და ცხელ წყალში.

სპილენძის ქლორიდი (CuCl_2) – ჰიგროსკოპულია და არამდგრადი. იხსნება მარილმჟავაში, გოგირდმჟავაში, ჭიანჭველმჟავაში, ცხელ ტუტეებში, ამიაკში. ცხელ წყალში იხსნება სპილენძის (I) ოქსიდის წარმოქმნით. ცივ წყალში უხსნადია.

სპილენძის შენადნობთა ძირითადი კომპონენტების ოქსიდები და მარილები, სპილენძის ნაერთებთან ერთად წარმოიქმნებიან ლითონის კოროზირებულ ფენაში. ხასიათდებიან მეტნაკლები ქიმიური აქტივობით.

კალის (IV) ოქსიდი (SnO_2) – ქიმიურად მდგრადია. არ რეაგირებს მჟავებთან. კონცენტრირებულ გოგირდმჟავაში გაცხელებისას გადადის ხსნარში. უხსნადია ტუტეებში.

ტყვიის კარბონატი (PbCO_3) – 300°C ტემპერატურის ზევით იშლება ტყვიისა და ნახშირორჟანგის მდგენელებად ($\text{Pb} + \text{CO}_2$). იხსნება მჟავებში, უხსნადია წყალში.

4.4.1 სპილენძის და ბრინჯაოს ნივთების ქიმიური წმენდა

სპილენძის და მისი შენადნობების ქიმიური დამუშავებისას, რეკომენდებულია წმენდის პროცესის მუდმივი კონტროლი, კოროზიის პროდუქტების მოცილების პროცესის რეგულირება. ქიმიური წმენდისას გარკვეული დროის შუალედში ნივთი თავისუფლდება რეაქტივის ხსნარიდან და ირეცხება გამდინარე წყალში. ძნელად-ხსნადი პროდუქტების მოცილება ხელს უწყობს ლითონის მთელ ზედაპირზე ადღენის პროცესების ერთგვაროვან და თანაბარ მიმდინარეობას. ნივთის დამუშავების დროს პერიოდულად იცვლება რეაქტივები და ახლდება ხსნარი, ჩქარდება კოროზიის პროდუქტების დაშლა.

დამუშავება ტრიღონ ნ-ს ხსნარში. კოროზიის პროდუქტები ცილდება სწრაფად და დიდი რაოდენობით 10%-იან ხსნარში გაცხელებით. არქეოლოგიური ბრინჯაოსათვის, კრისტალთშორისი კოროზიის შემთხვევაში, ხსნარში დიდი ხნით დაყოვნებით გროვდება სპილენძის გახსნილი მარილები, ჩერდება ლითონის შემდგომი ადღენის პროცესი. თუ ხსნარი იღებს ლურჯ შეფერვაობას, მასში გაზრდილია დაშლილი კოროზიის პროდუქტების რაოდენობა, ტრიღონ ნ-ს ხსნარი იცვლება ახლით, რეგულირდება კოროზიის პროდუქტების დაშლის მექანიზმი.

დამუშავება ნატრიუმის პექსამეტაფოსფატის ხსნარით. მეტაფოსფატმჟავა-ნატრიუმის მარილის წყალხსნარი იძლევა რბილი წმენდის საშუალებას. გამოიყენება ქიმიური დამუშავების საწყის ეტაპზე. კონცენტრაციის გაზრდით და ტემპერატურის მომატებით ხსნარის აქტივობა მნიშვნელოვანია. ის შლის კოროზიის პროდუქტების მწვანედ შეღებილ ნაწილს და გადაყავს შავი ტონალობის მასაში. რეაქტივი ინჰიბიტორულია და მასში დამუშავების შემდეგ ნივთი ირეცხება მხოლოდ გამოსხივლ წყალში.

დამუშავება სულფამინის მჟავით ($\text{H}_2\text{NSO}_2\text{OH}$). გამოიყენება მჟავის 10%-იანი წყალხსნარი. წმენდის პროცესში ლითონიდან იხსნება ყველა კოროზიული ფენა, დარჩენილი ლითონის ზედაპირი უხსნადია. დამუშავების სიჩქარე იზრდება ტემპერატურის მომატებით. სულფამინის მჟავის ხსნარი კარგად ჩამოირეცხება ლითონის ზედაპირიდან ნეიტრალურ რეაქციამდე და ნივთი ნეიტრალიზაციას არ საჭიროებს.

4.4.2 კოროზიის აქტიური კერების აღმოჩენა და ქიმიური დამუშავება

სპილენძის შენადნობებზე არასტაბილური პროდუქტია სპილენძის ქლორიდი (CuCl_2), რომელიც ლითონურ სპილენძთან წარმოქმნის სპილენძის ქლორიდის ფუძე მარილს, ატაკამიტს ($\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$). რეაქციის შედეგად წარმოიქმნება მარილმჟავა, რომელიც ხელს უწყობს სპილენძის ქლორიდის ახალი ნაწილის (რაოდენობის) მიღებას. რეაქცია მიდის ნივთის საბოლოო დაშლამდე.

არქეოლოგიურ ნივთზე ქლოროვანი სპილენძი თავსდება წითელი ფერის კუპრიტის ქვეშ, ფენების სახით. მთლიანი პატინის შემთხვევაში, როდესაც სპილენძის აქტიური მარილები იზოლირებულია ატმოსფეროს მოქმედებისაგან, ქლოროვანი სპილენძი იმყოფება პასიურ მდგომარეობაში. მექანიკური მოქმედების შედეგად, პატინის მთლიანობის დარღვევა იწვევს კოროზიის პროცესის სწრაფ გააქტიურებას. თუ რესტავრირებულ ნივთზე ბოლომდე არ არის მოცილებული კოროზიის პროდუქტების მცირე ნაწილიც კი, გარემო ტემპერატურის და ტენიანობის ცვალებადობის შემთხვევაში შეიძლება დაიწყოს ნივთზე “ბრინჯაოს დაავადების” კერების წარმოქმნა. ნივთის კონსერვაცია, ამ შემთხვევაში, ვერ დაიცავს მას შემდგომი დაშლისაგან.

ქლოროვანი სპილენძის კერების აღმოსაჩენად გამოიყენება ექსიკატორის ტენიანი კამერა. 100%-იანი ტენიანობის შექმნით, ხდება ნივთის ზედაპირზე დარჩენილი ქლორიდების პროვოცირება და ასეთ კერებზე ჩნდება სპილენძის მარილებით

შეფერილი ტენის წვეთები. დიდხანს დაყოვნებით ნივთზე წარმოიქმნება ღია-მწვანე ტონალობის ფხვიერი ფენა. კერების აღმოჩენის შემდეგ გრძელდება მათი წმენდის პროცესი.

სარესტავრაციო მასალიდან ქლოროვანი შენაერთის მთლიანი მოშორება შესაძლებელია კომპლექსური დამუშავებით, ქიმიური, ელექტროქიმიური და ელექტროლიტური მეთოდების გამოყენებით.

კარგი შედეგებია მიღწეული სარესტავრაციო ლაბორატორიულ პრაქტიკა-ში, ნივთზე არსებული სპილენძის ქლორიდების ხსნადი ალუმინის ქლორიდის ჩანაცვლებით. ჩანაცვლებული ალუმინის ქლორიდის მოცილება ხდება მექანიკური წმენდით და წყლის ჭავლით.

კეთილშობილი პატინის ზედაპირზე შესაძლო კოროზიის კერების დამუშავება მიმდინარეობს სპილენძის ქლორიდების ამონიუმის სულფიდებით ჩანაცვლების მექანიზმით. პატინაზე შესამჩნევი ღია-მწვანე ტონალობის წერტილოვანი ლაქები, გაწმენდის შემდეგ რეაქციაში შედის ამონიუმის სულფიდთან, სპილენძის სულფიდური მარილების წარმოქმნით. სპილენძის ქლორიდების ჩანაცვლების წესით დამუშავებული ნივთი, ორივე შემთხვევაში მოწმდება ექსიკატორის ტენიან კამერაში, სპილენძის ქლორიდების აღმოჩენამდე.

4.4.3 სპილენძის შენადნობების ელექტროქიმიური და ელექტროლიტური წმენდა

მეთოდი არ გამოიყენება ინკრუსტირებული, მოვერცხლილი ან მოოქრული ნივთის დამუშავების შემთხვევაში, ლითონის ზედაპირიდან კოროზიის პროდუქტებთან ერთად დამუშავებული ზედაპირული ნაწილის დაკარგვის თავიდან აცილების მიზნით.

ელექტროქიმიური წმენდა ელექტროლიტურისგან განსხვავებით, სუსტი მეთოდია. ელექტროლიტად იხმარება ტუტეები და 10%-იანი გოგირდმჟავა. ეს უკანასკნელი გამოიყენება თუთიასთან ერთად. წმენდის პროცესის დაჩქარებისათვის ნივთის რესტავრაცია მიმდინარეობს 60 – 70°C ტემპერატურის პირობებში.

ელექტროლიტური დამუშავების მეთოდის ოპტიმალური გამოყენებისას დენის სიმკვრივე 2-3 ა/დმ²-ზე მეტია. ასეთ რეჟიმში ტყვიის დიდი შემცველობის ბრინჯაოს შენადნობის წმენდისას, ნივთის ზედაპირზე შეიძლება გაჩნდეს ტყვიის შერჩევითი დაშლის შედეგად მიღებული ჩაღრმავებული წერტილები. ელექტროლიტში გროვდება ტყვიის მარილების გარკვეული რაოდენობა და სარესტავრაციო ნივთის

ზედაპირი იფარება თეთრი ნალექით. ელექტროლიტიდან ჭარბი ტყვიის მოცილება ხდება დროებით კათოდად გამოყენებულ სპილენძის ფირფიტაზე. კათოდის ტყვიით გადატვირთვისას ფირფიტა იწმინდება 10%-იანი აზოტმუავის ხსნარით.

სპილენძის შენადნობის მოოქრული ზედაპირის წმენდა ხშირი შემთხვევაა სარესტავრაციო პრაქტიკაში. ამალგამირებით მიღებული არქეოლოგიური და ეთნოგრაფიული სპილენძის ნივთების მოოქრული ზედაპირი, როგორც წესი ცუდი დაცულობისაა. მასზე აქტიურად მოქმედებს ელექტროქიმიური პროცესი, მიმდინარე სპილენძის შენადნობსა და ზედაპირზე დატანილ მოოქრულ ნაწილს შორის (სპილენძი, როგორც ნაკლებად კეთილშობილი ლითონი, ოქროსთან კონტაქტისას უფრო სწრაფად კოროდირებს, ვიდრე თავისუფალი სახით). ირღვევა კავშირი ოქროსა და ძირითად ლითონს შორის, ოქრო რჩება კოროზიის პროდუქტების ფენაზე. ფუძე ლითონის შედარებით კარგი დაცულობის შემთხვევაში შესამჩნევია მოოქრული ზედაპირის გაცვეთისა და მოცილების კვალი. გრავირებულ ზედაპირზე ინკრუსტაციის შემთხვევაში მოოქრული ნაწილის დაცულობის ხარისხი გაცილებით უკეთესია.

მოოქრული ზედაპირის დაცულობის მიხედვით შეირჩევა მისი დამუშავების მეთოდი. სრულად დაფარული გამოსახულების შემთხვევაში მოოქრული ზედაპირი თავსდება თანამიმდევრობით: 1. სეგნეტური მარილის ტუტე ხსნარში (15 ნაწილი მარილი, 5 ნაწილი ნატრიუმის ტუტე, 100 წილი წყალი); 2. 20%-იან ძმარმუავის ხსნარში. თუ დატანილი გამოსახულება შესამჩნევია და ვერცხლის ან ოქროს ინკრუსტაცია ძვეს მთლიანად მინერალიზებული ლითონის ზედაპირზე, ნივთი მაგრდება აცეტონში მომზადებული პოლიბუთილმეტაკრილატის 3%-იან ხსნარში. ზედაპირის გამაგრების შემდეგ ნივთი იწმინდება 5%-იანი ჭიანჭველმუავის ტამპონით. დამუშავებული ზედაპირი სუფთავდება ფილტრის ქაღალდით და გამოხდილი წყლით.

4.4.4 სპილენძის და მისი შენადნობების პატინირება

სარესტავრაციო სამუშაოების დროს, სპილენძის და მისი შენადნობებისაგან დამზადებული ექსპონატების ზედაპირზე ხშირდ დაიტანება ხელოვნური პატინა. ის მიიღება სპეციალური ქიმიური და ელექტროქიმიური დამუშავებით. ექსპონატს უბრუნდება დროის განმავლობაში დაკარგული ფერი, ეძლევა ექსპოზიციასთან დაკავშირებული ესთეტიური ტონალობა, ხდება მისი ლითონური ზედაპირის იზოლაცია და კოროზიისაგან დაცვა.

რესტავრირებული ბრინჯაოს ნივთის ზედაპირის ბუნებრივი პატინით დაფარვის პროცესი დიდ დროს მოითხოვს და მისი ზედაპირის შეფერილობა არაერთგვაროვანია (სპილენძის ფუძეზე მიღებული შენადნობები, ქიმიური შედგენილობის მიხედვით ღებულობენ სხვადასხვა ტონალობის შეფერილობას). გაწმენდილი ბრინჯაოს ნივთი წყალში დიდი ხნის განმავლობაში დუდილის შემდეგ ღებულობს მოყავისფრო ტონალობას, მაგრამ ექსპონატისათვის შესაბამისი ფერის მისაღწევად იყენებენ ინტენსიური პატინირების მეთოდს. გაწმენდილი ლითონის პატინირებისას, მისი ზედაპირის პერიფერიული ნაწილი იხსნება პატინირების ნაერთში და ოქსიდის ან მარილის წარმოქმნით გვაძლევს პატინის აფსკს, რომელიც შედგენილობით ბუნებრივს უახლოვდება. პატინირებას ექვემდებარება ვერცხლის და ფერადი ლითონებისაგან ან მათი შენადნობებისაგან დამზადებული ნაკეთობებიც.

ყველა ნივთი თუ სკულპტურა, მისი დამუშავების სხვადასხვა ისტორიულ პერიოდში, ღებულობდნენ ხელოვნურ პატინირებას. ვერცხლის ნივთები, ან მოვერცხლილი ექსპონატები ექვემდებარებიან ქიმიურ და ელექტროქიმიურ პატინირებას. არჩევენ უფრო (პასივაცია) და ფერადი პატინირების მეთოდებს. ქიმიური პატინირებით ვერცხლის ზედაპირს ენიჭება მრავალფეროვანი ტონალობა: ღურჯი, რუხი (ლეგა), ღია-რუხი (ნაცრისფერი), ყავისფერი, მოყვითალო და ა.შ. მუშავდება გოგირდშემცველი ხსნარებით (გოგირდი + K_2CO_3 , პროპორციით 1:2). დაყოვნების დროის ხანგრძლივობა განსაზღვრავს დამცველი აფსკის სისქესა და შეფერილობას. სპილენძის შენადნობებისაგან დამზადებული თანამედროვე ხელოვნების ნიმუშები პატინირების მიზნით ასევე მუშავდებიან გოგირდის შემცველი ნაერთებით. კალიუმის, ნატრიუმის, ამონიუმის სულფიდების მაღალი კონცენტრაციის ხსნარებით პატინირებული ბრინჯაოს ქანდაკება ან ექსპონატი ღებულობს მუქ-ყავისფერ ტონალობას, დაბალი კონცენტრაციის შემთხვევაში კი – ოქროს ბზინვარების ღია-ყავისფერს. ხსნარებში პატინირებისას, ტემპერატურის, ხსნარის კონცენტრაციის და პროცესის ხანგრძლივობის რეგულირებით, შეიძლება მივიღოთ ფერთა ფართო დიაპაზონის სპექტრი.

სპილენძის შენადნობთა ქიმიური და ელექტროქიმიური პატინირების მეთოდი, გამოყენებული რეაქტივების შედგენილობა, დაჯგუფებულია მიღებული ფერთა გამის მიხედვით: 1. ყავისფერი ტონალობის (ღია-ყავისფერი, მუქი-ყავისფერი, მოშავო-ყავისფერი); 2. მწვანე და ცისფერი ტონალობის (მომწვანო-ღურჯი, მწვანე, მუქი მწვანე, მომწვანო-შავი). მრავალფეროვანი ტონალობის ხელოვნური პატინა

შეიძლება მივიღოთ ლაბორატორიულ პრაქტიკაში გამოყენებული, რეაქტივთა კომპლექსური ხსნარის დუდილის პროცესში დამუშავებული ექსპონატის ზედაპირზე (I ხსნარი = ნატრიუმის გიპოსულფიდი – NaHSO_3 , 45 გ + წყალი, 500 მლ; II ხსნარი = სპილენძის სულფატის კრისტალიზირებული მარილი – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 15 გრ + წყალი, 500მლ). ნივთის ზედაპირზე ფერის ცვალებადობა დამოკიდებულია ექსპონატის პატინირების ხსნარში დაყოვნების დროზე: 5-10 წამის შემდეგ – ძველი ოქროს ფერი 12–15 წამით – მუქი წითელი, მეწამული; 18–20 წამით – მოწითალო იისფერი; 20-25 წამით – რუხი იისფერი; 25 წამი – 2 წუთი – რუხი, შავი ფერის ჩათვლით. სასურველი ფერის მიღების შემდეგ ექსპონატი სწრაფად თავისუფლდება დასამუშავებელი ხსნარიდან და ირეცხება გამდინარე წყალში.

5. შავი ლითონი

5.1. რკინა და რკინის შენადნობები

რკინა ვერცხლისფერ-რუხი ფერის ლითონია. ატომური წონა 55.85; სიმკვრივე 7,87 გ/სმ³, სისალე – 80კგ/მმ², დნობის ტემპერატურა 1539⁰C.

შავი ლითონები (რკინა, ფოლადი, ბულატი) ფართოდ გამოიყენება უძველესი დროიდან. არქეოლოგიური და ეთნოგრაფიული წარმომავლობის შავი ლითონები გვხვდება დაცულობის სხვადასხვა ხარისხით. სამუზეუმო ექსპონატებიც აგრეთვე განიცდიან კოროზიას და ახლად აღმოჩენილი შავი ლითონების ნაკეთობებთან ერთად საჭიროებენ რესტავრაცია – კონსერვაციას. ისტორიული შავი ლითონის ნივთები ხშირად ინკრუსტირებულია (ვერცხლი, ოქრო, სპილენძი), მათზე დარჩენილია სპეციალური დამუშავების კვალი (ჭედვა, ჭედურობა, გრავირება). ამდენად, მათი წმენდის მეთოდებით გათვალისწინებულია ლითონის ზედაპირის ლოკალური დამუშავების პროცესები.

რკინა იხსნება განზავებულ მჟავებში. მასზე ერთნაირი აქტივობით მოქმედებს გოგირდმჟავა და მარილმჟავა. მჟავის კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად მატულობს რკინის კოროზიის სიჩქარე. ფოსფორის მჟავა რკინის მიმართ ნაკლებად აგრესიულია. ორგანული მჟავების მიმართ რკინა მდგრადია.

რკინა და ფოლადი მდგრადია დაბალი კონცენტრაციის ტუტეების მიმართ. ტემპერატურის და კონცენტრაციის მომატებით, ქლორიდების თანაობისას, რკინის

კოროზიის სიჩქარე იზრდება (რკინა აქტიურად კოროდირებს 10%-ზე მეტი კონცენტრაციის ნატრიუმის ტუტის ხსნარში, დუდილის ტემპერატურაზე).

4.5.1 რკინის დამუშავება ქიმიური, ელექტროქიმიური და ელექტროლიტური მეთოდებით

რკინის ქიმიური წმენდის დროს, ხსნარში ჩაშვებული ნივთის ზედაპირი დაფარულია გამწმენდი ხსნარით. შავი ლითონისგან დამზადებული ნივთის კოროზირებული ფენა შედგება ოქსიდებისაგან, სილიკატებისაგან, კარბონატები-საგან, ქლორიდებისაგან და სულფიდებისაგან (არქეოლოგიური ნივთის შემთხვევაში ემატება მარილები). ქიმიური წმენდისთვის საჭირო რეაქტივების შერჩევისას, განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ლითონის გულის (ბირთვის) დაცვას. მუავე-ბის ხსნარები მცირე დროის დანახარჯით, სწრაფად ხსნიან კოროზიის პროდუქტებს, მაგრამ ამავე დროს ყოველთვის იწვევენ ლითონის ნაწილობრივ კოროზიას. მეტალის ბირთვის კოროზიისაგან დაცვის მიზნით გამოიყენება ინჰიბიტორები.

ელექტროქიმიური და ელექტროლიტური მეთოდით იწმინდება არქეოლოგიური, ეთნოგრაფიული და თანამედროვე ლითონისაგან დამზადებული ნივთები, რომლებსაც შერჩენილი აქვთ ლითონური ბირთვი. სარესტავრაციო ნივთში შავი ლითონის რაოდენობა ისახლვრება მაგნიტით, კუთრი წონის მიხედვით და რენტგენოგრაფიული მეთოდით.

ელექტროლიტური წმენდის მეთოდი, ქიმიური მეთოდისგან განსხვავებით, უფრო სწრაფია და ნაკლებად საშიში ლითონური ნაწილის დაზიანებისათვის. მუდმივი დენის გამოყენებით არჩევენ კოროზიის პროდუქტების მოცილების ანოდურ და კათოდურ მეთოდს. ანოდური წმენდის წესი მიზანშეწონილია თანამედროვე შავი ლითონების დასამუშავებლად. სამუზეუმო ლაბორატორიულ პრაქტიკაში ფართოდ დაინერგა კათოდური წმენდის მეთოდი, სადაც ელექტროლიტს წარმოადგენს 1–5%-იანი ტუტის ხსნარი, დამხმარე ელექტროდს უჟანგავი ფოლადის ფირფიტა. ნივთის დაცულობის მიხედვით ელექტროქიმიური დამუშავების პროცესი გრძელდება რამოდენიმე წუთიდან ათეული საათის განმავლობაში. კარგი შედეგებია მიღწეული შუალედური მექანიკური დამუშავების გამოყენებით.

ელექტროქიმიური წმენდის პრაქტიკაში, რკინის ნივთი უერთდება ელექტრული კვების უარყოფით პოლუსს, ანოდს წარმოადგენს ტყვიის ან რკინის ფირფიტა. პროცესი მიმდინარეობს დაბალი ძაბვის ქვეშ (2–12 ვოლტი), დენის სიმკვრივე =

2–10 ა/დმ²; ელექტროლიტია 10%-იანი ტუტის ხსნარი. რესტავრაციის პროცესი გრძელდება რამოდენიმე დღე – ღამე.

ელექტროქიმიური და ელექტროლიტური წმენდის შემდეგ, გასუფთავებული შავი ლითონის ზედაპირი ქიმიურად აქტიურია, მისი შემდგომი დამუშავება ხდება ინჰიბიტორებით. აღნიშნული მეთოდები არ გამოდგება დეკორატიული ზედაპირული სახის მქონე ნივთის რესტავრაციისათვის (ინკრუსტირებული, მოვერცხლილი, მოოქრობული ექსპონატები).

არქეოლოგიური რკინის ნივთების რესტავრაცია მიმდინარეობს ძირითადად ექსპონატისათვის ფორმის შენარჩუნების პრინციპით. ნივთს შორდება კოროზიული ფენის დეფორმირებული ნაწილი. მდგრადი და მკვრივი კოროზირებული ფენით (ქლორიდების გარეშე) რესტავრირებული არქეოლოგიური ნივთი კარგად სტაბილიზებულია. ქლორიდების არსებობის შემთხვევაში, რომლებიც იწვევენ მთლიანი, მკვრივი კოროზირებული ფენის დაშლას, მათი გამორეცხვა მიმდინარეობს გამოსხილ წყალში დუღებით. მინერალური დანალექი ფენის მოცილების შემდეგ, რკინის ნივთი ექვემდებარება ქიმიური და ელექტროქიმიური სტაბილიზაციის პროცესს. სტაბილიზაციის შემდეგ რკინის ნივთის ზედაპირი მუშავდება ტონირებით, შემდგომი კონსერვაციით.

კარგად დაცული ეთნოგრაფიული და ანტიკვარული რკინის ნივთი არ საჭიროებს სტაბილიზაციას, საკმარისია მას მოშორდეს მცირე სისქის კოროზიული ფენა. ექსპონატი მუშავდება მექანიკური და ქიმიური მეთოდებით (გამოიყენება ორთოფოსფორმჟავის ხსნარი ინჰიბიტორის დამატებით). რესტავრირებული ნივთი საჭიროებს კონსერვაციას აკრილატის ლაქებით და ცვილით.

სარესტავრაციო პრაქტიკაში, განსაკუთრებული თვისებების გამო, ფართოდ გამოიყენება კოროზიისაგან დაცვის თანამედროვე საშუალება ტანინი (მცენარეული წარმოშობის განსაკუთრებული პოლიფენოლების ნაერთი). ვინაიდან ტანინი ადვილად ოქსიდირებს და ძლიერი აღმდგენელია, ამავე დროს ლითონთან წარმოქმნის მდგრად კომპლექსურ ნაერთებს და იდეალურად უკავშირდება ლითონის ზედაპირს. მისი საშუალებით წარმატებით მუშავდება ნებისმიერი დაცულობის რკინის ექსპონატი. მექანიკური და ქიმიური რესტავრაციის შემდეგ, ლითონის ზედაპირზე დაიტანება ტანინის ხსნარი (200გ ტანინი + 1ლ გამოსხილი წყალი + 150 მლ სპირტი). ტანინით დამუშავებული ნივთი გამოშრობის შემდეგ იფარება საკონსერვაციო ხსნარით.

6. კეთილშობილი ლითონები (ვერცხლი, ოქრო, პლატინა)

6.1 ვერცხლი

ვერცხლი თეთრი ფერის, ბრწყინვალე, პლასტიკური და ჭედადი ლითონია. ატომური წონა 107,87; სიმკვრივე – 10,5გრ/სმ³; სისაღე – 25კგ/მმ². დნობის ტემპერატურა 960,5⁰C. ხასიათდება სხივის არეკვლის ყველაზე მაღალი მაჩვენებლებით (94%), კარგად პრიალდება, იგლინება თხელი ფურცვლოვანი სახით (0.00025 მმ სისქით). დაბალი სისაღის და სიმსუბუქის გამო იშვიათად გამოიყენება სუფთა ლითონური სახით. ვერცხლი იხმარება ბინარული შენადნობების შედგენილობაში, სპილენძთან და ოქროსთან ერთად. უძველესი დროიდან ვერცხლი გამოიყენება საიუველირო საქმეში, მისგან შექმნილია დიდი ფასეულობის ხელოვნების ნიმუშები, მინანქრის და სევადის გამოყენებით. ცნობილია საიუველირო ვერცხლის სხვადასხვა სინჯები (სინჯი აღნიშნავს ვერცხლის სისუფთავეს ან მის პროცენტულ შემცველობას შენადნობში). სინჯის დამლა ვერცხლისათვის ცნობილია IV საუკუნის ბიზანტიიდან და შემდგომში XVI – XVII საუკუნეების ევროპიდან და კავკასიიდან.

ჩვეულებრივ საიუველირო პრაქტიკაში გამოიყენება ვერცხლის შენადნობები სპილენძთან. მათგან ძირითადია: 750, 800, 875, 916, 925, 960 სინჯები. სპილენძის გარდა ცნობილია აგრეთვე ვერცხლის შენადნობები თუთიასთან (Zn = 5-20%), ალუმინთან (Al = 4-6%) კადმიუმთან (Cd = 10-50%) და სხვა.

ვერცხლზე სპილენძის დამატებით, ვერცხლის მასალის ეკონომიასთან ერთად, იზრდება შენადნობის მექანიკური და სამსხმელო თვისებები. სპილენძის ოპტიმალური შემცველობა როგორც ძველ, ისე თანამედროვე ვერცხლის შენადნობში 3 – 5%-ია. სპილენძის 40 – 45%-ზე ნაკლები ოდენობით დამატებით, შენადნობის ფერი უცვლელია, მკვეთრად განსხვავებულია 50%-ზე მეტი სპილენ-ის შემცველობისას.

ვერცხლი ქიმიურად მდგრადია. ძირითადი მჟავების, ტუტეების და ორგანული ნაერთების ხსნარების მიმართ. მარილმჟავა მცირედ მოქმედებს ოთახის ტემპერატურაზე, ცხელი – იწვევს კოროზიას. კონცენტრირებული მარილმჟავა ხსნის ვერცხლს. განზავებული გოგირდმჟავა არ მოქმედებს ვერცხლზე ოთახის ტემპერატურაზე, კონცენტრირებული კი – ხსნის. აზოტმჟავა ხსნის ვერცხლს სხვადასხვა კონცენტრაციის და ტემპერატურის პირობებში. “მეფის არაყი” ვერცხლის ზედაპირზე წარმოქმნის ვერცხლის ქლორიდის უხსნად აფსკს. ვერცხლი არ

იხსნება ფოსფორმუჟავაში და ძმარმუჟავაში. ვერცხლზე არ მოქმედებს ლითონის მუჟავა, ჭიანჭველმუჟავა, ქრომის მუჟავა. ვერცხლი მთლიანად უხსნადია ტუტეებში.

6.1.1. ვერცხლის წმენდის მეთოდები.

ვერცხლის ნივთები მდგრადია ჰაერის და გრუნტის ჩვეულებრივი, კოროზიულად აქტიური, კომპონენტების მიმართ. მშრალი და სუფთა ჰაერის პირობებში, მაღალსინჯიანი ვერცხლი დიდი ხნის განმავლობაში ინარჩუნებს გარეგნულ ელფერს. ის იფარება ოქსიდური აფსკით, რომელიც იცავს ლითონის ზედაპირს შემდგომი კოროზიული პროცესისაგან. ტენიან ჰაერში სულფიდური გოგირდის უმცირესი რაოდენობით არსებობისას, ვერცხლის ზედაპირი სწრაფად იცვლის ფერს, მასზე ვერცხლის ოქსიდის და ვერცხლის სულფიდის წარმოქმნის გამო. ვერცხლის ექსონატები მუზეუმის საცავებში და დახურულ ვიტრინებშიც კი, რამოდენიმე წლით შენახვის შემდეგ იფარება სულფიდის აფსკით. ვერცხლის ექსონატების ზედაპირზე ჩნდება აგრეთვე ორგანული დანალექი ფენა, ნახშირის მტვრის და მურის სახით.

ვერცხლის ზედაპირიდან საერთო ორგანული ნალექები შეიძლება გაიწმინდოს სხვადასხვა გამხსნელებით - ეთილის სპირტით, უაიგ-სპირიტით, აცეტონით, ტოლუოლით და სხვა. ორგანული გამხსნელების შემთხვევაში, მათ ემატება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები.

გრავირებული ვერცხლი მუშავდება საპოლირებელი პასტებით: 1. აცეტონის ან ნიშადურის სპირტის წყალხსნარში მიღებული ცარცის ფქვილის ფაფისებური მასით; 2. გიპოსულფიტის წყალხსნარში მიღებული ცარცის ან თაბაშირის ფაფისებური მასით. ორივე შემთხვევაში დამუშავებული ვერცხლის ზედაპირი ირეცხება გამდინარე წყალში. სარესტავრაციო ლაბორატორიულ პრაქტიკაში გამოიყენება სპეციალური საიუველირო პასტები, რომლებიც გამწმენდ საშუალებასთან ერთად ახდენენ ლითონის ზედაპირის დროებით კონსერვაციას.

რთული ფორმის და მაღალი ჭედურობით შემკული ვერცხლის ნივთების ზედაპირიდან, კოროზიის პროდუქტების მოხსნა მექანიკურად, პასტების გამოყენებით შეუძლებელია. ასეთი ექსონატები მუშავდება ქიმიური და ელექტროქიმიური მეთოდებით. ამ შემთხვევაში მხედველობაში მიიღება მასალის ლითონურ ვერცხლამდე აღდგენის სიადვილე და მისი კომპლექსური წარმოქმნისადმი მიდრეკილება (ვერცხლის სულფიდები კარგად იხსნებიან აზოტმუჟავა-ვერცხლის

ხსნარებში, კომპლექსური ნაერთების წარმოქმნით. ამავე მოქმედების პრინციპით გამოიყენება მაღალკონცენტრირებული ტუტე ლითონების ხსნარები).

დაბალი სინჯის ვერცხლის ნიმუშები, რომლებიც შეიცავენ სპილენძის ნაერთების კოროზიის პროდუქტებს, შეიძლება გაიწმინდოს 5-20%-იანი ჭიანჭველმჟავის ხსნარში. ცხელ რეაქტივში დამუშავების შემდეგ, ვერცხლის ზედაპირიდან ადვილად იხსნება წარმოქმნილი ქლორიდების და სულფიდების დანალექი ფენა. რეკომენდებულია აგრეთვე კომბინირებული ხსნარების გამოყენება, გოგირდმჟავაში და ჭიანჭველმჟავაში თანამიმდევრობითი დამუშავებით.

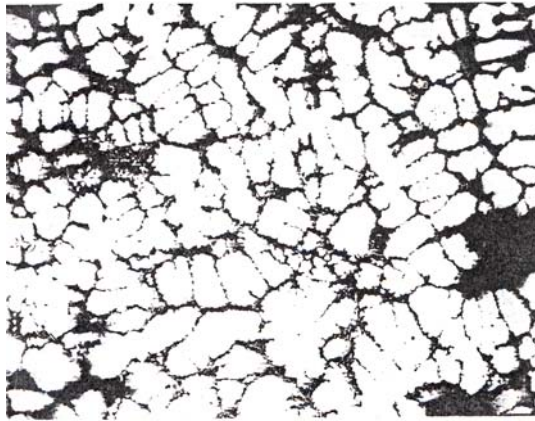
ვერცხლის ნაერთების ელექტროქიმიური წმენდა მიმდინარეობს ელექტროლიტში თუთიის და ალუმინის თანაობისას. ლითონური ვერცხლი აღდგება ატომური წყალბადის მოქმედების პრინციპით. ელექტროლიტია ტუტე ან ჭიანჭველმჟავას 15%-იანი ხსნარი. ანოდს წარმოადგენს გრაფიტი, პლატინის ან უჟანგავი ფოლადის ფირფიტა. კათოდური დენის სიმკვრივეა 0,1 ა/დმ². მეთოდი გამოიყენება როგორც ნივთის მთლიანად აბაზანაში ჩაშვებით, ისე მისი ნაწილების ელექტროლიტის ტამპონით ლოკალურად დამუშავებით (ტამპონს უერთდება დენის წყაროს დადებითი პოლუსი).

გაწმენდილი ვერცხლის ზედაპირი, განსაკუთრებით დაბალი სინჯის ვერცხლის შემთხვევაში, აუცილებელია დაცული იქნეს ატმოსფეროს აგრესიული შემადგენელი კომპონენტებისაგან. ვერცხლის კოროზიის კარგი ინჰიბიტორია ბენზოტრიზოლის სპირტხსნარი, რომელიც ნივთზე კარგი მექანიკური და დამცველი თვისებების მქონე ზედაპირულ აფსკს წარმოქმნის.

რესტავრირებული ვერცხლის ნივთის ზედაპირის კონსერვაცია მიმდინარეობს პასივაციის პროცესით - ქრომატიზირებით. მეთოდი მდგომარეობს ვერცხლის ზედაპირის კათოდურ დამუშავებაში. ელექტროლიტია ტუტე-ქრომატული ხსნარი (ნატრიუმის ტუტე, 50 გ/ლ+ნახშირმჟავა კალიუმი, 40 გ/ლ+ნატრიუმის ბიქრომატი, 40 გ/ლ). კათოდური დენის სიმკვრივეა 2-5 ა/დმ²; მუშავდება ოთახის ტემპერატურაზე. ვერცხლის ზედაპირზე წარმოქმნილი ქრომის ჟანგის შემცველი შეუმჩნეველი დამცველი ფენის სისქეა 100 Å. აღნიშნული მეთოდი წარმატებით გამოიყენება დარღვეული ან გაცვეთილი მოქროებული ვერცხლის ზედაპირის პასივაციისათვისაც.

6.1.2. არქეოლოგიური ვერცხლის პლასტიკური თვისებების აღდგენა.

არქეოლოგიური ვერცხლისათვის დამახასიათებელია რთული კოროზიული პროცესები, როგორც ზედაპირული “რქოვანი” ვერცხლის წარმოქმნით, ისე ლითონის მთელ მოცულობაში კრისტალთშორისი კოროზიის სახით. (სურ.6.1).



სურ. 6.1. არქეოლოგიური ვერცხლის მიკროსტრუქტურა (კრისტალთშორისი კოროზია)

ვერცხლის ნივთის გრუნტის კოროზიის შედეგად, მასალა გადადის უაღრესად მყიფე მდგომარეობაში. არქეოლოგიური ვერცხლი ძირითადად წარმოდგენილია ვერცხლის შენადნობით: Ag-Cu, Ag-Pb, Ag-Pb-Cu, სადაც სპილენძის შემცველობა 1-6%-ია, ტყვია მოცემულია 0,1-2,0%-ის რაოდენობით. ასეთი სინჯის ვერცხლში უფრო მეტად შესაძინებია გრუნტის კოროზიის შედეგების გავლენა მის პლასტიკურ თვისებებზე.

არქეოლოგიური ვერცხლის პლასტიკურობისა და სიმტკიცის აღდგენა შესაძლებელია მისი სპეციალური თერმული დამუშავების რეჟიმის გამოყენებით, რომლის მიმდინარეობა დამოკიდებულია ნივთის ზედაპირზე არსებული კოროზირებული დანალექის რაოდენობაზე და სახეობაზე, აგრეთვე ვერცხლის შენადნობის ქიმიურ შედგენილობაზე.

არქეოლოგიური ვერცხლის თერმული დამუშავების რეჟიმს წინ უძღვის მისი ქიმიური წმენდის პროცესი. წარმატებით გამოიყენება ამონიუმის როდანიდის გაჯერებული ხსნარი, რომელიც ხსნის „რქოვან“ ვერცხლს. ამავე დანიშნულებით გამოიყენება გაცხელებული ნატრიუმის ტუტის 25-30%-იანი ხსნარი. ვერცხლის მასალის ზედაპირზე არსებული მინერალური დანალექები მუშავდება ნატრიუმის პექსამეტაფოსფატის ხსნარში.

არქეოლოგიური ვერცხლის ქიმიური დამუშავების შემდეგ 400°C -ს ტემპერატურაზე 2-3 საათის მოწვით, ვერცხლის მასალა მტკიცდება. მისი პლასტიკური თვისებების მთლიანად აღდგენისათვის Ag-Cu ბინარული შენადნობის თერმული დამუშავება გრძელდება არგონის ან წყალბადის აღმდგენელ პირობებში, 700°C ტემპერატურაზე 1-2 საათის განმავლობაში. ვერცხლში ზღვრული რაოდენობის ტყვიის გემცველობისას თერმული დამუშავება მიმდინარეობს შედარებით დაბალ ტემპერატურულ დიაპაზონში (მაგ. ვერცხლში 1,5% Pb არსებობისას, მოწვის ტემპერატურა 300°C -მდე კლებულობს). არქეოლოგიური ვერცხლის თერმული დამუშავების რეჟიმის შერჩევისათვის წინასწარ ტარდება მასალის სპექტრული ანალიზი.

საველე პირობებში ხდება არქეოლოგიური ვერცხლის ნივთის დროებითი განმტკიცება, ადგილობრივი თერმული დამუშავებით. ნივთს გადაესხმევა სპირტი და ეკიდება ცეცხლი. ლითონის ზედაპირზე შექმნილი სპირტის წვეთის ტემპერატურა ვერცხლის მასალაში იწვევს მისი „სიბერის“ პროცესით მიღებული სიმყიფის მოვლენების შერბილებას და პლასტიკური თვისებების ნაწილობრივ აღდგენას. ასეთი დამუშავების შემდეგ შესაძლებელია არქეოლოგიური ვერცხლის ნივთის კულტურული ფენიდან უვნებლად ამოღება, მისი ლაბორატორიულ-სარესტავრაციო აღდგენამდე. არქეოლოგიური ვერცხლის მასალა თერმული დამუშავების და რესტავრაციის შემდეგ ექვემდებარება სამუზეუმო კონსერვაციას.

6.2 ოქრო

ოქრო რბილი, ჭედადი ლითონია, ყვითელი ფერის ტონალობით და ძლიერი ბრწყინვალეობით. ატომური წონა – 197.2; სიმკვრივე – 19.26 გ/სმ³; სისაღე – 19.9 კგ/სმ². დნობის ტემპერატურა 1063°C . კარგად მუშავდება პლასტიკური დეფორმაციის ქვეშ (0.0001 მმ სისქის ფურცლოვანი ფენით).

ოქრო გვხვდება თვითნაბადი სახით, ხშირად ვერცხლის, სპილენძის და პლატინის ჯგუფის ელემენტთა მინარევებით. თვითნაბადი ოქროს მინერალი წარმოადგენს ვერცხლის ბუნებრივ მყარ ხსნარს ოქროში (კვალის სახით – 40%-მდე). მინარევების სახით შეიძლება შეიცავდეს სპილენძს (0.9%-მდე), რკინას, ტყვიას, ბისმუტს, პლატინას, ვერცხლისწყალს. ცნობილია თვითნაბადი ოქროს სახესხვაოები, სადაც გაზრდილია ზოგიერთი მინარევი ელემენტის შემცველობა: სპილენძიანი (20%-მდე); ბისმუტიანი (4.0%-მდე); პლატინოიდებიანი (Pd, Rh-ის თანაობით); ბუნებრივი ამალგამირებული (Hg-ის თანაობით) და სხვა. თვითნაბადი ოქრო მინარევების შემცველობის შესაბამისად გვხვდება ნათელი ყვითელი, მუქი ყვითე-

ლი, მოწითალო, მომწვანო ფერთა ტონალობის კრისტალების სახით. სტრუქტურული განვითარებისა და ზომების შესაბამისად გამოყოფენ წვრილდის-პერსულ ($1 - 5 \text{ მკ}$), მტერისებრ ($5 - 50 \text{ მკ}$), მცირე ($0.05 - 2 \text{ მმ}$) და დიდი ($>2 \text{ მმ}$) ზომის მასის შემცველ თვითნაბად ოქროს ტიპს. დიდი მასისა და ზომის თვითნაბადი ოქროს ნიმუშები ($>5 \text{ გრ}$) წარმოადგენენ ოქროს თვითნაბადს.

ოქრო სხვა ლითონებთან ერთად ქმნის შენადნობებს. ოქროს ფერის ტონალობა იცვლება მინარევების რაოდენობის და შემცველობის მიხედვით: სპილენძი მატებს წითელ შეფერილობას, ვერცხლი კი მომწვანო-თეთრს ($50-60\%$ ვერცხლის შერევით ოქრო კრგავს ყვითელ შეფერილობას. ოქროს ბუნებრივი ან ხელოვნური შენადნობი ვერცხლთან ცნობილია ელექტრონის სახელწოდებით. ელექტრონი – ოქროს ფუძეზე მიღებული შენადნობი, $\text{Ag} = 20-40 \%$). პალადიუმი ოქროს აძლევს თეთრ ტონალობას. ცნობილია ოქროს შენადნობები ნიკელთან (ღია ყვითელი), კადმიუმთან (მომწვანო), პლატინასთან (თეთრი ოქრო).

ოქრო გამოიყენება სხა ლითონების ზედაპირული მოოქროებისათვის. ის ადვილად იხსნება ვერცხლისწყალში და წარმოქმნის ამაღგამას. ამაღგამაციის მეთოდით მოოქროებულია უძველესი ფერადლითონდამუშავების შედეგები და ვერცხლის ნაკეთობები. ამაღგამა წარმოადგენს ლითონურ სისტემებს, რომელთა შედგენილობაში ერთ-ერთ კომპონენტად შედის ვერცხლისწყალი. ამაღგამა ნახევრადთხევადი ნარევი. ცნობილია ოქროს ბუნებრივი ამაღგამა გეოქიმიური მონაცემებით: $\text{Hg } 57,4 - 61,0\%$; $\text{Au } 34,2 - 41,6\%$; $\text{Ag } 0,3 - 0,5\%$; $\text{Pt } 0,01 - 0,1\%$. ბუნებრივი ოქროს ამაღგამა ქმნის მოყვითალო ფერის კრისტალებს. მასში ვერცხლის არსებობისას კი წარმოადგენს თეთრი ფერის რბილ მარცვლებს. ამაღგამებში ძირითადი ელემენტია ოქრო, მაგრამ შექმნილია დისპერსული სისტემები, სადაც მონაწილეობენ სხვა ელემენტებიც. იქმნება ქიმიური ნაერთი AuHg_2 (ამაღგამის მყარი და თხევადი ფაზების ზღვარზე). 310°C ტემპერატურაზე ნაერთი იშლება Au_2Hg –ის მყარი ფაზის წარმოქმნით.

ვერცხლისწყალი ოქროსთან გვაძლევს მყარ ხსნარებს, 16 ატომური პროცენტი Hg -ის და 84 ატომური პროცენტი Au -ის შემცველობამდე. ახასიათებს პოლიმორფული გარდაქმნები თხევად და მყარ მდგომარეობაში. დაბალტემპერატურული გარდაქმნიდან ($0-100^\circ\text{C}$) ცნობილია ორი კატეგორია, თხევადი და მყარი მდგომარეობის შესაბამისი ფაზებით. თხევადი ფაზისათვის ოქროს შემცველობა $0-33\%$ -ია, მყარი ფაზის შემთხვევაში კი (-37°C) $\text{Au} = 66.6\%$. ამაღგამაციის პროცესის

ჩატარების შემდეგ აორთქლებულ ვერცხლისწყალს მიყვება 0.1–0.15% ოქრო, ძირითადი მისი ნაწილი კი გამოიყოფა მყარი ფაზის სახით.

სახელმწიფო სტანდარტების მიხედვით, თანამედროვე საიუველირო წარმოებაში გამოიყენება ოქროს შემდეგი სინჯები: 375 (36-იანი), 500 (48-იანი), 585 (56-იანი), 750 (72 -იანი) 800 (76-იანი), 875 (84 -იანი), 916 (88-იანი), 958 (92-იანი), სუფთა ოქრო – 999.9 სინჯით.

ოქრო პლასტიკურობის და დაბალი სიმკვრივის გამო დროთა განმავლობაში მუშავდება და ცვდება. ოქროს ნაკეთობათა წმენდის პროცესი ტარდება დიდი სიფრთხილით, რათა არ დაზიანდეს ლითონური ზედაპირი და არ შეიცვალოს ფერთა ტონალობა. ორგანული ან კირქვიანი ნალექების მქონე ოქროს ნაკეთობის ზედაპირი მუშავდება სულფმინის მჟავით. ოქროს მასალის სუფთა ზედაპირი იწმინდება წყლით და ექვემდებარება შრობის პროცესს. ოქროსაგან დამზადებული ექსპონატი არ საჭიროებს კონსერვაციას.

6.3 პლატინა

პლატინა მოვერცხლისფრო – თეთრი ბრწყინვალე ლითონია. ატომური წონა – 195.09; სიმკვრივე – 21.5 გ/სმ³; სისაღე – 30 კგ/მ³; დნობის ტემპერატურა 1769°C. მუშავდება პლასტიკური დეორმაციით. ჰაერზე ინარჩუნებს ბუნებრივ ტონალობას. XIX საუკუნიდან გამოიყენება საიუველირო წარმოებაში. მოიპოვება თვითნაბადი სახით. პლატინის წარმოება-დამუშავება ხდება მისი შემცველი ქვიშების რეცხვით, პირომეტალურგიული პროცესით და ელექტროლიზით. მიღებულია პლატინის თეთრი შენადნობები, სამკაულის დასამზადებლად (ბრილიანტის სამკაულის ფუძედ). ცნობილია პლატინის შენადნობები ოქროსთან, ვერცხლთან, პალადიუმთან, როდიუმთან: 1. Pt -12%, Au -3%, Ag -85%; 2. Pt -75%, Pd -20%, Rh -5%; 3. Pt -95%, Rh -5%. პლატინის ჯგუფის ელემენტები (პალადიუმი, ირიდიუმი, როდიუმი) ხასიათდებიან მსგავსი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით.

პლატინა იხსნება “მეფის არაყში”, მაგრამ გაცილებით ძნელად, ვიდრე ოქრო. პლატინა რეაგირებს ცხელ კონცენტრირებულ აზოტმჟავასთან და მდულარე გოგირდმჟავასთან.

7 ფერადი ლითონები

7.1. ვერცხლისწყალი, კადმიუმი, თუთია

1. **ვერცხლისწყალი**, ვერცხლისფერი – თეთრი ტონალობის თხევადი ლითონია ოთაცის ტემპერატურაზე. ატომური წონა – 200.6; სიმკვრივე - 13.54 გ/სმ³; დნობის ტემპერატურა = -38.9⁰C; დუღილის ტემპერატურა = 357.2⁰C; ბუნებაში გვხვდება თვითნაბადი და გოგირდის ნაერთების სახით.

ვერცხლისწყალი უძველეს წარსულში გამოიყენებოდა ამაღამირების პროცესში. თანამედროვე ზუსტი გამოთვლითი ტექნიკის და მზომი ხელსაწყოების ერთ-ერთი შემადგენელი კომპონენტია.

2. **კადმიუმი**, მოვერცხლისფრო – თეთრი ბრწყინვალე ლითონია. მოცისფრო ტონალობით, ლითონური ბზინვარებით. ატომური წონა - 112.41; სიმკვრივე - 8.7 გ/სმ³; სისაღე - 16 კგ/მმ²; დნობის ტემპერატურა 320.9⁰C. კადმიუმი რბილი ლითონია (კალაზე სალი, თუთიაზე რბილი), მუშავდება ჭრით, იჭედება, იგლინება ფურცლების სახით, ადიდვით მიიღება მავთული.

კადმიუმი გამოიყენება ოქროს და ვერცხლის შენადნობებში და სარჩილების მისაღებად (ცნობილი დაბალდნადი სარჩილის “ვუდის” ერთ-ერთი კომპონენტია). მისი თანაობით მიღებული შენადნობები ხასიათდებიან კარგი კოროზიამდებლობით. ძვირფასი ლითონების შენადნობებზე კადმიუმის დამატებით, მასალა იძენს მრავალსახოვან ფერთა ტონალობას. კადმიუმის სულფიდი (კადმიუმის ყვითელი) ფერწერული საღებავია.

მშრალ ატმოსფერულ პირობებში კადმიუმი მქრქალდება, იფარება წმინდა ოქსიდის აფსკით (CdO), რომელიც იცავს შემდგომი კოროზიისაგან.

3. **ნიკელი**, მოვერცხლისფრო – თეთრი ჭედადი და წვეადი, მოქნილი, მაღალმდნადი ლითონია. ატომური წონა -58.7; სიმკვრივე -8.9 გ/სმ³; სისაღე -60 კგ/მმ²; დნობის ტემპერატურა 1455⁰C. ხასიათდება სხივის არეკვლის მაღალი მაჩვენებლით, ადვილად პრიალდება, მუშავდება გლინვით და გამოჭიმვით.

ნიკელი უძველეს წარსულში, სპილენძის მეტალურგიის ათვისების ადრეულ ეტაპზე, გამოიყენებოდა როგორც დარიშხან-ნიკელიანი და ნიკელიანი სპილენძის მადნების ერთ-ერთი შემადგენელი კომპონენტი. ძვ.წ. III ათასწლეულში ცნობილია

ნიკელიანი ბრინჯაოსგან დამზადებული სხვადასხვა დანიშნულების და კატეგორიის ლითონის ინვენტარი.

საიუველირო წარმოებაში ნიკელი წარმოადგენს თეთრი ოქროს შენადნობის კომპონენტს; ამავე დროს წარმატებით გამოიყენება ნაკეთობათა მხატვრულ-დეკორატიული დაფარვისათვის. ჰაერზე არ განიცდის ოქსიდაციას, მდგრადია ტუტეების მიმართ. იხსნება აზოტმჟავაში, შემთბარ მარილმჟავაში და გოგირდმჟავაში.

4. თუთია, მორუხო – თეთრი, მოლურჯო ელფერის და მეტალური ბრწყინვალეების ლითონია. ატომური წონა -65.4; სიმკვრივე -7.2 გრ/სმ³; სისალე - 32კგ/მმ²; დნობის ტემპერატურა 420°C. ცივ მდგომარეობაში მყიფე-მსხვრევადია, 100 – 150°C ტემპერატურაზე იძენს პლასტიკურობას და მუშავდება დეფორმაციის ქვეშ (იგლინება ფურცლებად, გამოჭიმვით მიიღება მავთული). თუთია წარმოადგენს სხვადასხვა ფერადი ლითონების ფუძეზე მიღებულ შენადნობთა ლიგატურის კომპონენტს (თითბერი, მაღალმდნადი სარჩილები, თეთრი ოქრო და სხვა). თუთია-კალის ბინარული შენადნობის ბაზაზე მზადდება ქანდა ვერცხლი (Сусальное серебро) – Zn -8.6%, Sn -91%, Pb -0.4%; ვერცხლის კილიტა (Серебряная фольга) –Zn 10%, Sn -90%. მშრალ და სველ ატმოსფერულ პირობებში თუთია არ განიცდის ოქსიდაციას, ადვილად იხსნება მჟავებში.

7.2. კალა, ტყვია, ანთიმონი.

სპილენძთან, ვერცხლთან, ვერცხლის წყალთან და ოქროსთან ერთად, კალა, ტყვია და ანთიმონი განეკუთვნებიან ისტორიულ წარსულში გამოყენებული ლითონების რიცხვს. მათზე არ მოქმედებს ჰაერზე და წყალზე დიდი ხნით დაყოვნების პროცესი, მდგრადი არიან ძირითადი მჟავებისა და ფუძეების მიმართ. კალის და ტყვიის დაბალი დნობის ტემპერატურისა და მაღალი პლასტიკურობის გამო, ადვილად შეიძლება ნებისმიერი კონფიგურაციის ნივთის დამზადება ჩამოსხმით და პლასტიკური დეფორმაციით.

კალა, ტყვია და ანთიმონი უძველესი დროიდან ცნობილია, როგორც ბრინჯაოს ლიგატურის შემადგენელი ელემენტები. ისტორიამდელი პერიოდიდან კალა გამოიყენებოდა, როგორც კლასიკური ბრინჯაოს სხმულის ძირითადი მალევირებული კომპონენტი. ანტიკური პერიოდიდან კალას იყენებენ აგრეთვე ჭურჭლის, სამკაულის, ორნამენტირებული ნაკეთობების დასამზადებლად. შუა საუკუნეებიდან კალა და ტყვია გამოიყენება დეკორატიული საგნების, მედალიონების, საკულტო დანიშნულების ნივთების მისაღებად და სხვა დანიშნულებით.

1. კალა. რბილი, ბლანტი და პალსტიკური, თეთრი ფერის მბრწყინავი ლითონია. ჰაერზე ყოფნისას დებულობს რუხ ფერს. კარგავს მოვერცხლისფერო ტონალობას. ატომური წონა 118,7 სიმკვრივე 5,85 გრ/სმ³; სისაღლე მოოსის სკალით 1,8. დნობის ტემპერატურა 231,9⁰C; იგლინება თხელი ფირფიტის სახით (0,0025 მმ). გვხვდება ორი მოდიფიკაციით (პოლიმორფულია): ჩვეულებრივი თეთრი კალა (β მოდიფიკაცია); მდგრადია 13,2⁰C, ტემპერატურის ზევით; გაციებისას გადადის რუხ კალაში (α მოდიფიკაცია) მდგრადია გარდაქმნის ტემპერატურის ქვევით β→α. პოლიმორფული გადასვლისას, კალის მოცულობა იზრდება 25%-ით, ლითონური მოვერცხლისფერო-თეთრი ტონალობის კალის მასა გადაიქცევა რუხი ფერის ფხვნილად. კალის ამგვარი პოლიმორფული გარდაქმნის პროცესი ცნობილია „კალის ჭირის“ სახელწოდებით. დიდი სისუფთავის და დეფორმაციის მაღალი ხარისხით დამზადებული ლითონური კალა სწრაფად განიცდის გარდაქმნას (დაშლას) დაბალ ტემპერატურაზე (გარდაქმნა ჩქარდება -33⁰C ტემპერატურის ქვევით).

კალა ადვილმდნადი თვისების გამო, გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულების სარჩილების მისაღებად. ტექნოლოგიური თვისებების გაუმჯობესების მიზნით (სისაღლის გაზრდისთვის) კალას ურევენ ტყვიას, ბისმუტს, ანთიმონს; მიღებული შენადნობით მზადდება ტექნიკური დანიშნულების დეტალები და მცირე ზომის ნივთები.

სამუზეუმო დაცვის პირობებში, მუდმივი დადებითი ტემპერატურის ქვეშ, კალის ნივთზე შედარებით ნელი სიჩქარით მიმდინარეობს პოლიმორფული გარდაქმნის პროცესი და ექსპონატი მდგრადია „კალის ჭირის“ მიმართ. ამ მიზნით დაუშვებელია კალისგან დამზადებული მასალების ტემპერატურული გაციება. კალის ზედაპირზე რუხი ფერის ლაქების, ან მცირედ ამობურცული ნაწილების შემჩნევისას ხდება ექსპონატის იზოლაცია, დაზიანებული ადგილების მოცილება და მათი ახალი მასით შევსება. უმნიშვნელოდ დაზიანებული წერტილოვანი კერების შემთხვევაში, ნივთის ზედაპირს ასუფთავებენ წარმოქმნილი დაზიანებული მასიდან და უტარებენ თერმულ დამუშავებას 115-120⁰C ტემპერატურის პარაფინის აბაზანაში 4-6 საათის განმავლობაში.

ჟანგბადის და ტენის დიდი ხნით მოქმედების შედეგად კალა განიცდის კოროზიას, დებულობს რუხ ფერს და მარცვლოვნდება. ასეთივე პროცესი მიმდინარეობს არქეოლოგიური კალის ნივთის გრუნტის კოროზიის დროს. გარეგნულად კალის ზედაპირი იფარება ოქსიდის ფენით და მასზე ჩნდება შავი წერტილოვანი დეფექტები (ლაქები). კოროზირებული ფენა შედგება თეთრი ფერის კალის (IV) ოქსიდისა და

შავი ტონალობის კალის (II) ოქსიდისაგან. კალის ნივთები იწმინდება მექანიკურად ალუმინის ან თუთიის ფხვნილით, შემდგომი ელექტროქიმიური და ელექტროლიტური დამუშავებით (მიმდინარეობს დაზიანებული ზედაპირის გარდაქმნა, α მოდიფიკაციის კალის ნაწილის მოცილებით და ახალი ლითონის ელექტროქიმიური დაფენით).

კალა ამფოტერული ელემენტია. მუავა გარემოში წარმოქმნის SnSO_4 -ის და SnCl_2 -ის ტიპის მარილებს, სადაც ის ორვალენტიანია. ტუტე გარემოში კი წარმოგვიდგება Na_2SnO_2 -ის ტიპის მარილის ორვალენტიანი კალით, ან Na_2SnO_3 -მარილის ოთხვალენტიანი კალით. შესაბამისად კალის დამუშავებისთვის გამოყენებული ელექტროლიტები იყოფიან მუავიანი და ტუტიანი ტიპის ხსნარებად, სადაც კალა იმყოფება შესაბამისად კათიონისა და ანიონის სახით.

კარგი შედეგებია მიღწეული კალის ნივთების ელექტროქიმიური და ელექტროლიტური დამუშავებისას, კალა კათიონის ფუძეზე მომუშავე მუავე ელექტროლიტებით (გოგირდმუავის, მარილმუავის და სულფამინის მუავის კალის მარილების ხსნარების გამოყენებით). ლითონური დაფარვის პროცესის დაჩქარების და ხარისხის გაზრდის მიზნით ელექტროლიტებს ემატება ორგანული ნივთიერებები.

დამუშავებული კალის ნივთის ზედაპირზე დამცველი დეკორატიული დაფარვისთვის გამოიყენება პოლიმერების სხვადასხვა კომპოზიციური ნაერთები ინჰიბიტორების დამატებით (ბენზოტრიასოლი).

2. ტყვია. რუხი ფერის ჭედადი ლითონია. ჭრილში თეთრი-ცისფერი ტონალობით, რომელიც ჰაერზე უფერულდება. მძიმე ლითონებს შორის ყველაზე რბილია, გაცილებით რბილია კალასთან შედარებით. ატომური წონა - 207,2; სიმკვრივე - 11,34გრ/სმ³, სისალე 4კგ/მმ², დნობის ტემპერატურა 327⁰C.

ზედაპირზე წარმოქმნილი ოქსიდის აფსკი იცავს ლითონს შემდგომი ოქსიდაციისაგან. დაჭუჭყიანებულ ატმოსფეროში ორგანული მუავების ორთქლის მომქედებით, დამცავი ფენა ირღვევა და იწყება ტყვიის აქტიური კოროზია ტყვიის კარბონატის წარმოქმნით. ზედაპირი იფარება თეთრი ფენით და გადადის ფოროვან მასაში, მატულობს ნივთის მოცულობა, პროცესის გაგრძელების შემთხვევაში ნივთს ემუქრება მთლიანად დაშლა.

არქეოლოგიური ტყვია ზღვის წყლის და გრუნტის წყლების მოქმედებით კოროზირებს ტყვიის სულფატის, ქლორიდის და კარბონატის ტიპის მარილების წარმოქმნით. ამასთან ერთად, მასზე შეიძლება დაილექოს ტყვიის ოქსიდების

ყავისფერი ტონალობის ფენა. წარმოქმნილი კოროზიის პროდუქტები არამდგრადია და არღვევს ნივთის მთლიანობას. კოროზირებული ფენის დარღვევის შემთხვევაში არქეოლოგიური ტყვია კვლავ განიცდის ატმოსფერულ კოროზიას.

ტყვიის ნივთების რესტავრაცია მიმდინარეობს ელექტროლიტური და ელექტროქიმიური მეთოდებით. ელექტროლიტური ადღგენისას ელექტროლიტს წარმოადგენს 5%-იანი ნატრიუმის ტუტის ან 10%-იანი გოგირდმჟავის ხსნარი; ანოდია შესაბამისად უჟანგავი ფოლადი ან ტყვია. გამოიყენება 2-5 ა/დმ² დენის სიმკვრივის დიაპაზონი. გაწმენდის პროცესის დასრულების შემდეგ მიმდინარეობს დამუშავებული ლითონის ზედაპირის პასივაცია. ტყვიის ელექტროქიმიურია ადღგენის პროცესი იგივე პროგრამით, როგორც ელექტროლიტური-მოქმედებს პოტენციალთა სხვაობის გამოყენების პრინციპზე. იქმნება კონტაქტი ტყვიასა და მასზედ ქიმიურად აქტიურ ლითონებს შორის (ალუმინი, თუთია). ელექტროლიტს წარმოადგენს 5%-იანი გოგირდმჟავის ან 5%-იანი ნატრიუმის ტუტის ხსნარი. კოროზიის პროდუქტების არაერთგვაროვნებისას ორივე ელექტროლიტი გამოიყენება თანმიმდევრობით.

ელექტროქიმიური და ელექტროლიტური დამუშავების შემდეგ ტყვიის ნივთები დაუყოვნებლივ ირეცხება წყლის ჭავლით, ზედაპირზე ნახშირმჟავა ტყვიის მარილის წარმოქმნის შეჩერების მიზნით. რესტავრირებული ნივთი ექვემდებარება შრობის პროცესს. სამუხეუმე ექსპონატი ატმოსფერული კოროზიისაგან შეიძლება დავიცვათ პარაფინირების საშუალებით.

3. ანთიმონი (სტიბიუმი). მოვერცხლისფრო-მოთეთრო მბრწყინვალე ლითონია. ატომური წონა 121,75; სიმკვრივე 6,69 გ/სმ³, სისაღე 34 კგ/მმ², დნობის ტემპერატურა 630,5⁰C. ბუნებაში გვხვდება მინერალ ანთიმონიტის სახით. სხვა ლითონებისგან განსხვავებით გამყარებისას ფართოვდება.

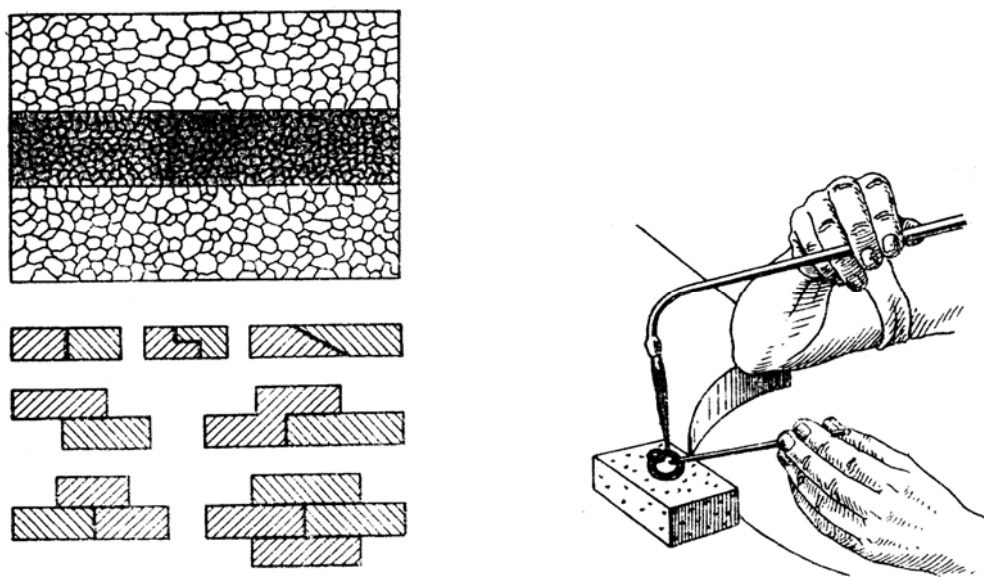
ძველ ეგვიპტეში სტიბიუმის კრიალას (Sb_2S_3) ფხვნილი, „mesten“-ის სახელწოდებით, იხმარებოდა კოსმეტიკური დანიშნულებით. საბერძნეთში ცნობილი გახდა „stibi“-ის ფორმით (აქედან ლათინური stibium), შუასაუკუნეებში ჩნდება სტიბიუმის აღმნიშვნელი ფორმა ანთიმონი (antimonium).

უძველესი დროიდან გამოიყენებოდა როგორც სპილენძის ფუძეზე მიღებული შენადნობის ლიგატურის შემადგენელი ელემენტი (ანთიმონიანი ბრინჯაო); სუფთა ლითონური ანთიმონისგან მზადდებოდა შინამომსახურების საგნები (ჭურჭელი), სამკაული.

თანამედროვე პოლიგრაფიულ წარმოებაში ანთიმონი იხმარება ტყვია-კალის შენადნობებში (ანთიმონიანი შენადნობი ზუსტად ავსებს ფორმას). როგორც ისტორიულ წარსულში, ისე თანამედროვე პირობებში, ანთიმონი ასრულებდა და ასრულებს პიგმენტწარმოქმნელი ელემენტის დანიშნულებას (ანთიმონთან ერთად მზადდება არაორგანული და ორგანული წარმოშობის მაღალდისპერსული, მრავალგვარ ფერთა სპექტრის, წყალში უხსნადი ფხვნილები).

8. რჩილვა

ლითონის ნივთის დეტალების შეერთება მყარ მდგომარეობაში, გამდნარი შენადნობების (სარჩილის) საშუალებით, სრულდება რჩილვის პროცესით. სარჩილების დნობის ტემპერატურა დაბალია შესაერთებელი ლითონის ნაწილების დნობის ტემპერატურაზე. რჩილვისას თხევად სარჩილსა და შესაერთებელი მყარი ლითონის დეტალებს შორის მიმდინარეობს ურთიერთგახსნისა და დიფუზიის პროცესები, რის შედეგადაც გაციების შემდეგ შესაერთებელ ნაწილებს შორის მიიღება მდგრადი შედუღების ადგილი. (სურ. 8.1).



სურ. 8. 1. რჩილვის პროცესი და შედუღებული ნაწილის სტრუქტურა

რჩილვისას, შესაერთებელი ადგილებიდან ჟანგეული ფენის მოცილების და შედუღების პროცესის გააქტიურების მიზნით, გამოიყენება სპეციალური ქიმიური ნაერთები მდნობები (ფლუსები). არჩევენ რბილი, (დაბალტემპერატურული) რჩილვას (450°C ტემპერატურის ქვევით) და მაგარი (მაღალტემპერატურული $500 - 650^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურის ზევით) რჩილვის მეთოდს.

რჩილვის პროცესში გათვალისწინებულია შემდეგი პირობები:

1. სარჩილის დნობის ტემპერატურა $50-100^{\circ}\text{C}$ -ით დაბალია შესაერთებელი ძირითადი ლითონის დნობის ტემპერატურაზე. 2. თხევადი სარჩილი კარგად უნდა განთავსდეს და მოიცვას მისარჩილავი ნაწილების ზედაპირი. 3. რჩილვით შესაერთებელი დეტალების მთლიანი დაფარვის უზრუნველყოფისა და გამდნარი სარჩილის ზედაპირული დაჭიმულობის მოხსნის მიზნით, საჭიროა სათანადო ტემპერატურამდე გახურდეს შესაერთებელი დეტალები.

უძველესი დროიდან ძვირფასი ლითონებისგან დამზადებული ნაკეთობების დიდი ნაწილი მიიღებოდა რჩილვის მეთოდის გამოყენებით, სადაც იხმარებოდა შესაბამისი ლითონის ამაღლამა. შეერთების ნაწილების ოპტიმალური გახურებისას მიიღებოდა ერთგვაროვანი სტრუქტურის მქონე შედუღება.

8.1. სარჩილები

რბილი სარჩილები ძირითადად მიღებულია კალა-ტყვიის ორკომპონენტური სისტემის შენადნობთა ბაზაზე. ჩვეულებრივ გამოიყენება სარჩილები 50-60% კალის შემცველობით. ცნობილია განსაკუთრებული დაბალმდნადი სარჩილი „ვუდის“ სახელწოდებით (Bi-4 ნაწილი +Pb 2 ნაწილი +Sn 1 ნაწილი +Cd 1 ნაწილი) მისი დნობის ტემპერატურა 61°C -ია.

სარესტავრაციო პრაქტიკაში კარგი შედეგებია მიღწეული გალიუმის ფუძეზე მიღებული სარჩილების გამოყენებით. შექმნილია სარჩილები, რომლებიც ქიმიურად ახლოა ოქროს დაბალი სინჯის შენადნობებთან (375, 585, 750 სინჯები) შენადნობის კომპონენტებთან და მალეგირებელ ელემენტებთან დამოკიდებულებით მიღებული სარჩილების დნობის ტემპერატურა $450-650^{\circ}\text{C}$ -ის ზღვრებში იცვლება. ძირითადი კომპონენტების გალიუმის და ოქროს გარდა ასეთი შენადნობის შედგენილობაში შედის სპილენძი, ვერცხლი, ნიკელი, კალა და სხვა ელემენტები. გალიუმის ფუძეზე მიღებული სარჩილები გამყარებისას ფართოვდებიან და განაპირობებენ შესაერთებელი ნაწილის სრულ შევსებას.

საიუველირო პრაქტიკაში მიღებულია ვერცხლის და ოქროს სარჩილები, რომლებიც ტექნოლოგიურდ მაგარ (მაღალმდნად) შენაერთებს განეკუთვნება. მათ ახასიათებთ შედარებით მაღალი სიმტკიცე, შესაბამისი პლასტიკურობა და კოროზიამდებობა. ვერცხლის სარჩილების ფუძეა ვერცხლის და სპილენძის ორკომპონენტური შენადნობები, რომელსაც ემატება თუთია, ნიკელი, კადმიუმი, კალა. ამ

ელემენტების დამატებით რეგულირდება სარჩილის ფიზიკურ-მექანიკური და ტექნოლოგიური მონაცემები (დნობის ტემპერატურა, სიმტკიცე და სხვა). ოქროს სარჩილების ფუძეა ოქრო-ვერცხლი-სპილენძის სამკომპონენტო შენადნობი, თუთიის, კადმიუმის და ნიკელის დამატებით. ცხრილის სახით მოცემულია ვერცხლის და ოქროს ზოგიერთი სარჩილის ქიმიურ-ტექნოლოგიური მონაცემები (ცხ. 8.1).

ცხრილი 8.1.

სარჩილის მარკა	ქიმიური შედგენილობა, %						სამუშაო ტემპერატურა t°C
	Ag	Au	Cu	Zn	Cd	Ni	
	ვერცხლის სარჩილები						
ПCp80	80	-	12.4	7.6	-	-	800
ПCp70	70	-	26.4	3.6	-	-	770
ПCp60	60	-	24.8	15.2	-	-	750
ПCp50	50	-	50	-	-	-	850
ПCp50K	50	-	16	16	18	-	650
ПCp25	25	-	40	35	-	-	780
ПCp10	10	-	53	37	-	-	850
	ყვითელი ოქროს სარჩილები						
ПЗп375	37,5	37.5	25.0	-	-	-	870
	28,5	37.5	30.0	4.0	-	-	850
ПЗп500	30,0	50.0	20.0	-	-	-	880
	25,0	50.0	18.7	6.3	-	-	830
	20,0	50.0	20.0	-	10.0	-	750
ПЗп583	18,0	58.3	15.0	-	8.4	-	840
	12,5	58.3	26.2	3.0	10.0	-	780
ПЗп750	3,0	75.0	10.0	-	12.0	-	740
	6,2	75.0	10.4	1.5	6.9	-	760
	თეთრი ოქროს სარჩილები						
ПЗп583	25.0	58.0	-	-	17.0	-	1000
	14.7	58.3	11.0	8.0	-	8.0	860
ПЗп750	13.0	75.0	-	-	12.0	-	1000
	7.0	75.0	6.0	8.0	-	4.0	850

საიუველირო ნაკეთობათა დამზადებისას, სარგებლობენ ძირითადი ლითონის სინჯის შესაბამისი ქიმიური შედგენილობის და მარკის სარჩილებით. სარჩილის მომზადებისას დაცულია შენადნობთა მიღების ძირითადი დნობის სქემა: პირველად მიიღება შედარებით ძნელდნობადი ლითონების ნარევი (ოქრო, ვერცხლი, სპილენძი), რომელსაც ემატება ადვილდნობადი ლითონების მდგენელები (თუთია, კადმიუმი). სარჩილის ერთგვაროვანი თხევადი მასა ჩამოსხმის შემდეგ იგლინება, იჭრება და რჩილის დროს დაცულია ძირითადი ლითონის და სარჩილის ფენათა ძტონალობის შესაბამისობა. თანამედროვე საიუველირო სარჩილების გარდა, ცნობილია ძველად გამოყენებული შენადნობები ვერცხლის და ოქროს ნივთების დასამუშავებლად. ძველი ვერცხლის სარჩილები მიღებულია ვერცხლის, სპილენძის, თუთიის და კადმიუმის შენადნობების სახით. ოქროს სარჩილები დამზადებულია ოქროს, ვერცხლის და სპილენძის ბაზაზე, კადმიუმის დამატებით. (ცხრილი 8.2.)

ცხ. 8.2.

№№	ელემენტთა წონითი შედგენილობა (გრამი)				
	Ag	Au	Cu	Zn	Cd
	ვერცხლის სარჩილები				
1	(96სინჯი) 4,0	-	1.0	-	-
2	3.0	-	1.0	-	-
3	10.0	-	10.0	1.0	-
4	5.0	-	4.0	-	1.0
5	(84სინჯი) 3,0	-	1.0	1.0	-
	ოქროს სარჩილები 94.92 და 84 სინჯის ოქროსათვის				
1	9.0	(96 სინჯი) 37.0	-	-	-
2	3.0	75.0	10.0	-	12.0
3	2.0	6.0	1.0	-	-
4	1.0	4.0	1.0	-	-
	ოქროს სარჩილები 72 სინჯის ოქროსათვის				
1	9.0	(96 სინჯი) 16.0	8.0	-	-
2	1.5	2.5	1.0	-	-
3	3.0	(72 სინჯი) 16.0	1.0	-	-
4	2.0	9.0	1.0	-	-

	ოქროს სარჩილები 56 სინჯის ოქროსათვის				
1	1.0	(96 სინჯი) 6.0	2.0	-	1.5
2	2.5	9.0	3.0	-	2.0
3	4.0	(56 სინჯი) 16.0	1.0	-	-
4	1.0	3.0	1.0	-	-

8.2. მდნობები (ფლუსი)

რჩილის პროცესში შესაერთებელი ლითონის დეტალების გახურებისას მის ზედაპირზე წარმოიქმნება ოქსიდური აფსკის ფენა. რჩილის წინ ოქსიდები მექანიკური წმენდით სცილდებიან ლითონის ზედაპირს. მათი ნარჩენების ბოლომდე მოცილებისა და ახალი ოქსიდის ფენის წარმოქმნის შეჩერების შესაძლებლობის გარანტიით გამოიყენება მდნობები. მათი მოქმედების მიზანია:

1. შესაერთებელი ლითონის ზედაპირიდან გახსნას და მოაცილოს ოქსიდური ფენა.
2. დაიცვას რჩილისთვის განკუთვნილი ზედაპირი და სარჩილი ოქსიდაციისაგან.
3. გაზარდოს სარჩილის თხევადდენადობა.

ვერცხლის, ოქროს და მათი შენადნობების რჩილისათვის უნივერსალური მდნობია ბორაკის (ტეტრაბორისმჟავა ნატრიუმის მარილი $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) და ბორის მჟავის (H_3BO_3) ნარევის პასტა (1:1 პროპორციით). პასტა მზადდება აღნიშნული მდგენელების თანაბარი პროპორციის მასის, გამოხდილ წყალში დუღილის შედეგად მიღებული მყარი ფაზის დამუშავებით. რბილი სარჩილებისთვის რეკომენდებულია შემდეგი მდნობები:

1. ქლორიანი თუთია (ZnCl_2). წარმოადგენს თეთრი ფერის მარილს, კარგად იხსნება წყალში, ჰიგროსკოპიულია. 283°C ტემპერატურაზე გახურებით გვამღევს თხევადდენად მასას, რომელიც ასრულებს მდნობის დანიშნულებას.

2. სარჩილი სითხე. მარილმჟავაში თუთიის გახსნით მიღებული გადაჯერებული ხსნარი, განზავებული 1:1 პროპორციით წყალში გვამღევს რბილი სარჩილებისთვის ოპტიმალური თვისებების სითხეს.

3. კანიფოლი ($\text{C}_{20}\text{H}_{30}\text{O}_2$) წარმოადგენს ყვითელი ფერის ფისოვან ნივთიერებას, რომელიც $100-200^\circ\text{C}$ ტემპერატურის პირობებში გამოიყენება მდნობის ფუნქციით.

9. ლითონის ნაკეთობათა ზედაპირული დამუშავება

9.1. მოსევალება

ვერცხლის და ოქროს ნივთების დეკორატიული დამუშავების უძველესი მეთოდია მოსევალება. სევადა წარმოადგენს ვერცხლის, სპილენძის და ტყვიის სულფიდების შენადნობს. მისი ფერი იცვლება შემადგენელი კომპონენტების შემცველობის მიხედვით და ღებულობს რუხიდან - შავ ტონალობამდე შეფერილობას.

მოსევალების პროცესი წარმოადგენს გრავირებული ჭედური ლითონის ზედაპირზე შესრულებული ნახატის (ნახაზის) სევალით შევსების ხელოვნებას. ლითონის ზედაპირის მომზადებული ნაწილი ამოივსება სევალის ფხვნილით და დასამუშავებელი ნივთი ხურდება სევალის მასის გადნობამდე. თხევადი მასა ავსებს ლითონის ზედაპირზე მომზადებული ნახაზის ამოღრმავებულ სივრცეს და ცივდება მასთან ერთად. სევალის შენადნობის ლითონის ზედაპირთან ქიმიური ურთიერქმედების შედეგად მიიღწევა მტკიცე კავშირი ლითონთან.

სევალის შედგენილობაში ზოგჯერ შეჰყავთ ბისმუტი და კალა. მდნობებად გამოიყენება ბორაკი და ამონიუმის ქლორიდი. შედგენილობის, ფერის და ბზინვარების მიხედვით ცნობილია სევალის სხვადასხვა სახეობა (ცხ. 9.1.)

ცხრილი 9.1.

№	შემადგენელი კომპონენტები, წ/პროპორციით						
	Ag	Cu	Pb	Bi	S	ბორაკი	NH ₄ Cl
1	3.0	1.0	3.0	-	-	-	-
2	2.0	4.5	4.5	-	24.0	1.0	-
3	2.0	5.0	3.0	-	24.0	1.0	-
4	1.0	2.0	3.0	-	12.0	1.0	-
5	1.0	4.5	7.5	-	37.5	-	1.2
6	9.0	1.0	1.0	1.0	30.0	-	-

მოსევალებისთვის განკუთვნილი ნივთის ზედაპირზე საჭიროა მკვეთრად გამოსახული, გრავირებული სურათი, გასუფთავებული და გაპრიალებული ლითონი. სევალის და ფლუსის ფაფისებური მასა დაიტანება მოსევალებისთვის განკუთვნილი ლითონის ზედაპირზე, შრება და შემდეგ ხურდება ღუმელში 300-400°C ტემპერატურაზე, სევალის მასის გადნობამდე. შემდეგ დამუშავებული

მოსევადებული ლითონის ზედაპირი იხეხება, სუფთავდება და პრიალდება. როგორც წესი, სვედით მუშავდება მაღალი სინჯის ვერცხლისაგან დამზადებული ნივთები (875, 920 სინჯის მასალა). ოქროს ზედაპირზე მისი გოგირდთან არამყარი შეერთების გამო, სვედა არ დაიტანება. მისი აუცილებლობის შემთხვევაში, სვედა ოქროზე მაგრდება ვერცხლის შუალედური ფენის გამოყენებით, რომელიც თავსდება სვედის ფენასა და გრავირებული ოქროს ზედაპირს შორის.

9.2. მომინანქრება

მინანქრის ტექნოლოგიის განვითარების ისტორია მისი გამოყენების ფართო სფეროს წარმოადგენს. უძველესი დროიდან დღემდე ამ ხელოვნებამ შეცნობა - ათვისების მრავალი საფეხური გაიარა და მრავალსახოვანი ნიმუშები დაგვიტოვა, უმცირესი და უმარტივესი საიუველირო ნაწარმიდან დიდი ფორმის ნივთების ჩათვლით. მინანქრით შესრულებული ხელოვნების ნიმუშები რამდენადაც შეცვლილი ფორმით და შინაარსით დღეს ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე საიუველირო წარმოებაში, სუვენირების სახით და ინტერიერის დეკორატიული გაფორმებისთვის. განსაკუთრებით ფართო დანიშნულებით ვრცელდება დიხრული მინანქრის წარმოება.

ყველა სახეობის მინანქარი (ფერწერული, ზედნადები, ღრმული, ვიტრაჟული, ტიხრული) დამოუკიდებლად მათი დანიშნულებისა მზადდება საერთო ტექნოლოგიური რეჟიმით და ინდივიდუალური ტექნიკით, რომელიც ითვალისწინებს თერმულ დამუშავებას (ელექტროლუმელი, აირის ალი) ტემპერატურულ რეჟიმს (ერთჯერადი, მრავალჯერადი გამოწვით) და გამოწვის შემდგომ ზედაპირულ დამუშავებას (აბრაზიული ხეხვა, პოლირება).

9.2.1. მოსამინანქრებელი ლითონები (შენადნობები)

მინანქრის დაფარვის პროცესი წარმოადგენს მოსამინანქრებელი ნაკეთობის ზედაპირზე მინანქრის შლიკერის (სველი დაფარვა), ან მინანქრის ფხვნილისა და წვრილდისპერსული პუდრის (მშრალი დაფარვა) დატანას (განთავსებას), შემდგომი თერმული ამუშავებით. დაფარვის პროცესი განსაზღვრავს მინანქრის მასის ფენის სისქეს და ერთგვაროვნებას, დამოკიდებულია მოსამინანქრებელი ლითონის თვისებებზე და დასაფარავი ზედაპირის მომზადების ხარისხზე.

თანამედროვე მომინანქრებული ნაწარმის მისაღებად გამოიყენება: შავი (ფოლადი, თუჯი), ფერადი (ალუმინი, ტიტანი, სპილენძი და მისი შენადნობები), და ძვირფასი ლითონები (ვერცხლი, ოქრო). ფართო სფეროს მოიცავს ტექნიკური და

სპეციალური დანიშნულების მინანქარი (ჭურჭელი, აპარატურა, სამშენებლო დეტალები, ქიმიური სამედიცინო მრეწველობა და სხვა).

დეკორატიული მომინანქრებისათვის გამოიყენება ფერადი და ძვირფასი ლითონებისაგან შენადნობების განსაკუთრებული ნაწილი, რომელთა ფუძეზე მიღებული ნაწარმი უძველესი დროიდან არის ცნობილი. სპილენძის შენადნობებიდან უფრო ხშირად მოსამინანქრებლად გამოიყენება ტომპაკი, თითბერის ჯგუფის შენადნობების ცნობილი მასალა. ძვირფასი ლითონების შენადნობებიდან ძირითადად იხმარება 950, 920 და 750 სინჯის ოქრო და 450-920 სინჯის ვერცხლი (ცხ. 9.2.1)

მომინანქრების პროცესის სრულყოფილი შედეგების მისაღწევად გასათვალისწინებელია ლითონური ნაწილის ფიზიკურ-ქიმიური მონაცემები: ფუძის მეტალის (შენადნობის) დნობის ტემპერატურა (Cu-10830C , Ag-9160C , Au-10630C), გაფართოების კოეფიციენტი (სპეციალური მინანქრით), მინარევი ელემენტების მიზერული შემცველობა (სპილენძისათვის ტყვია - 0,06%, რკინა - 0,05%, ნიკელი - 0,02%).

სპილენძის ზედაპირის ფერი გავლენას ახდენს გამჭვირვალე მინანქრის შეფერილობაზე (გამოწვის დროს წარმოქმნილი სპილენძის ოქსიდი მწვანედ ღებავს, როგორც გამჭვირვალე ისე დახშულ მინანქარს), ამდენად აუცილებელია შუალედური ფენის გამოყენება. ტომპაკისგან განსხვავებით, თუთიის შემცველობის გაზრდა თითბერში მინანქრის ზედაპირზე აირბუმტების წარმოქმნას უწყობს ხელს, მინარევების მომატება ან ლითონის ზედაპირის დამუშავების (მოწამვლის დეფექტები). მინანქრის ტკეზას და ბზარების გაჩენას იწვევს (საჭირო ხდება თითბერის ფუძის ზედაპირის სპილენძის გამდიდრება მინარევების მჟავებში გახნის მეთოდით, ან გალვანური მოსპილენძებით). სუფთა, პლასტიკური სპილენძის ფუძე, მინანქართან ერთად დაბალი სიჩქარით გაცივებისას (გამყარებისას) დაძაბულობის წარმოქმნის საშიშროებას ხსნის (ცხ. 9.2.1.)

ვერცხლის შენადნობების გამოყენების შემთხვევაში, ყურადღება ექცევა მათი ღვობის დაბალ ტემპერატურას (Ag/Cu ევტექტიკის დნობის ტემპერატურაა 800°C), აგრეთვე მაღალი გაფართოების კოეფიციენტს რათა მომინანქრებული ზედაპირი დაცული იქნეს ბზარებისაგან, ლითონური ნაწილის შესაძლო დეფორმაციის გამო. ვერცხლის ფუძეზე ხშირად დაიტანება მინანქრის შუალედური ფენა, რაც იცავს ძირითად საფარს ზედმეტი მოყვითალო შეფერილობისაგან.

№	შენადნობის სინჯი	ქიმიური შედგენილობა, %						
		Cu	Ag	Au	Pb	Fe	Bi	Zn
1	თითბერი (96)	95-97	-	-	0.02	0.01	0.002	3-5
2	თითბერი (90)	87-91	-	-	0.03	0.01	0.002	9,0-13,0
3	ვერცხლი (920-950)	5.0-8.0	92.0-95.0	0.1	0.005	0.01	0.005	-
4	ოქრო (950)	2.0-2.5	2.0-2.5	95.0	0.005	0.01	0.003	-
5	ოქრო (920)	4.0-4.5	3.5-4.0	92.0	0.005	0.01	0.003	-
6	ოქრო (750)	-	25.0	75.0	0.005	0.01	0.005	-

საუველირო ოქრო და მისი სხვადასხვა სინჯის შენადნობები წარმოადგენს კარგ ფუძეს მხატვრული მინანქრისათვის. ოქროს მოყვითალო ტონალობა განსხვავებულ გავლენას ახდენს გამჭვირვალე მინანქარის ფერთა გამის შექმნაზე, რაც რეგულირდება დატანილი მინანქრის სისქის შესაბამისად.

9.2.2. ლითონის ფუძის მომზადება მომინანქრებისათვის

მომინანქრების მაღალი ხარისხი განპირობებულია ფუძის ლითონური ზედაპირის იდეალური მომზადებით. ლითონური ნაწილის ზედაპირის დამუშავება საჭიროა მინანქარსა და ლითონს შორის მჭიდრო შეჭიდულობის განხორციელებისათვის. ამასთან, ლითონის ზედაპირს სცილდება (იწმინდება) მასზე არსებული ორგანული და არაორგანული ნადებები (ნაერთები), რომლებიც აფერხებს მომინანქრების პროცესს. ნაკეთობის ფორმისა და ზომების ჩამოყალიბების (შექმნის) შემდეგ, ხდება ზედაპირის შესაბამისი დამუშავება, რაც დამოკიდებულია ლითონის ბუნებაზე და ზედაპირის ფიზიკურ-მექანიკურ მონაცემებზე.

ნებისმიერი სინჯის ოქროს ზედაპირის მომზადება მოიცავს პროცედურების კომპლექსს: 1. გამოწვას ($600-700^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე, 15-20 წუთის განმავლობაში); 2. „გათეთრებას“ (დამუშავებას 9-12%-იანი გოგირდმჟავას ხსნარში, $50-60^{\circ}\text{C}$ ტემპერატურაზე, 5-10 წუთის განმავლობაში); 3. გარეცხვას, გახეხვას (თითბერის ჯაგრისით და სოდის ხსნარით); 4. მეორად გამოწვას.

ვერცხლის შენადნობის ზედაპირის მომზადებისას ოქროს მასალის ანალოგიურად, მოწვა-გათეთრება გარეცხვის შემდეგ, ზედაპირი მუშავდება კონცენტრირებულ აზოტმჟავაში (1 წუთის განმავლობაში - 2-ჯერ, შუალედური რეცხვით და

კრაცირებით). საბოლოოდ ვერცხლის ზედაპირი ექვემდებარება მეორად გამოწვას (800°C ტემპერატურაზე, 1-2 წუთის დაყოვნებით).

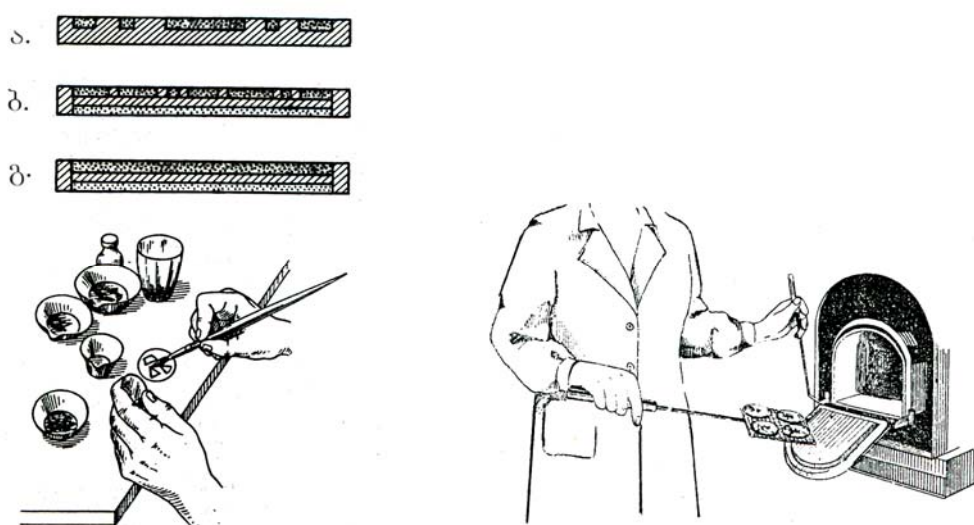
სპილენძის მასალის ზედაპირული მომზადება ოქროს ანალოგიურია, საჭიროების შემთხვევაში „გათეთრების“ შემდეგ ამუშავებენ ძლიერი კონცენტრირებული მჟავების ნარევიში (მარილმჟავა+გოგირდმჟავა+აზოტმჟავა, აზოტმჟავა პროპორციით: 0,2:1:2).

9.2.3. მინანქრით დაფარვის მეთოდები

საწარმოო პირობებში მინანქრის დატანა ხორციელდება მექანიზებული საშუალებებით (ავტომატური დაფარვით), ინდივიდუალური შემოქმედებითი სამუშაოებისას - სრულდება ხელით. ორივე შემთხვევაში უპირატესობა ენიჭება სველი დაფარვის მეთოდს.

მომინანქრების პროცესის დანიშნულება ფუძე ლითონის ზედაპირზე დატანილი მინანქრის მასის გაღებობაა. მომინანქრების ტექნოლოგიური სქემიდან გამომდინარე, ძირითადი ოპერაციების შერჩევა განისაზღვრება ფუძე ლითონით და მინანქრის დატანა გამოწვის პროცესის რიცხვით (ერთფენიანი, ორფენიანი, მრავალფენიანი დატანით და ერთჯერადი, ორჯერადი, მრავალჯერადი გამოწვით).

მომინანქრების ტექნოლოგიური სქემა მოიცავს ფუძე მეტალის მომზადებას მინანქრის დატანის, შრობის, გამოწვის და საფარის ზედაპირული დამუშავების პროცესებს, რომელიც შეიძლება განმეორდეს შესრულების სახის (მეთოდის) შესაბამისად. (სურ. 9.2.3.)



სურ. 9.2.3. მომინანქრების პროცესი. მინანქრის სახე:

ა. ამოღრმავებული, ბ. ტიხრული, გ. ფერწერული.

მომინანქრებული სპილენძი, ვერცხლი, ოქრო და მათი შენადნობები, ძირითადად საეკლესიო და მხატვრული ნაკეთობების, სამკაულისა და საიუველირო ნაწარმის დასამზადებლად გამოიყენება, აღნიშნული ლითონების მაღალი ღირებულების ტემპერატურა იცავს დამზადებული ფუძის, ფორმის მთლიანობას გამოწვის პროცესში თერმული ზემოქმედებისაგან ($700-900^{\circ}\text{C}$).

სპილენძი და მისი შენადნობები ფართოდ გამოიყენება მხატვრულ მომინანქრებაში, მასალის სიიაფის, ოქროს იმიტაციების, შესაბამის ფერთა გამის ოქროსთან მსგავსების და ღირებულების მაღალი ტემპერატურის (1083°C) გამო. მომინანქრების პროცესში მინანქარში გახსნილი სპილენძის ოქსიდი ფერს უცვლის როგორც გამჭვირვალე, ისე დახშულ მინანქარს (მწვანე შეფერილობა). ამდენად გარკვეულად ცვლის შრჩეულ ფერთა გამას.

ვერცხლი, ნეიტრალური შეფერილობის გამო წარმატებით გამოიყენება გამჭვირვალე მინანქრისათვის. ვერცხლის შენადნობებიდან შედარებით მაღალი ღირებულების ტემპერატურით (1020°C) და სიმტკიცის უკეთესი მაჩვენებლებით გამოირჩევა 925 სინჯის მასალა ($\text{Ag} - 92,5\% \text{ Cu} - 75\%$) ზოგიერთი შედგენილობის მინანქარი ქიმიური რეაგირების გამო (ყვითელი ფერის წარმოქმნით) მიზანშეწონილია შუალედური ფერის დატანა.

ოქრო საუკეთესო ლითონია მხატვრული მომინანქრებისათვის. დაბალი სისაღის გამო, პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება ოქროს ფუძეზე მიღებული ორი ან სამ კომპონენტიანი შენადნობები ($\text{Au} - \text{Ag}$, $\text{Au} - \text{Cu}$, $\text{Au} - \text{Ag} - \text{Cu}$) ოქროს შენადნობთა ფერთა გამა დიდ გავლენას ახდენს უფერო და ფერად გამჭვირვალე ფერად მინანქარზე. ძვირფასი მომინანქრებული საუველერო ნაწარმის დასამზადებლად ეფექტურია ოქროს 950-სინჯის მასალა ($\text{Au}-95\%$, $\text{Ag}-2\%$, $\text{Cu}-3\%$). მხატვრულ მინანქარში ძირითადად იყენებენ ოქროს 920 სინჯის შენადნობს ($\text{Au}-92\%$, $\text{Ag}-3-5\%$, $\text{Cu}-3,5\%$). ლეგირებული ვერცხლით გაუმჯობესებული დაბალი სინჯის ოქროს შენადნობები ფართოდ იხმარება მათი შედარებით სიიაფისა და მექანიკური მახასიათებლების გამო ($\text{Au}-66,7\%$, $\text{Ag}-25\%$, $\text{Cu}-8,3\%$; $\text{Au}-66,7\%$, $\text{Ag}-30\%$, $\text{Cu}-3,3\%$).

9.3. მოოქროვება მოვერცხვლა

ფურცლოვანი ოქროს (ქანდაკ) მასალის ხელოვნების ნიმუშების დაფარვა ისტორიულად წარმოადგენდა ნაკეთობის განსაკუთრებული შემკობის თავისებურ სახეს.

ქანდა (сусаль, აქედან сусальное золото) მზადდება უმცირესი სისქის ფურცლოვანი ოქროს მასალისაგან, ნივთის ზედაპირის დეკორატიული გაწყობა-დაფარვის დანიშნულებით (ცნობილია „ქანდა ვერცხლი“, კალის ფუძეზე მიღებული შენადნობი: Sn-91%, Zn-8,3%, Pb-0,7% გამოიყენება როგორც ვერცხლის შემცველი).

ოქროს როგორც ერთ-ერთი ძვირად ღირებული ლითონის, მასიური გამოყენების სიძვირით განპირობებულია მისი იმიტაციის შესაბამისი რთული ტექნოლოგიის შექმნის აუცილებლობა. ოქროს მასალის თხელი ფენით იფარება ხის, ლითონის, ძვლის, ხელოვნების ნიმუშები. თუ უძველესი არქეოლოგიური ნივთები დაფარულია საკმაოდ დიდი სისქის ოქროს ფენით, მომდევნო პერიოდის ინვენტარის მოოქროვებისათვის საჭირო იყო ოქროს მასის რაოდენობა თანდათან მცირდება და თანამედროვე საიუველირო ნაწარმისათვის ნიშანდობლივია ნახევრად გამჭვირვალე მოოქროვილი ზედაპირული ფენის შექმნის ტექნოლოგიური სქემის გამოყენება.

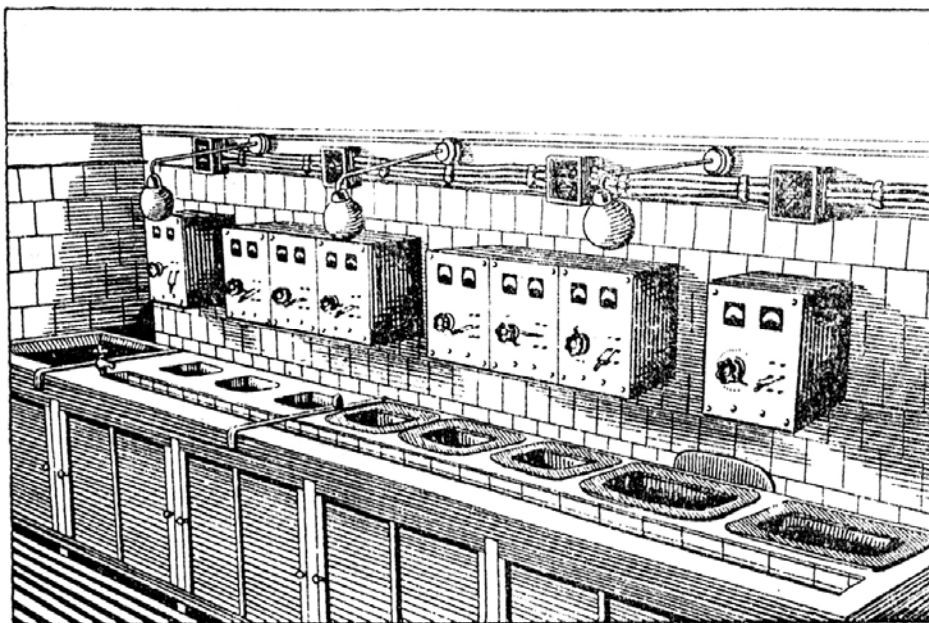
მოოქროება ტარდება იდეალურად დამუშავებულ მყარ ზედაპირზე მოოქროვლი ნივთისათვის აუცილებელი დეკორატიული ფასეულობის შექმნის მიზნით, მისი ზედაპირი იფარება სხვადასხვა ლაქებით. სუფთა ოქროს მასალის გარდა განსაკუთრებული სხივური ეფექტების მისაღწევად გამოიყენება მწვანე ოქრო (ოქრო ვერცხლის შენადნობი), წითელი ოქრო (ოქრო სპილენძის შენადნობი). ნივთის საწყისი ფერის სრული იმიტაციისათვის ოქროს ემატება პატინირებული სპილენძი.

მოოქროვება - მოვერცხლის პროცესი მოიცავს რთულ ტექნოლოგიურ სქემას და აერთიანებს რამოდენიმე ოპერაციას: ზედაპირის დამუშავებას, ნივთზე სპეციალური საფარის (ლევკასის) დატანას, ოქროს (ვერცხლის) დაფენას და დეკორატიულ მოპირკეთებას.

მექანიკური მეთოდით მოოქროვებისას (მოვერცხლისას) ნივთის ზედაპირზე ოქროსფენა დაიტანება წებოს ან ზეთის გამოყენებით. პირველ შემთხვევაში მიიღება სხვადასხვა ტონალობის და სიპრიალის მქონე მოოქროვილი სარკისებრი ზედაპირი. ზეთოვანი მოოქროვებით მიღებული ზედაპირი შედარებით მტკიცეა და წყალგაუმტარია, მაგრამ ერთბაშად უშუქვერში და ნაკლები ბრწყინვალეობით. მოოქროვებისათვის იხმარება ფურცლოვანი 96 სინჯის ოქროს მასალა (Au-96%, Ag-2%, Cu-2%), იშვიათად 75 სინჯის ოქროც (Au-75%, Ag-25%). მოოქროვილ ისტორიულ ნივთებზე ძირითადად გამოყენებულია წითელი ოქრო. ნივთები დაფარულია აგრეთვე მოვერცხლილი დეკორატიული ფენით. ბრინჯაოს ნივთების ზედაპირის მოოქროება, მოვერცხლა, ლითონის ფუძეზე მიღებული ესქონანტის დამუშავების ძველი

მეთოდებია. ის ამშვენებს ისტორიის და კულტურის არაერთ ნიმუშს. საუკუნეების განმავლობაში ნივთის ზედაპირის მოოქროება ხდებოდა ამაგამირებით (ოქროს და ვერცხლის წყლის შენადნობებით). სპილენძის, ბრინჯაოს, ვერცხლის ნივთები იფარებოდა ვერცხლისწყლის ამაღვამის ხსნარით, რომელიც ტემპერატურული დამუშავების შემდეგ ნივთზე ტოვებდა ღია მზინავ ოქროს ფენას, მიიღებოდა მოოქროვილი ზედაპირი (ამაღვამაციის შედეგად დაფარული ზედაპირი შედგება სამი ფენისაგან სპილენძისაგან, სპილენძ-ოქროს ბინარული შენადნობისგან და ოქროსგან).

მოოქროება - მოვერცხლის თანამედროვე მეთოდია ელექტროქიმიური დამუშავება, რომელიც შედგება ზედაპირული მოსამზადებელი და ელექტროლიზის პროცესებისგან. ზედაპირული დაფარვისთვის ნივთი ექვემდებარება მონტაჟს, რჩილვას, მექანიკურ დამუშავებას და ზედაპირის ქიმიური გააქტიურების პროცესს (სუსტი მოწამვლა რეაქტივით, ზედაპირული ოქსიდური ფენის მოცილების მიზნით. მოოქროვების ელექტროლიტები ორი ტიპისაა: ციანიდური (ქიმიურად თავისუფალი ციანიდებით - ტუტე, ნეიტრალური და მჟავე რეაქციით) და არაციანიდური. მათ შორის კარგ შედეგებს იძლევა მჟავა ელექტროლიტები, სადაც მჟავა გარემო დაცულია ორგანული მჟავების გამოყენებით.



სურ. 9.3.1. მოოქროება - მოვერცხლის გაღვანოტექნიკა
(ელექტროლიტური აბაზანის მოწყობილობა)

მოვერცხლის მეთოდის ციანიდური ელექტროლიტებისათვის ძირითადი კომპონენტია ვერცხლის კომპლექსური მარილი. არაციანიდური ელექტროლიტებისათვის კარგი შედეგებია მიღებული პიროფოსფატური ხსნარებით, ზედაპირის წვრილკრისტალური ფენოვანი დაფარვის მექანიზმით. შედარებით მყარი და ერთგვაროვანი მყარი დაარვისთვის ელექტროლიტს ემატება ჟელატინი, ნატრიუმის ფტორიდი და სხვა რეაქტივები. (სურ. 9.3.1).

თანამედროვე სარესტავრაციო ლაბორატორიულ პრაქტიკაში ელექტროქიმიურთან ერთად გამოიყენება მოვერცხლის ქიმიური მეთოდი.

სარესტავრაციო პრაქტიკაში გვხვდებით აგრეთვე დეკორატიული დაფარვის იმიტაციას, საერთო მოოქროების და მოოქროული ბრინჯაოს სახით. მოოქროების იმიტაცია ტარდება ფაიფურის, ხის, ლითონის ნივთების ზედაპირზე ამ მიზნით გამოიყენება ე.წ. „ბრინჯაოს საღებავი“ (ზეთის ლაქში გახსნილი ფქვილისებული მასა). აღნიშნული კომპოზიციური მასა ნივთის ზედაპირზე ქმნის ოქროს იმიტაციის ყვითელი ტონალობის ფენას შემდეგომ მუშავდება დამცველი სითხით (პოლიბუთილმეტაკრილიტის ხსნარი ქსილოლში); დამცველი ფენა ხასიათდება წყალგაუმტარობით და მდგრადობით ატმოსფერული მოქმედების მიმართ.

9.4 ძვირფასი (კეთილშობილი) ლითონების სინჯები

ოქრო, ვერცხლი და პლატინა საიუველირო წარმოებაში სუფთა სახით არ გამოიყენება. ჩვეულებრივ საიუველირო ნაწარმი მზადდება მათი შენადნობებისაგან.

ოქრო-ვერცხლის სისტემის შენადნობები (Au - Ag) ქმნიან განუსაზღვრელი ხსნადობის ჩანაცვლების მყარ ხსნარებს (წახნაგდაცენტრებული კუბური გისოსის შესაბამისად, პარამეტრებით $Au - D_a = 4.070\text{\AA}$, $Ag - D_a = 4.077\text{\AA}$), გვხვდებიან ბუნებრივი და ხელოვნური სახით.

შენადნობთა ფერი ოქროდან ვერცხლისკენ იცვლება ქიმიური შედგენილობის შესაბამისად: Ag = 10 – 20% - ყვითელი; Ag 20 – 40% - ყვითელი – მომწვანო; Ag = 50% - მოყვითალო = თეთრი; Ag = 60% და ზევით – თეთრი. შენადნობები ხასიათდებიან პლასტიკურობით, ჭედადობით და სტრუქტურული ერთგვაროვნებით. ოქრო-ვერცხლის შენადნობთა დნობის ტემპერატურა ძვეს თითოეული კომპონენტის დნობის ტემპერატურათა შორის (მაგ. 580 სინჯის ოქრო დნება 1030°C ტემპერატურაზე).

ოქრო-სპილენძის სისტემის შენადნობები (Au-Cu) გვხვდებიან ბუნებრივი და ხელოვნური სახით. შედარებით ნაკლებად ბუნებაში, ვიდრე ოქრო-ვერცხლის სისტემის

შემთხვევაში, ძირითადად ხელოვნური ლიგატურის სახით. ამ სისტემის შენადნობები ქმნიან განუსაზღვრელი ხსნადობის ჩანაცვლების მყარ ხსნარებს. დაბალ ტემპერატურაზე ($400 - 450^{\circ}\text{C}$) წარმოიქმნება ორი ქიმიური ნაერთი: AuCu ($40-70\% \text{ Au}$) და AuCu_3 ($22-40\% \text{ Au}$). ოქრო-სპილენძის შენადნობის მყარი ხსნარი (α) პლასტიკური და ჭედალია. AuCu ნაერთი (γ) კი სალი და მყიფეა. არ ექვემდებარება გლინვისა და ადიდვის ოპერაციებს. შესაბამისად მისი წარმოქმნის შემცველობის დიაპაზონში AuCu ქიმიური ნაერთის წარმოქმნა რეგულირდება მასალის წრთობით (შენადნობი ინარჩუნებს პლასტიკურობას და ერთგვაროვნებას). ოქრო-სპილენძის შენადნობთა დნობის ტემპერატურა ცალკეული კომპონენტის დნობის ტემპერატურაზე დაბალია (მაგ. 375 სინჯის ოქრო დნება 990°C ტემპერატურაზე, 580 სინჯის ოქრო 935°C -ზე, 800 სინჯის ოქრო 910°C -ზე და ა.შ.). $10-15\%$ -ზე ზევით სპილენძის შემცველობის ოქროს შენადნობი ძნელად მუშავდება სისაღის ზრდის გამო (ცხ. 9.4.1), ამასთან ერთად არ იცვლება მასალის საერთო მოცულობა. ოქრო-სპილენძის ყველა შენადნობი იხსება “მეფის არაყში”.

ცხ. 9.4.1.

№	შედგენილობა, %		სისაღე
	Au	Cu	კგძ/მმ ² HB
1	100	0	19
2	96,5	3,5	34,8
3	87,8	12,2	81,1
4	79,2	20,8	187,6
5	75,6	24,4	126,3
6	71,7	28,3	189,1
7	58,3	41,7	81,8
8	50,9	49,1	44,2
9	47,4	52,6	59,6
10	35,4	64,6	47,2
11	25,7	74,3	51,9
12	0	100	35

სამკომპონენტიანი სისტემისათვის (Au-Ag-Cu), ცნობილია შედარებით დაბალმდნად შენადნობთა განლაგების ადგილი და მათი პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობები. სპილენძის ფუძეზე მიღებულ შენადნობებში შესამჩნევია ოქროს და ვერცხლის არათანაბარი განაწილება (ძირითადად გროვდებიან სხმულის ქვედა ნაწილში). სამკომპონენტიანი შენადნობები ფართოდ გამოიყენება საიუველირო წარმოებაში, კარგად მუშავდება გლინვით და ჭედურობით. ძირითადად გამოიყენება ოქროს 580 სინჯის სახით, სადაც ვერცხლის შემცველობა $10-25\%$ -ია.

საიუველირო წარმოებაში ვერცხლის შენადნობების შეზღუდული რაოდენობა გამოიყენება. ძირითადად იხმარება 875 სინჯის ვერცხლი (Ag – 87,5%, Cu -12,5%). ვერცხლის შენადნობები სპილენძთან კარგად იჭედება და იგლინება. შენადნობთა სისაღე იზრდება მაღეგირებელი ელემენტის დამატების პროპორციულად (ცხ. 9.4.2), დნობის ტემპერატურა დაბალია თითოეული კომპონენტის დნობის ტემპერატურაზე (მაგ. 800 სინჯის ვერცხლი დნება 820°C ტემპერატურაზე, 875 სინჯის ვერცხლი 880°C ტემპერატურაზე და ა.შ.). Ag – Cu შენადნობთა ფერთა გამა იცვლება ბრწყინვალე თეთრიდან მოწითალო ტონალობამდე.

ცხ. 9.4.2.

№	შედგენილობა, %		სისაღე
	Ag	Cu	კგძ/მმ ² HB
1	100	0	25
2	97,6	2,4	33,9
3	91,9	8,1	51,1
4	87,2	12,8	51,7
5	75,9	24,1	52,2
6	53,1	46,9	52,3
7	17,9	82,1	55,7
8	6,6	93,4	58,1
9	3,3	96,7	43,2
10	0	100	35

ძვირფასი ლითონების შენადნობთა სისუფთავე ისაზღვრება სინჯით. ძვირფასი ლითონების სინჯთა ფასეულობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება ციფრული გამომსახველობითი სისტემები: მეტრული, მისხლობრივი და კარატული. მათ შორის არსებული დამოკიდებულება მოცემულია ცხრილის სახით (ცხრ. 9.4.3).

ცხრილი 9.4.3

№	მეტრული სინჯი	მისხლობრივი სინჯი	კარატული სინჯი
1	1000	96	24
2	958	92	23
3	916	88	22
4	875	84	21
5	750	72	18
6	583	56	14
7	500	48	12
8	375	36	9

საიუველირო ნივთებში ძვირფასი ლითონების შემცველობის განსაზღვრისათვის დადგენილია მეტრული სინჯების შემდეგი სისტემა:

1. ოქროს ნივთებისათვის – 375, 500, 585, 750, 800, 875, 916, 958.
2. ვერცხლის ნივთებისათვის – 750, 800 875.
3. პლატინის ნივთებისათვის – 750 950.

ცხრილის სახით მოცემულია საზღვარგარეთის ქვეყნების საიუველირო ოქროს მწარმოებელი ფირმებისათვის ცნობილი ოქროს შენადნობების ქიმიური, ფიზიკური და მექანიკური მახასიათებლები (ცხ. 9.4.4).

ცხ. 9.4.4.

კომპონენტთა წონითი ნაწილი			სიმკვრივე გ/სმ³	სისხალე HB	t დნ	სტანდარტული ფერი
Au	Ag	Cu				
986	0	14	19.1	34	1001	მოწითალო ყვითელი
917	83	0	18.2	30	1057	მკრთალი ყვითელი
917	55	28	18.1	48	1035	ღია ყვითელი
917	0	83	17.6	67	957	ნარინჯისფერი წითელი
900	0	100	17.2	75	948	მოწითალო
833	167	0	16.5	32	1051	ღია-მოყვითალო მწვანე
833	125	12	16.2	64	1025	მკრთალი ყვითელი
833	42	125	15.9	109	929	ნარინჯისფერი ყვითელი
833	0	167	15.6	116	900	ნარინჯისფერი წითელი
750	250	0	15.9	32	1038	მკრთალი-მოყვითალო-მწვანე
750	214	36	15.8	65	1025	ღია მოყვითალო-მწვანე
750	167	83	15.6	97	968	მომწვანო ყვითელი
750	125	125	15.4	130-190	905	ღია ყვითელი
750	0	250	14.8	130-140	898	კაშკაშა წითელი
666	210	124	14.5	90	835	წვანე
666	83	250	14.2	128	895	მოწითალო
625	188	187	14.0	122	858	ღია ყვითელი
585	415	0	14.7	45	1030	მკრთალი მწვანე
585	356	59	14.0	95-100	980	ღია მწვანე
585	277	138	13.7	115-140	870	ღია-მოყვითალო-მწვანე

585	208	207	13.6	130-160	845	ყვითელი
585	104	311	13.2	120-170	885	მოწითალო ყვითელი
585	80	335	13.1	110-150	907	ნარინჯისფერი წითელი
585	0	415	13.0	60-85	945	კაშკაშა წითელი
500	333	167	13.1	120-180	938	ღია ყვითელი
500	167	333	12.6	130-180	885	მუქი ყვითელი
500	71	429	12.3	90-110	905	ნარინჯისფერი წითელი
333	533	134	12.0	95-170	860	მკრთალი მწვანე
333	334	333	11.5	115-155	825	ღია ყვითელი
333	210	457	11.1	90-140	900	ყვითელი
333	167	500	11.1	105-135	904	მოწითალო ყვითელი
333	120	547	10.9	85	790	ნარინჯისფერი წითელი

საიუველირო ნაწარმზე კეთდება სინჯის შესაბამისი დამლა (მაგ. ოქროს 583 სინჯი ნიშნავს, რომ შენადნობი შეიცავს 583 წონით ნაწილს სუფთა ოქროს 417 წონით ნაწილს მინარევ ელემენტებს). რაც მაღალია სინჯი მით მეტია შენადნობში ძირითადი ძვირფასი ლითონის პროცენტული (წონითი) შემცველობა. ძვირფასი ლითონების შემცველობის მიხედვით, შენადნობი შეიძლება იყოს დაბალი ან მაღალი სინჯის.

არსებობს შენადნობის სინჯის გაზომვის სხვადასხვა მეთოდი: ქლორიანი ოქროს ხსნარით, სასინჯი რეაქტივებით, სასინჯი ქვებით და ლაბორატორიული მუფელური მეთოდით. ქლორიანი ოქროს ხსნარით მარტივად დგინდება ძვირფას ლითონთა შენადნობების ხარისხი. ქლორიანი ოქროს ხსნარის მოთავსებით გასუფთავებული შენადნობის ზედაპირზე ქლორისა და სასინჯი ლითონის ურთიერთქმედების პრინციპზე გამოყოფილი ნალექის ფერით განისაზღვრება შენადნობის, ან ლითონის ხარისხი. ძვირფასი ლითონების და მათი შენადნობების ქლორიანი ოქროს ხსნარით განსაზღვრული ხარისხობრივი ანალიზის მონაცემები მოგვეყვას ცხრილში. (ცხ. 9.4.5.)

№№	სასინჯი ლითონის ფერი	ნალექის ფერი	განსაზღვრის დრო	ლითონის სინჯი
1	თეთრი	მუქი მწვანე	რამოდენიმე წამი	სუფთა ან მაღალი სინჯის ვერცხლი
2	თეთრი	შავი	30-40 წამი	კალა
3	მორუხო თეთრი	ფერი არ იცვლება	“—”	პლატინა
4	მორუხო თეთრი	ყვითელი გარდამავალი შავ ფერში	რამოდენიმე წამი	თუთია
5	ყვითელი	ფერი არ იცვლება	“—”	სუფთა ოქრო ან მაღალი სინჯის შენადნობი ვერცხლთან
6	ყვითელი	ყავისფერი მუქი	“—”	დაბალი სინჯის ოქროს შენადნობი ვერცხლთან ან სპილენძთან
7	ყვითელი	შავი მელნისფერი	“—”	თითბერი
8	ყვითელი-თეთრი ტონალობით	შავი	“—”	ვერცხლის დაბალი სინჯის შენადნობი სპილენძთან
9	წითელი ტონალობით	ფერი არ იცვლება	“—”	მაღალი სინჯის ოქროს შენადნობი სპილენძთან
10	წითელი	ოქროსფერი ან ყავისფერი	“—”	დაბალი სინჯის ოქროს შენადნობი სპილენძთან
11	წითელი	შავი-მელნისფერი	“—”	სპილენძი

10. ძვირფასი ლითონების დამუშავება

(საწარმოო პროცესების ძირითადი სახეები)

საიუველირო საქმე მხატვრული შემოქმედების ერთ-ერთი უძველესი ხელოვნებაა. თაობიდან თაობაზე გადადიოდა ოქრომჭედლობის შესაბამისი ლითონებისა და შენადნობების შეცნობა - გამოყენების პრაქტიკულ-ემპირიული ცოდნა-გამოცდილება, რომლის შედეგად შექმნილმა საიუველირო ნაწარმის შედევრებმა დღევანდლამდე შემოინახეს ძვირფასი ლითონებისა და ქვების მხატვრულ - დეკორატიული დამუშავების განუმეორებელი სახე.

საიუველირო საქმე - მცირე ფორმის ხელოვნება, მაღალი ტალანტის და ტექნიკური შესრულების ზეზუნებრივი შესაძლებლობების მქონე ოსტატთა ხელში, იქნდა განსაკუთრებულ გამომსახველობით და მხატვრულ ფასეულობას. კეთილ-შობილი ლითონების და შენადნობების, ძვირფასი და ნახევრადძვირფასი ქვებით შედგენილი საიუველირო ნაწარმი გამორჩეულია როგორც გარეგნული მხატვრული ეფექტით, ისე შერჩეული მასალის განსაკუთრებული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით. ამავე დროს საიუველირო ნაკეთობა განსაზღვრავდა მფლობელის სოციალურ სტატუსს და იქნდა მაგიურ ძალას რიტუალის შესრულებაში.

თანამედროვე საიუველირო წარმოება წინაისტორიული და ისტორიული პერიოდების ტექნიკურ - ტექნოლოგიურ შესაძლებლობათა მთლიან სფეროს მოიცავს. ძველი იუველირთა გაერთიანება გადაიქცა მექანიზირებული, რთული ტექნოლოგიური სქემებით აღჭურვილ მხატვრული შემოქმედების მიმართულებად, რომელმაც უნდა დააკმაყოფილოს მომავალი ხელოვნებისა და მოდის მოთხოვნილებები.

საიუველირო წარმოებაში გამოყენებული მასალებიდან (ლითონები, არაღებები, დამხმარე საშუალებები) განსაკუთრებული მნიშვნელობისაა ძვირფასი (ოქრო, ვერცხლი, პლატინის ჯგუფის ელემენტები) ლითონები და მათი შენადნობები. როგორც სარესტავრაციო პროგრამის ძვირფასი ლითონების ნაწილში აღინიშნა, მათი სახელწოდება ითვალისწინებს სრულ კოროზიამდეგობას, მაღალი დნობის ტემპერატურას, სიმკვრივეს და პლასტიკურობას, არ ახასიათებს ალოტროპიული გარდაქმნები. ამავე დროს გვხვბლავს მათი განსაკუთრებული ელფერი და ბრწყინვალება (ცხ. 10.1).

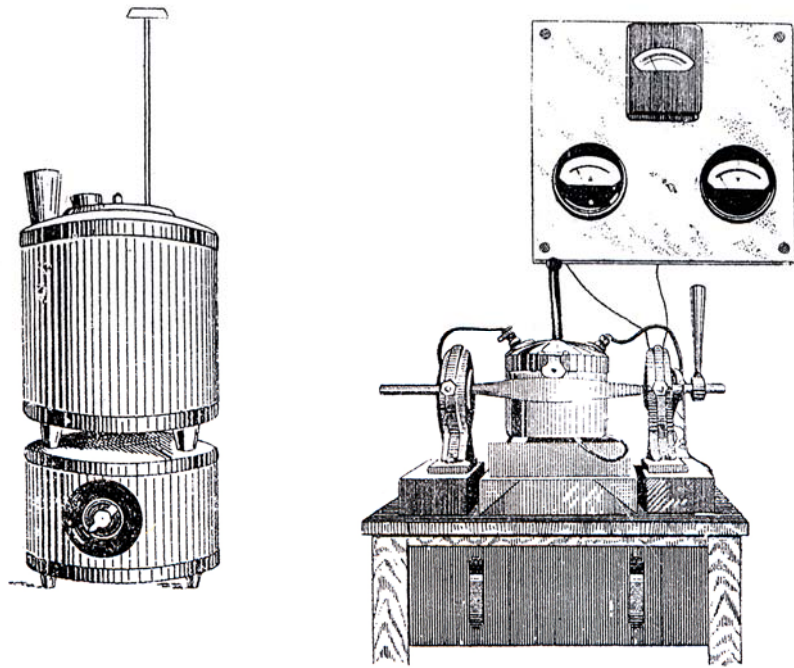
მეტალი	კრისტალური გისოსი	სიმკვრივე გ/სმ ³	დნობის t , °C	სისაღე HB, კგ/მმ ²	ატმოსფერული ოქსიდაცია $t^{\circ}\text{C}$
Au	K12	19.3	1063	19	არ იჟანგება
Ag	K12	10.5	960.5	25	არ იჟანგება
Pt	K12	21.5	1769	30	არ იჟანგება
Rh	K12	12.5	1963	55	600
Pd	K12	12.2	1550	30	700
Ir	K12	22.4	2447	160	700

ძვირფასი ლითონების შენადნობები წარმოადგენენ ერთგვაროვან მყარ ხსნარებს, ან მათ მექანიკურ ნაერთებს. სხვადასხვა სინჯის შენადნობების შესაბამისი პლასტიკურობა და კოროზიამდებობა, მასალის სისაღის და ცვეთამდებობის უკუპროპორციულია (სინჯის ინდექსის კლებით, კოროზიისადმი წინააღმდეგობა მცირდება და მექანიკური მახასიათებლები იზრდება). ძვირფასი ლითონები და შენადნობები გამოირჩევიან მაღალი ფასეულობით.

ძვირფასი ლითონების საიუველირო წარმოებაში გამოყენების კარგ შესაძლებლობებს ქმნის ზემოაღნიშნული მათი ფიზიკურ-ქიმიური და ტექნოლოგიური თვისებების ერთგვაროვნება.

საიუველირო ხელოვნებამ განვითარების რთული საფეხურები განვლო, სადაც ჩამოყალიბდა ძვირფას ლითონდამუშავების ცნობილი მეთოდები (ტექნოლოგიური სქემა): დნობა, ჩამოსხმა, ჭედვა, გლინვა, ჭედურობა, თეგვა, ადიდვა, ტვიფვრა, ჭრა (კვეთა), ჭდევა, გრავირება, მოსევადება, მომინანქრება, ფილიგრანი, ცვარა, აპლიკაცია, ინკრუსტაცია და სხვა.

დნობა. საიუველირო წარმოებაში ვერცხლის და ოქროს ფუძეზე მიღებული შენადნობების დამზადება ხორციელდება დნობის პროცესით (სურ. 10.1.)



სურ.10.1. სადნობი ღუმელები ძვირფასი ლითონებისათვის

კეთილშობილი ლითონების შენადნობთა შედგენილობაში შემავალი ელემენტები ქმნიან ლიგატურას. ძვირფასი ლითონების ლეგირების მიზნით და მათი შენადნობების საწარმოო განსაზღვრისათვის იანგარიშება შემადგენელი კომპონენტების კაზში. საწარმოო დროის ეკონომიის მიზნით, დნობის პროცესი ტარდება წინასწარი გათვლით თითოეული კომპონენტის რაოდენობაზე (ძვირფას ლითონთა შენადნობების გათვლის ცნობილი ფორმულების მიხედვით). მოვიყვანოთ რამოდენიმე მაგალითი.

1. მოცემულია ცნობილი შედგენილობის და წონის დაბალი და ნებისმიერი მაღალი სინჯის შენადნობი.

მისაღებია: განსაზღვრული საშუალო სინჯის შენადნობები.

ა. წარმოებაშია 750 სინჯის 50 გ. ვერცხლი. რამდენი გრამი 916 სინჯის ვერცხლია საჭირო 875 სინჯის ვერცხლის მისაღებად?

გაანგარიშებისათვის მიღებულია შემდეგი პირობითი აღნიშვნები:

A - მაღალი სინჯის შენადნობის წონა გრამებში.

B- საშუალო სინჯის შენადნობის წონა გრამებში.

B - დაბალის სინჯის შენადნობის წონა გრამებში.

Г – მაღალი სინჯის შენადნობის დამლა (შედგენილობა).

Д – საშუალო სინჯის შენადნობის დამლა (შედგენილობა)

Е – დაბალი სინჯის შენადნობის დამლა (შედგენილობა)

შესაბამისად გვექნება: А - უცნობია

В – 50 გრ.

Г-916

Д - 875

Е – 750

შემოგვაქვს ფორმულა $A = B (Д - Е) : Г - Д \dots (1)$

რიცხვითი მნიშვნელობების შეტანის შემდეგ გვექნება:

$$A = 50 \cdot (875 - 750) : (916 - 875) = 50 \cdot 125 : 41 = 152,44 \text{ გრ.}$$

ე.ი. 875 სინჯის ვერცხლის მისაღებად 50 გრ. 750 სინჯის ვერცხლს უნდა დაემატოს 152,44 გრ 916 სინჯის ვერცხლი.

ბ. მოცემულია 50 გ 375 სინჯის ოქრო. რამდენი გრამი 958 სინჯის ოქროს საჭირო 583 სინჯის ოქროს შენადნობის მისაღებად?

აღნიშვნების გამოყენებით: А - უცნობია

В – 50 გ.

Г - 958

Д - 583

Е – 375

(1) ფორმულის მიხედვით გვექნება:

$$A = 50 \cdot (583 - 375) : (958 - 583) = 50 \cdot 208 : 375 = 27,73 \text{ გრ.}$$

ე.ი. 583 სინჯის ოქროს მისაღებად 50 გრ. 375 სინჯის ოქროს უნდა დაემატოს 27,73 გრამი 958 სინჯის ოქროს შენადნობი.

2. მოცემულია ძვირფასი ლითონის შენადნობის ნებისმიერი დაბალი და ცნობილი წონის მაღალი სინჯის ნიმუშები.

მისაღებია განსაზღვრული საშუალო სინჯის შენადნობი.

ა. წარმოებაშია 40 გ. 916 სინჯის ვერცხლი. რამდენი გრამი 750 სინჯის ვერცხლია დასამატებელი 800 სინჯის მისაღებად?

მოცემულობის თანახმად: A – 40გ.

B – უცნობია

Г – 96

Д – 800

E – 750

შემოგვაქვს ფორმულა $B=A \cdot (\Gamma-D):(D-E) \dots (2)$

რიცხვითი მნიშვნელობის ჩასმით მივიღებთ:

$$B = 40 \cdot (916-800):(800-750) = 40 \cdot 116:50 = 464:5 = 92,80 \text{ გრ.}$$

ე.ი. 800 სინჯის ვერცხლის შენადნობის მისაღებად 40 გრ. 96 სინჯის ვერცხლს საჭიროა დაემატოს 92,80 გ. 750 სინჯის ვერცხლი.

ბ. წარმოებაშია 40 გ. 958 სინჯის ოქროს ნიმუში. რამდენი გრამი 375 სინჯის ოქროს შენადნობია საჭირო 583 სინჯის ოქროს მისაღებად?

მოცემულობის თანახმად: A – 40

B – უცნობია

Г – 958

Д – 583

E – 375

უცნობის გამოთვლით გვექნება:

$$B=A \cdot (\Gamma-D):D-E = 40 \cdot (958-583):583-375=40 \cdot 475:208=91,3 \text{ გრ}$$

ე.ი. 583 სინჯის ოქროს შენადნობის მისაღებად, 40 გრ. 958 სინჯის ოქროს ნიმუშს დამატება 91,3 გრამი 375 სინჯის ოქრო.

გ. მოცემულია 958 სინჯის ოქრო და სპილენძი. რამდენი გრამი მოცემული სინჯის ოქრო და სპილენძია საჭირო 50 გრამი 583 სინჯის ოქროს გამოსაღებად?

მოცემულობის მიხედვით A - უცნობია

B - 50

B - უცნობია

Г - 958

Д - 583

E - 0

პირველი უცნობის გამოთვლისათვის ვიყენებთ ფორმულას

$$A = B \cdot (D - E) : G - E \dots\dots (3)$$

მეორე უცნობისათვის $B = B - A \dots\dots (4)$

რიცხვითი მნიშვნელობების ჩასმით მივიღებთ:

$$A = 50 \cdot (583 - 0) : 958 - 0 = 50 \cdot 583 : 958 = 30,43 \text{ გრ.}$$

$$B = 50 - 30,43 = 19,57 \text{ გრ.}$$

ე.ი. 50 გრამი 583 სინჯის ოქროს შენადნობის მისაღებად საჭიროა 30,43 გრ. 958 სინჯის ოქრო და 19,57 გრ. სპილენძი.

3. მოცემულია: სხვადასხვა სინჯის და ცნობილი წონის რამოდენიმე შენადნობი. მათ ბაზაზე მისაღებია ერთი შენადნობი და საჭიროა განისაზღვროს მისი სინჯი.

ა. წარმოებაშია: 20 გ. 750 სინჯის ვერცხლი

40 გ. 800 სინჯის ვერცხლი

35 გ. 875 სინჯის ვერცხლი

10 გ. 916 სინჯის ვერცხლი.

როგორი სინჯის ვერცხლი მიიღება მათი შენადნობიდან?

მოცემულ ნიმუშებში გვექნება შემდეგი რაოდენობის სუფთა ვერცხლი:

20 გრ. 750 სინჯიდან = $20 \cdot 750 : 1000 = 15,0$ გ.

40 გრ. 800 სინჯიდან = $40 \cdot 800 : 1000 = 32,0$ გ.

35 გრ. 875 სინჯიდან = $35 \cdot 875 : 1000 = 30,63$ გ.

10 გრ. 916 სინჯიდან = $10 \cdot 916 : 1000 = 9,16$ გ.

სინჯების საერთო წონა = 105 გ. სუფთა ვერცხლი = 86,79 გრ.

მიღებული შენადნობის სინჯი $K = 86,79 \cdot 1000 : 105 = 826,57$.

მოცემული სინჯის შენადნობები შეიძლება დაყვანილ იქნეს 875 სინჯის ვერცხლამდე (სუფთა ვერცხლის დამატებით) ან 800 სინჯის ვერცხლამდე (სპილენძის დამატებით).

ბ. წარმოებაშია: 10 გ. 375 სინჯის ოქრო

18 გ. 500 სინჯის ოქრო

40 გ. 585 სინჯის ოქრო

როგორი სინჯის ოქროს შენადნობი მიიღება მათ ბაზაზე?

თითოეულ სინჯში გვექნება შემდეგი რაოდენობის სუფთა ოქრო:

10 გრ. 375 სინჯიდან = $10 \cdot 375 : 1000 = 3,75$ გრ.

18 გრ. 500 სინჯიდან = $18 \cdot 500 : 1000 = 9,0$ გრ.

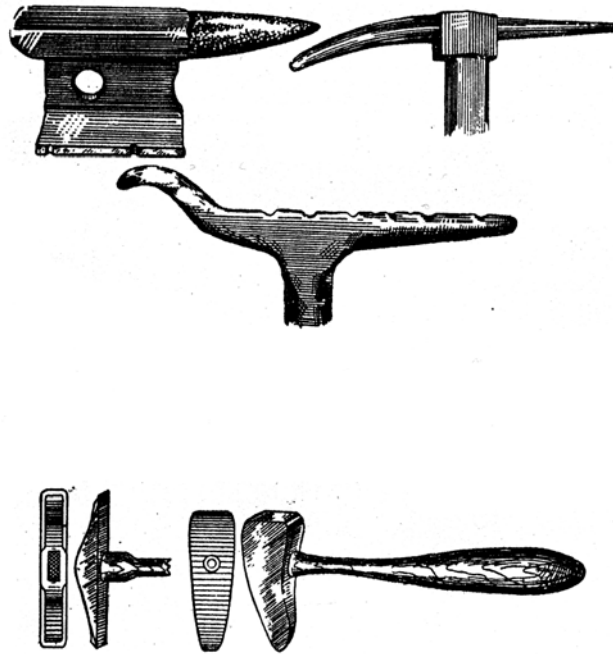
40 გრ. 583 სინჯიდან = $40 \cdot 583 : 1000 = 23,32$ გრ.

სინჯის საერთო წონა = 68 გ. სუფთა ოქროს რაოდენობა = 36,07 გ.

მიღებული შენადნობის სინჯი $K = 36,07 \cdot 1000 : 68 = 530,4$.

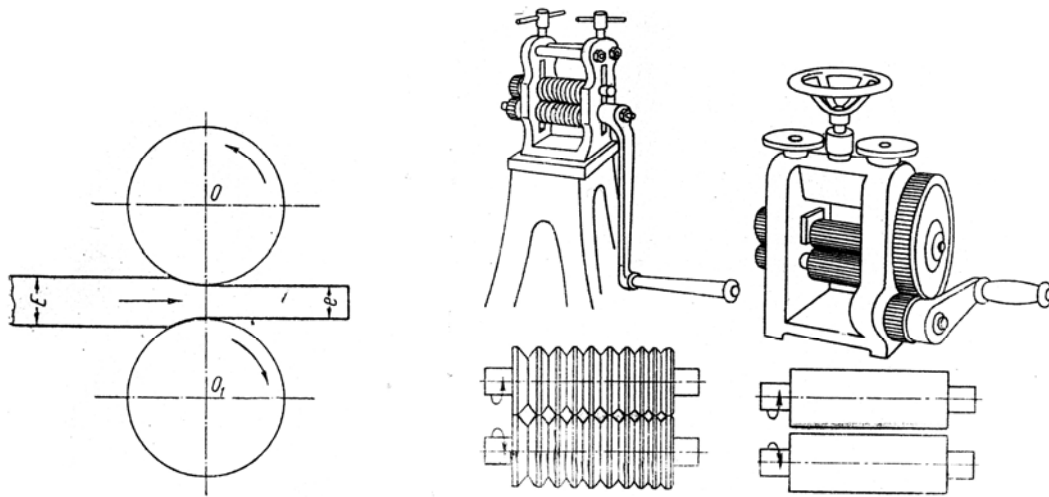
ჭედვა, გლინვა. ძვირფასი ლითონების ჭედვა მიმდინარეობს ჩამოსხმულ ზოდზე, მისი პლასტიკურობის გაზრდისა და შემდგომი გლინვით მასალის სტრუქტურული გაუმჯობესების მიზნით. ჭედვა იწყება მცირე დეფორმაციის ქვეშ და თანდათან ძლიერდება დროის განმავლობაში. ჭედვის პროცესის შუალედში

ხდება ნაჭედი ლითონის მოწვა წყალში გაციებით. ძვირფასი ლითონების ჭედვა მიმდინარეობს სპეციალური ჩაქუნების საშუალებით. ორივე მხრიდან ჭედვისა და საჭირო სისქის ნამზადის (ფურცლოვანი ნამზადის) მიღების შემდეგ დამუშავებული მასალა სწორდება, იჭრება და მზადდება გლინვისთვის (სურ. 10.2)



სურ. 10.2. სამჭედლო ხელსაწყოები

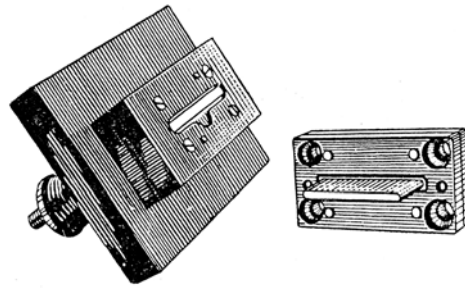
ოქროს და ვერცხლის მასალის სპეციალური სისქის და დიამეტრის ფურცლებად ან მავთულის სახით დამუშავება მიმდინარეობს გლინვის საშუალებით. გლინვა არის ლითონის დენადობის პრინციპზე დამყარებული პლასტიკური დეფორმაციის პროცესი. მბრუნავი გლინების მომქედებით ლითონი განიცდის დეფორმაციის ქვეშ მოჭიმვას (განივკვეთის შემცირებას), გამოჭიმვას (დაგრძელებას) და გაფართოებას (სიგანეში მომატებას); გლინებს შორის ლითონის თანამიმდევრული მრავალგზის გატარების შემდეგ, მიიღება სასურველი პროფილის და სისქის ნამზადი (სურ. 10.3).



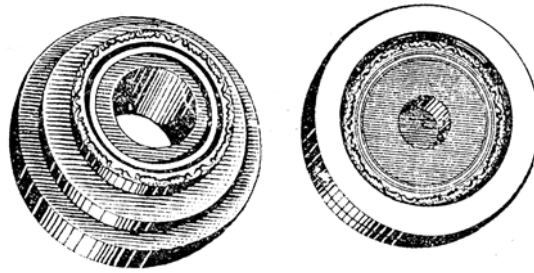
სურ. 10.3. საგლინავი დანადგარები

გლინვის თითოეული ციკლის შემდეგ (ციკლი შედგება რამოდენიმე გატარებისაგან) ძვირფასი ლითონის მასალა ექვემდებარება მოწვის, მოწამვლის, რეცხვის და შრობის პროცესს (მოწვა ხსნის „ცივჭედის“ სტრუქტურის ელემენტებს და გახურებით აღადგენს ლითონის პლასტიკურობას გლინვის შემდგომი ციკლისათვის. ქიმიური მოწამვლა მიმდინარეობს 10%-იანი მჟავის აბაზანაში 15-20 წუთის განმავლობაში. რეცხვა ხდება გამდინარე წყალში, ნამზადი შრება საშრობ კარადაში). კალიბრებული გლინების შემთხვევაში მიიღება კვადრატული, მრგვალი, ოვალური და ფურცლოვანი ნამზადი.

ტვიფვრა. ლითონის წნევის დამუშავების პროცესი - ნამზადის პლასტიკური დეფორმაცია ტვიფრების დახმარებით, როდესაც მიიღწევა მაღალი სიზუსტის სასურველი ფორმის მიღება. გამოიყენება ცივი (ოთახის ტემპერატურაზე) და ცხელი (გახურებული ნამზადით) ტვიფრის მეთოდები. მიღებული ფორმის მიხედვით არჩევენ ფურცლოვანი და მოცულობითი ტვიფრის სახეს. პირველ შემთხვევაში იხმარება ამოჭრის, გახვრეტის, გაღუნვის ტვიფრები, მეორე შემთხვევაში გამოწნევის და განჭოლვის ტვიფრები (სურ. 10.4).



ა.



ბ.

სურ. 10.4. ტვიფრის სახეები: ა. გამოწნეხის, ბ. გამოჭიმვის

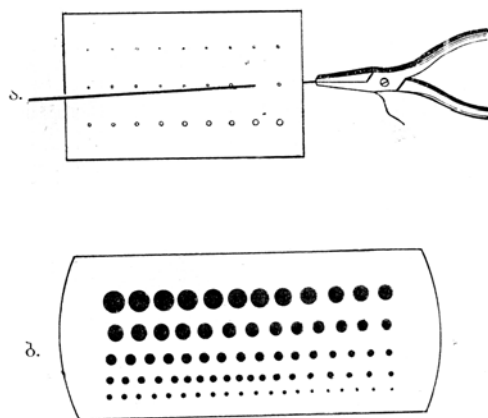
საიუველირო წარმოებაში ფართოდ გამოიყენება ცივი ტვიფრის მეთოდი, ის გამოირჩევა სწრაფი და შედარებით მარტივი ტექნოლოგიით, გამოშვებული მასალის შესაბამისი სიმტკიცით, ნაკეთობათა ფორმის სიზუსტით და მრავალფეროვნებით. ცივი ტვიფრის მეთოდი აერთიანებს: 1. მოცულობით ტვიფრას, ნამზადის ზედაპირის ზომების და გამოსახულების ხარისხის დაზუსტების მიზნით. 2. თხელკედლიანი ლითონის ფურცლოვან ნამზადზე რელიეფური გამოსახულების მიღებას. 3. სხმული, მხატვრული ღირებულების ნიმუშებიდან მცირე დეფექტების მოცილებას. 4. დასრულებული ფორმის დეტალის მიღებას.

ტვიფრით მიღებული დეტალი ან ნივთი იმეორებს ტვიფრებზე მოთავსებული გამოსახულების ზომებს და ფორმას. რთული ფორმის ნაკეთობა, რომლის მისაღებად საჭიროა დიდი სიღრმით გამოჭიმვის პროცესი, მზადდება სხვადასხვა ტვიფრებზე ჩატარებული თანმიმდევრობითი დამუშავებით.

ადიდვა. ლითონის ცივი დეფორმაციის პროცესი გაწელვით, ნამზადის დიამეტრის დაზუსტების ან შემცირების მიზნით.

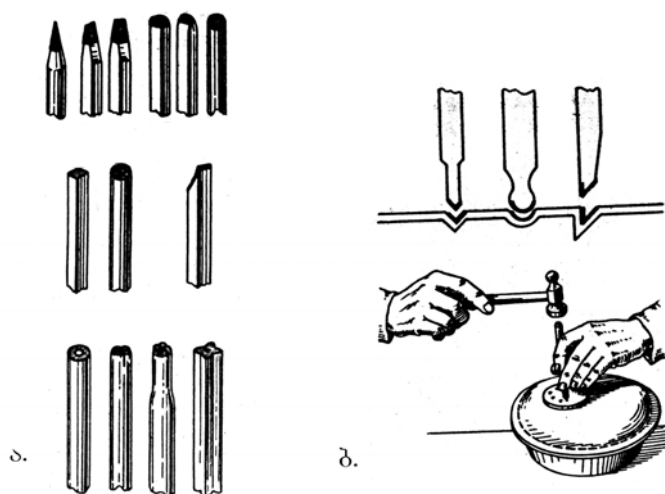
საიუველირო წარმოებაში მზადდება მცირე დიამეტრის მავთული, რომელიც გამოიყენება რთული შემკულობის ნაკეთობების და ფილიგრანის მისაღებად.

ზოდიდან მიღებული ნაჭედი, მრგვალი ფორმის ნამზადის გლინვით დამუშავებული მავთული ($d=4-6$ მმ) იწელება სპეციალური ადიდვის სამარჯვზე, რომელზედაც დატანილია, დიამეტრის თანდათანობითი შემცირების ტენდენციის მქონე ხვრელები (ფილერები). ოქროს და ვერცხლის უმცირესი დიამეტრის მავთულის ადიდვისათვის იხმარება ალმასის ფილერები (სურ. 10.5).



სურ. 10.5. ადიდვა: ა. ადიდვის პროცესი, ბ. მატრიცა-ფილერი

ჭედურობა (თეგვა). ლითონის ცივი ჭედვით დამუშავება, ფურცლოვან მასალაზე მოცულობითი, ამოზნექილი და მაღალი რელიეფური გამოსახულების მიღებით. ჭედურობის ერთ-ერთ სახეს წარმოადგენს თეგური ხელოვნება. ფირფიტოვანი ლითონის მასალის წნევით დასამუშავებლად გამოიყენება სხვადასხვა სიგრძის (6-10 სმ), სისქის (3-5 მმ) და ფორმის თეგები. დანიშნულების მიხედვით იხმარება სასრიალო, საცემი, საკონტურე თეგები, დამზადებული ნაწრთობი ფოლადისაგან (სურ. 10.6ა).



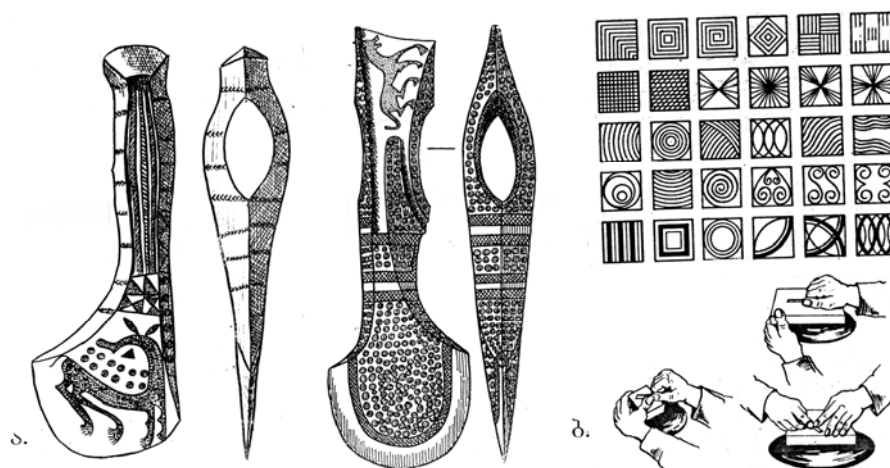
სურ. 10.6. თეგვის ხელოვნება: ა. სხვადასხვა დანიშნულების თეგები, ბ. თეგვის პროცესი

ჭედურობა-თევგის ტექნოლოგიური პროცესი რთულია. ფირფიტა მუშავდება ორივე ზედაპირზე რელიეფის და გამოსახულების მიხედვით (სურ. 10.6.ბ). მხატვრული ჭედურობის მქონე ნაკეთობა ძვირადღირებულია, მასში განსახიერებულია მაღალკვალიფიციური ინდივიდუალური ლითონდამუშავების უნიკალური ელემენტები. თანამედროვე ჭედური ხელოვნების ნიმუშების სერიული გამოშვება ხორციელდება ტვიფერის მეთოდის გამოყენებით.

გრავირება. ძვირფასი ლითონებისაგან დამზადებული ნაკეთობის ზედაპირის დეკორატიული დამუშავების ერთ-ერთი მეთოდია გრავირება. ლითონზე ნახატის ან წარწერის დატანა ხდება მექანიკურად საჭრელი იარაღით ან ქიმიური საშუალებით.

ლითონის გლუვ ზედაპირზე ამოკვეთილი, ან ქიმიურად დამუშავებული ნახატია გრავიურა. ის წარმოადგენს ნახატის, წარწერის ან ორნამენტის გამოსახულებას, შეიძლება შედგებოდეს კომპლექსური რთული გამოსახულებისაგან.

გრავირებული ნახაზის ჭრით (მჭრელი ინსტრუმენტებით) დამუშავებისას მექანიკურად ხდება ლითონის ზედაპირზე წინასწარ გამოსახული სურათის კონტურის ჩაღრმავება, სასურველი ფორმის პროფილის და სიღრმის ნაკვეთების ამოღებით. ნახაზის შექმნდილების გამოსახვის სიზუსტით და დასამუშავებელი პროფილის ზომების დაცვით მექანიკური გრავირებისათვის იხმარება სპეციალური საჭრისები (სურ. 10.7.).



სურ. 10.7. გრავირება: ა. გრავირებული კოლხური ცული (ძვ.წ. მე-8ს); ბ. გრავირების თანამედროვე ფორმები და შესრულების პროცესი.

გრავირება ქიმიური რეაქტივებით მდგომარეობს შემდეგში: ლითონის დასამუშავებელ ნაწილზე მოთავსებულ გრუნტში (კანიფოლი - 22,5%; ცვილი - 33,5%;

გუდრონი - 44,0%) ამოიჭრება შესასრულებელი ნახაზი. გრუნტის ამოჭრილი ნაწილიდან ლითონის შიშველ ზედაპირზე მომქმედებენ მჟავით (ვერცხლის ნაკეთობის ზედაპირი მუშავდება სუსტი აზოტმჟავის ხსნარით, ოქროს ნივთებისათვის კი გამოიყენება „მეფის არაყის“ წყალხსნარი); გრუნტის მოცილებისა და ნივთის გამდინარე წყლით რეცხვის შემდეგ, ლითონის ზედაპირზე რჩება ქიმიურად მოწამლული ზედაპირის გამოსახულება, რომელიც გრავირებული ნახაზის შესაბამისია. ქიმიური გრავირება ტარდება რამოდენმე ეტაპად.

სევადა. ვერცხლის და ოქროს ნაკეთობათა დეკორატიული დამუშავების უძველესი მეთოდი. სევადა დაიტანება წინასწარ გრავირებული ლითონის ზედაპირზე, მომზადებული კომპოზიციის შესაბამისი ნახაზის მიხედვით. სევადას ფხვნილით ამოვსებული გრავირებული ზედაპირი ექვემდებარება თერმული დამუშავების პროცესს, სევადის მასის გადნობამდე. (თხევადი მასა სრულად ავსებს გრავირებული ლითონის ამოღრმავებულ სივრცეს და შემდეგომ ცივდება ლითონის ზედაპირთან მტკიცე კავშირის მიღწევამდე). დასამუშავებელი ნაკეთობის ზედაპირზე მიიღება მკვეთრად გამოსახული მოსევადებული ფორმა, საერთო ნახაზის შესაბამისი სურათი. მოსევადებული ლითონის ზედაპირი იხეხება, სუფთავდება და პრიალდება, ნივთი ღებულობს სასაქონლო პროდუქციის სახეს (სურ. 10.8.).



სურ. 10.8. მოსევადებული ჭურჭელი, დაღესტანი (მე-19 ს.)

ფილიგრანი. (იტალიური filum+granum-იდან, ძაფი + მარცვალი). მიიღება ძვირფას ლითონთა ძალიან მცირე დიამეტრის მავთულისაგან (ორი ძაფის გრების

საშუალებით), მაქმანისებური ხლართულობით. სახის სიზუსტე, სისუფთავე, ცალკეული მარცვლოვანი ყულფის გამოყოფის სილამაზე, მაღალხარისხოვანი ფილიგრანის ატრიბუტია. ცნობილია ორი სახის ფილიგრანი: რჩილვის და რჩილვის გარეშე. ფილიგრანით შემკული ნაკეთობის ზედაპირი ხშირად მომინანქრებულია, სადაც მინანქარი შემოსაზღვრულია ფილიგრანის ხაზებით. ცნობილია უძველესი ფილიგრანის ნიმუშები ნატიფი და მოცულობითი; თანამედროვე ფილიგრანის სახე მრავალფეროვანია: სწორი და გლუვი, ბრტყელი და მრგვალი ფორმებით (სურ. 10.9.)



სურ. 10.9. ქამრის აბზინდა (ვერცხლი, სევადა, ფილიგრანი - ცვარა), დაღესტანი (მე-19ს.)

ფილიგრანის რჩილვისათვის გამოიყენება რბილი და მაგარი სარჩილები. პირველ შემთხვევაში მაგრდება ჩვეულებრივი გამყოფი ფილიგრანის ნაწილი, მაგარი სარჩილები კი იხმარება ფილიგრანის შიდა სივრცეში მოთავსებული გამოსახულების მისაღებად. მოგვეყავს ფილიგრანის სარჩილების ქიმიური შედგენილობა (ცხ. 10.10.).

ცხრილი 10.10.

№№	ფილიგრანის სარჩილი	რაოდენობა		
		Ag	Au	Cu
1	ვერცხლის (რბილი)	68.6	-	31.4
2	ვერცხლის (მაგარი)	70.0	-	30.0
3	ოქროს (რბილი)	27.3	72.7	-
4	ოქროს (მაგარი)	20.0	80.0	-

ფილიგრანის სარჩილის ლევირებისას ყურადღება ექცევა ტექნოლოგიურ სისუფთავეს. მასში არ შედის კალა და სარჩილი მუშავდება გამომწვარი ბორაკით.

ცვარა. ძვირფასი და ფერადი ლითონის სფერული (მარცვლოვანი) ბურთულე-ბით შემკობის მეთოდი (ამ მეთოდით დამზადებული საიუველირო ნაწარმი). უძველესი ფილიგრანის ერთ-ერთი ელემენტია (სახეა). გამოიყენება მრავალსახოვანი ზედაპირული დეკორის შექმნის მიზნით. ელენისტური ხანის ძვირფასლითონდამუშავების ნიმუშები შემკობილია ცვარათი შედგენილი ფორმებით (ვარდული, სამკუთხედი, სვასტიკა, პირამიდა და სხვა). ამ პერიოდის ოქრომჭედლობისათვის დამახასიათებელია სამკაულზე ან ტორეცტული გაფორმების ზედაპირზე სხეულის გამოსახვა უწესრიგოდ გაბნეული ცვარას სხვადასხვა ზომის სფეროებით. ცვარა ცნობილია დრუტანიანი სფეროს და სავსე მარცვლების სახით. ცვარა სრულდებოდა სამი მეთოდით: 1. მცირე ზომის ან მსუბუქი სფერული ფორმის დამაგრებით ორგანული (ცხოველური, მცენარეული) წებოს საშუალებით; 2. საშუალო ზომის სფერული ბურთულების დატანით ამაღვამის გამოყენებით; 3. ცვარას განსხვავებული ზომის სავსე ბურთულების შეერთებით ზედაპირთან რჩილვის ტექნოლოგიით; (ვერცხლის და ოქროს მაგარი სარჩილების საშუალებით). თანამედროვე საიუველირო პრაქტიკაში გამოიყენება განსხვავებული დიამეტრის მქონე ცვარას ბურთულები (0,8; 1,2; 1,6; 1,8; 2,0; 2,4; 2,8; 3,2 მმ).

ძვირფასი ქვებით შემკობა. საიუველირო წარმოებაში განსაკუთრებული მნიშვნელობისაა ძვირფასი ქვებით შემკობის პროცესი. კარგად დამაგრებული ძვირფასი ქვა განსაზღვრავს ნივთის მხატვრულ სილამაზეს და ფასეულობას. მისი ჩამაგრების მიხედვით, ძვირფასი ქვა ლითონის ბუდეში ჩერდება ფასონური და მთლიანი სამაგრების საშუალებით. როგორც წესი, ბრილიანტი მაგრდება პლატინის, პლატინა-ვერცხლის შენადნობის და თეთრი ოქროს მასალისაგან დამზადებულ სამკაულებზე, რომელთა ზედაპირი გვაძლევს სხივის საუკეთესო არეკვლის საშუალებას. ძვირფასი ქვებით სამკაულზე იქმნება ინდივიდუალური და კომპოზიციური განლაგების მხატვრული, რელიეფური სახე.

საიუველირო საქმეში არჩევენ ძვირფასი ქვების ჩასმის ყრუ, ფასონური (სამაგრიანი) და წებოვანი ჩამაგრების სახეს. ყრუ ჩამაგრებით თვალს ეძლევა სწორი ფორმა და მკვეთრად გამოისახება კონტრასტული ფერშეხამება თვალსა და მეტალს შორის. ამავე დროს შეზღუდულია გაუმჭვირვალე მასალით, მხოლოდ ერთხმრივი (ზედაპირული) განათების გამო. ფასონური ჩამაგრების სახე გამოიყე-

ნება პრაქტიკულად ყველა ფორმისა და სახის ძვირფასი ქვებისათვის, უზრუნველყოფს ფორმის ხედვას, აგრეთვე განათების მრავალმხრიობას, ტოვებს მსუბუქი, აუურული შემკულობის შთაბეჭდილებას. საყრდენი რკალური ჩამაგრებისას, გამჭვირვალე თვალი განათებული ზედა და ქვედა სიბრტყის მრავალთვლიანი კომპოზიციით ქმნის სანახაობრივად ლამაზ მიმზიდველ ეფექტს. (სურ. 10.10.)



სურ. 10.10. ძვირფასი ქვებით შემკობის ფორმები: ა. ყრუ ჩამაგრება;

ბ. ფასონური; გ. მეაქნიკურ წებოვანი; დ. სამაგრებიანი.

ცნობილია მარგალიტის, ქარვისა და მინის თვლებისათვის კომპლექსური - მექანიკური და წებოვანი ჩამაგრების სახე.

ბრილიანტის თვლის სფერულ ფოსოში ჩასმის შემდეგ, თვალსა და ლითონის ბუდეს შორის შეერთების სიმტკიცისათვის, გამოიყენება შემაკავშირებელი წებო „ციაკრინი“ ($C_6H_2NO_2$).

აპლიკაცია. ნახატის, ორნამენტის, საერთო ნახაზის და ფორმის შექმნა ლითონის ზედაპირზე, ან ლითონის ნაკეთობათა ზედაპირზე, იმავე ან განსხვავებული მასალით თხელი ფიგურული სახის მქონე ფურცლოვანი ნატყრების მიწებებით, რჩილვით და სხვა მეთოდით. აპლიკაცია უძველესი დროიდან გამოიყენებოდა ფერადი და ძვირფასი ლითონის ნაკეთობათა ზედაპირის დასამუშავებლად. ის წარმატებით სრულდება თანმედროვე საიუველირო ნაწარმის მხატვრული ფასეულობის შესაქმნელად (სურ. 10.11).



სურ. 10.11. ქამრის აბზინდა(ა)და შესაკრავები (ბ,გ); (ვერცხლი, ძვირფასი ქვებით შემკობა, ფილიგრანი, ცვარა, აპლიკაცია); დაღესტანი (მე-19 ს.)

გახეხვა – გაპრიალება – დამქრქალება. ედაპირული დამუშავების ეს განსხვავებული მეთოდები ფართოდ გამოიყენება საიუველირო ნაწარმის, საერთოდ მხატვრული სხმულისა და ნაკეთობათა გასუფთავებისა და საბოლოო პროდუქციის სახით ფორმირებისათვის.

გახეხვა მდგომარეობს მზა პროდუქტის ზედაპირიდან სახეხი საშუალებებით ლითონის უმცირესი ფენის მოხსნაში (2-4 მკ), როდესაც მიიღწევა დასამუშავებელი ფართის სისუფთავის მაღალი (მოთხოვნილების შესაბამისი) ხარისხი. სახეხი (აბრაზიული) მასალები შეიძლება იყოს ბუნებრივი (კვარცი, კორუნდი, ალმასი) და ხელოვნური (ელექტროკორუნდი, სილიციუმის კარბიდი, ბორის კარბიდი ან ნიტრიდი, სინთეზური ალმასი).

გაპრიალების პროცესი უზრუნველყოფს გახეხილ - დამუშავებულ ნაკეთობაზე სარკისებური გლუვი ზედაპირის მიღებას. ხეხვის მეთოდისაგან განსხვავებით, გაპრიალებით ლითონის ზედაპირს ცილდება ხეხვის შედეგად წარმოქმნილი ნარჩენები, ამავე დროს ხდება მიღებული სწორი ზედაპირის გაუთოება-გაპრიალება. გაპრიალებისათვის გამოიყენება სპეციალური პასტები (ქრომის, სილიციუმის, რკინის ოქსიდები, პარაფინის, სტეარინის, სკიპიდარის, ნავთის დამატებით),

პროცესის დამთავრების შემდეგ ნაკეთობის წმენდა ხორციელდება ბენზინის, სპირტის აგრეთვე ნატრიუმ-კალიუმის ტუტისა და ნიშადურის სპირტის ხსნარებში.

დამქრქალება წარმოადგენს ნაკეთობის ზედაპირის მხატვრული დამუშავების ერთ-ერთ ოპერაციას. მისი დანიშნულებაა შექმნას ნივთზე სარკისებრ-პრიალა და მქრქალი ზედაპირების შერწყმით მიღებული შუქრდილოვანი ეფექტი. ხორციელდება თეგების საშუალებით (მქისე - ხორკლიანი ზედაპირის შექმნით).

11. ძვირფასი და სანაკეთო ქვები.

ბუნებაში ცნობილია რამდენიმე ათასი სახის მინერალი და ქანი. მათ შორის განსაკუთრებული ფიზიკური თვისებებით გამოირჩევიან ძვირფასი და სანაკეთო ქვები, ისინი წარმოადგენენ მინერალური წარმოშობის კრისტალურ მასას. ძვირფასი ქვები გვხვდება გამჭვირვალე ან ღამაზი ფერის ტონალობით. ხასიათდებიან ნათელი ბრწყინვალეობით, მაღალი სიმკვრივით, სიმაგრით (სისაღით), სხივგაბნევის სისუფთავით და მრავალფეროვნებით. მათი ძირითადი დანიშნულებაა საიუველირო და მხატვრული დამუშავება. დაწახნაგებული ძვირფასი ქვების ბრწყინვალეობა განპირობებულია სხივთა გარდატეხის მაღალი მაჩვენებლით ($>1,54$) და პლეოქროიზმით (კრისტალში ნებისმიერი მიმართულებით გავლილი სხივის განსხვავებული ტონალობით შეფერილობის ეფექტით).

ძვირფასი ქვების ფასეულობა განისაზღვრება მათი გავრცელების იშვიათობით, დაწახნაგების ეფექტის ღირებულებით და ხარისხოვანი ქვის ინდივიდუალური მახასიათებლებით: კრისტალის სიდიდით, ერთგვაროვნებით და ფერის სიღამაზის განუმეორებლობით. ძვირფასი ქვის შეფასება ხდება კარატებით (1 კარატი=200 მგ). მარგალიტისათვის შეფასების ერთეულია წონის ნიშანი გრანი (1 გრანი = 0,25 კარატი = 50 მგ).

სანაკეთო ქვები განეკუთვნებიან ნახევრადგამჭვირვალე ან გაუმჭვირვალე მინერალებს, რომლებიც ხასიათდებიან ფერადი ჩანარებით და ბუნებრივი კრისტალური ნახაზით. გამოყენების სფეროა მხატვრულ-დეკორატიული პანოები, მხატვრული ხელოვნების ნიმუშები (მოზაიკა, ორნამენტი). სანაკეთო ქვების ხარისხი განისაზღვრება მოპოვების და დამუშავების სირთულით, ინდივიდუალური თვისებებით (ფერი, მინერალის სახე). შეფასება ხდება შესაბამისი წონის და მასალის კლასიფიკაციის მიხედვით.

ცნობილია ძვირფასი და სანაკეთო ქვების კლასიფიკაციის სისტემა.

I ძვირფასი ქვების სამი კლასი:

1. ალმასი, საფირონი, ლალი, ზურმუხტი, ქრიზობერილი, კეთილშობილი შპინელი, ევკლაზი, მარგალიტი.

2. ტოპაზი, აქემარინი, ბერილი, წითელი ტურმალინი, ამეთისტი (მუქი წითელი), აღმანდინი, ოპალი და სხვა.

3. გრანატი, ფირუზი, ტურმალინი (პოლიქრომული), ღია ამეთისტი, აქატი, სარდიონი, ქარვა, გიშერი და სხვა.

II სანაკეთო ქვების სამი კლასი:

1. ნეფრიტი, ლაზურიტი, ლაბრადორი, აზურიტი, მალაქიტი, მთის ბროლი, კვარციტი, გრანიტი და სხვა.

2. სერპანტინი, ობსიდიანი, მარმარილოს ონიქსი, ქარვა და სხვა.

3. მარმარილო, პორფირი, თაბაშირი, კვარციტი და სხვა.

ძვირფასი და სანაკეთო ქვებიდან ცალკე გამოყოფენ ორგანული წარმოშობის ქვებს. ორგანოგენული ძვირფასი ქვებია: მარგალიტი, მარჯანი, ქარვა, გიშერი.

ძვირფასი ქვების იმიტაციისათვის გამოიყენება ხელოვნური და სინთეზური ქვები, რომლებიც მიიღება სპეციალური მინარევი ელემენტების შერევით (Cr, Ti, V, Fe და სხვა). ცნობილია ალმასის, ზურმუხტის, საფირონის, ლალის, გიშრის და სხვა მინერალთა იმიტაციები. ძვირფასი ქვების შემცვლელები მიღებულია აგრეთვე მინის, წიდების და პლასტმასების დამუშავებით.

ძვირფასი ქვების სამკაულად გამოყენება დაიწყო უძველესი დროიდან (ინდოეთი, ჩინეთი), ხოლო ძვირფასი ქვების დამუშავებული ნიმუშები ცნობილია ძვ.წ. III-I ათასწლეულებიდან (ეგვიპტე, შუამდინარეთი, საბერძნეთი, რომი). ცნობები მათი გამოყენების შესახებ, ძველ ინდოეთსა, ირანსა და იუდეაში, დაცულია წერილობით წყაროებში. ალმასის დაწახნაგების ხელოვნება ვრცელდება ინდოეთიდან. ძველი დაწახნაგების ალმასის ნიმუშებს კი ეწოდება ინდური წახნაგით მიღებული ბრილიანტი.

საქართველოს ტერიტორიაზე არქეოლოგიური გათხრებით აღმოჩენილ უნიკალურ ინვენტარს შორის, დაცულია ძვ.წ. II ათასწლეულის (თრიალეთი),

ანტიკური ხანის (მცხეთა, ვანი, კლდეეთი, გონიო და სხვა) ძვირფასი ქვებით შემკული ოქრომჭედლობის ნიმუშები; ქართული წერილობითი წყაროები აღნიშნავენ შუასაუკუნეების საქართველოში ძვირფასი ქვების დიდი რაოდენობით გამოყენებაზე, ამავე პერიოდის მატერიალური კულტურის ძეგლები „ძვირფას ქვათა მკვეთელთა“ სკოლების არსებობაზე მიუთითებენ.

ევროპაში ძვირფასი ქვების დამუშავება იწყება შუასაუკუნეებში. რთული დაწახნაგების ტექნოლოგია, სპეციალური ჩარხების საშუალებით, ევროპაში აითვისეს XV საუკუნეში. სამკაულში ძვირფასი ქვების ბუდეთ ძველთაგანვე მიღებულია ვერცხლი, XIX საუკუნიდან გამოიყენება პლატინაც. ძვირფასი ქვების დაწახნაგების და რთული დამუშავების მეთოდები, მექანიზირებული აპარატურის გამოყენებით, სათანადოდ განვითარდა თანამედროვე საიუველირო წარმოებაში.

ძვირფასი ქვების დამუშავება მოიცავს რამოდენიმე ტექნოლოგიურ ოპერაციას - მინერალის ჭრას, ნამზადის მიღებას, დაწახნაგებას და პოლირებას. განსაკუთრებული ყურადღება ეთმობა საიუველირო ქვების დაწახნაგებას, ნედლეული მასალის ნამზადისათვის სწორი გეომეტრიული ან ასიმეტრიული ფორმის მინიჭებით. კონკრეტული მინერალისათვის შეირჩევა დაწახნაგების რაციონალური ნახაზი და წახნაგის სახე, რაც განაპირობებს ქვაში მაქსიმალური ოპტიკური ეფექტის შექმნას. მნიშვნელოვანი საიუველირო ეფექტი მიიღწევა კაბოშონით (მრგვალი, არაწახნაგოვანი), ვარდულით (12,18,72 წახნაგით), საფეხურიანი (20,44,48 წახნაგით) შერეული (88 წახნაგით), მარტივი ნახევრადბრილიანური (12-32 წახნაგით) და სრული ბრილიანტური (56,72,100,240 წახნაგით) დაწახნაგებით. თანამედროვე საიუველირო ფორმები იყენებენ ქვის დამუშავების ახალ რთულ ფორმებს, რომლებიც განაპირობებენ სხვადასხვა ხარისხის ძვირფასი ქვების გამოყენების შესაძლებლობას (მაგ. ჩანართების არსებობა ალმასში არ მოქმედებს ქვის ელვარებაზე და ფერთა „თამაშზე“, წახნაგდება 0,01-0,1 კარატის მასის მქონე ალმასის ნიმუშები).

ბრილიანტური დაწახნაგება გამოირჩევა რთული ნახაზით და წახნაგის ფორმის ორიგინალობით. მისი კლასიკური სახეა სქემა 56 გვერდითი წახნაგოვანი ნახაზით. ბრილიანტური დაწახნაგების დროს მკაცრად და ზუსტად განსაზღვრულია წახნაგების სიბრტყის ურთიერთ დახრის კუთხეები. მზა ბრილიანტის ნიმუშების კლასიფიკაცია ხდება მასალის ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლებით, ხარისხის და ფერის შესაბამისად. კლასიფიცირებული ძვირფასი ქვების შეფასება ხდება სახელმწიფო სტანდარტის მიხედვით.

11.1. ძვირფასი და ნახევრადძვირფასი ქვების რესტავრაცია

ძვირფასი და ნახევრადძვირფასი ქვები ფართოდ გამოიყენება საიუველირო და მხატვრული ექსპონატების გაფორმების მიზნით. ისინი ხშირად წარმოადგენენ მაღალმხატვრული ხელოვნების ნაწარმოების საგანს. ტრადიციული საიუველირო ქვებია ალმასი, ზურმუხტი, ლალი (ბადახში), საფირონი, ძოწი, ქარვა, გიშერი, სარდიონი, რომლებიც უძველესი დროიდან გამოიყენებოდა ძირფასლითონდამუშავებაში.

საიუველირო საქმეში მიღებული ძვირფასი ქვების რესტავრაცია გულისხმობს ძირითადად მათი წმენდისა და აღდგენის პროცესებს. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანის სარესტავრაციო დამუშავების სქემა.

მარგალიტი. პერლამუტრწარმომქმნელი, ზღვის ან მტკნარი წყლების მოლუსკების ცხოვრების რეჟიმის დარღვევის პროცესის პროდუქტი, ორგანულ-მინერალური წარმონაქმნი. მარგალიტი მზა (დასრულებული, სრულყოფილი) ფორმით, სიდიდით, ელვარებით უძველესი დროიდან ფართოდ გამოიყენება საიუველირო საქმეში. სიმკვრივე 2,6-2,8 გ/მ³, სისაღე 2,5-4,5 (იცვლება ორგანულ-მინერალური შემადგენელის რაოდენობრივი პროპორციის შესაბამისად). ბუნებრივი მარგალიტი ფორმით სფერულია, გეხედება ოვალური, ნახევრადსფერული მარგალიტის სახეც. გამოირჩევა თეთრი, მოვერცხლისფრო, მოყვითალო, მწვანე, ცისფერი, ნაცრისფერი და შავი ფერის ტონალობით. ის უძველესი დროიდან გამოიყენებოდა მხატვრული ხელოსნობის ნიმუშების შესამკობად. მარგალიტის ფორმები განსხვავებული ზომებისაა, ჩვეულებრივი საშუალო მარგალიტის ფორმა არ აღემატება 2,5-6,0 მმ განივკვეთის ზომებს. ცნობილია განსაკუთრებული, დიდი ზომის მარგალიტის ნიმუშები, რომლებიც სამუზეუმო ექსპონატებს წარმოადგენენ). დიდ გამოყენებას პოულობდა მდინარის მარგალიტი, რომლის მოპოვება მე-20 საუკუნიდან პრაქტიკულად შეწყდა. ის შეცვალა კულტივირებული მარგალიტის წარმოებამ. ამჟამად ფართოდ გამოიყენება მარგალიტის იმიტაციები მინის, ოპალის, პერლამუტრის მასალისაგან დამზადებული ბურთულების სახით (ასეთი იმიტაციები ამოიცნობა სიმკვრივის მახასიათებლებით, ულტრაიისფერ სხივებში ლუმინესცენციით და რენტგენოსტრუქტურული ანალიზით).

მარგალიტის ძირითადი შემადგენელი ნაწილებია კალციუმის მინერალები - არაგონიტი (კალციუმის კარბონატი) და კალციტი (90-92%), ორგანული ნივთიერება კონხიონილი (4,5-5,0%) და წყალი (0,5-4,0%). აღნიშნულ ნივთიერებათა შერჩევითობა და დიდი რაოდენობით ორგანული მდგენელის არსებობა მარგალიტში, იწვევს მისი

მასის ცვლილებებს, დაკავშირებულს ორგანული კომპონენტების ჟანგვა-დჟჰიდრატაციის პროცესთან (ორგანული კომპონენტის ფუძეს წარმოადგენენ თეთრი ფერის ამინომჟავები, რომლებშიაც მდებავი პიგმენტის გახსნით მიიღება სხვადასხვა ტონალობის ორგანული მასა: ოქროსფერი და ღია რუხისფერი - სპილენძისა და ვერცხლის მაღალი შემცველობისას, ვარდისფერი - ნატრიუმის და თუთიის თანაობისას და ა.შ.).

საიუველირო მარგალიტი თავის ცნობილ ოპტიკურ მახასიათებლებს ინარჩუნებს საშუალოდ 70-80 წლის განმავლობაში, გამონაკლის შემთხვევაში მან შეიძლება გაძლოს 100-150 წლის პერიოდით. მარგალიტის „სიცოცხლის“ ხანგრძლივობა დამოკიდებულია მისი შენახვის და მოხმარების პირობებზე. მარგალიტის საიუველირო ხარისხის მახასიათებლების შემცირება და რღვევა გამოწვეულია სხვადასხვა ფაქტორებით: გამოშრობით, მექანიკური დაზიანებით, მასის ზედაპირული ნაწილის ხსნადობით, მინერალ არაგონიტის კალციტში გარდაქმნით და სხვა. მარგალიტის „დაბერების“ პროცესზე განსაკუთრებით აქტიურად მოქმედებს მისი ორგანული ნაწილის სტრუქტურაში შემავალი კრისტალოჰიდრატული და ჰიგროსკოპული წყლის დაკარგვა, რომელიც იწვევს მარგალიტის ზედაპირის გაუწყლოებას და გამოშრობას, ორგანული ნივთიერების მოლეკულური კავშირების მოსპობას და მარგალიტის დაშლას.

მარგალიტის დეკორატიული თვისებების შენარჩუნების და გახანგრძლივების მიზნით, დიდი ყურადღება ეთმობა მისი შენახვის ტემპერატურული და ტენიანობის პირობების დაცვას (ტემპერატურა 15-18°C, ტენიანობა 55-60%). ამასთან ერთად მარგალიტის მინერალურ ნაწილში დიდი რაოდენობის არაგონიტის შემცველობა განსაზღვრავს მის დამოკიდებულებას მჟავების მიმართ: სუსტი მჟავაც კი იწვევს მინერალური ნაწილის გახსნა-დაკარგვას და მარგალიტის დაშლას (კოსმეტიკური საშუალებების ხანგრძლივი ხმარება მარგალიტის სამკაულთან იწვევს მის სერიოზულ დაზიანებას).

სარესტავრაციო პრაქტიკაში არქეოლოგიური მარგალიტის სამკაული მოითხოვს სასწრაფო კონსერვაციას, ჰაერზე მოხვედრის შემდეგ ის შეიძლება დაიშალოს ფხვნილის სახით. ეთნოგრაფიული მარგალიტის სამკაული კი ჩვეულებრივად წარმოადგენს რუხი ყვითელი ტონალობის ბრწყინვალეობა - დაკარგულ ბურთულების მასას, რომელიც მოითხოვს სარესტავრაციო დამუშავებას. მარგალიტის ზედაპირი იწმინდება 70%-იანი ეთილის სპირტის სუსტამიაკიანი წყალხსნარით (0,5-1,0% ამიაკის წყალხსნარში), რის შემდეგაც ინახება ბენზინით შეზავებულ პარა-

ფინში 24 საათის განმავლობაში. იმავე მიზნით შეიძლება გამოიყენოთ მარილწყალი ($\text{NaCl}=2-3\%$) ან 5-7%-იანი კალიუმკარბონატის ხსნარი, ასევე გამასუფთავებელი ნეიტრალური წყალხსნარები.

ნაწილობრივ დაზიანებული მარგალიტის ზედაპირი მუშავდება მარილმჟავის ან აზოტმჟავის 1-2%-იანი და ტრილონ „ბ“-ს 3-5%-იანი ხსნარებით. დაზიანებული ნაწილის მოხსნისა და დამუშავების შემდეგ მარგალიტი ინტენსიურად ირეცხება წყლით და შრება თანმიმდევრობით 80, 90 და 96%-იანი ეთილის სპირტით. ამავე დანიშნულებით წარმატებით გამოიყენება აფსკვარმომქმნელი პოლიმერული გამასუფთავებელი ხსნარები. მარგალიტი დემონატუის, რესტავრაცია - წმენდის შემდეგ ექვემდებარება კომპოზიციურ კონსერვაციას.

ფირუზი. მინერალი სპილენძის ფოსფატების ჯგუფიდან. ქიმიური შედგენილობა: $\text{CuO}-9,8\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3-37,0\%$, $\text{P}_2\text{O}_5-35,0\%$, $\text{H}_2\text{O}-17,7\%$. (მინარევები: Fe, Cr, Ti, V, Mn, Mo Co და სხვ.) სისაღე მოოსის სკალით 5-6 ერთეულია, სიმკვრივე 2,40-2,80 გ/სმ³.

ფირუზის ფერთა სპექტრში შედის გამა მოცისფრო-მოლურჯო ტონალობიდან ღია ცისფერ-თეთრ შეფერილობამდე. მინერალში ტიპურია მწვანე ტონალობის ჩანაროები, რაც დაკავშირებულია სამვალენტო რკინის იონების რაოდენობასთან.

ფირუზი უძველესი დროიდან გამოიყენება სამკაულის დასამზადებლად. არქეოლოგიურად ცნობილია ფირუზისგან მიღებული და ლითონის მასალასთან ერთად შემკული ნივთები (სამკაული, სარიტუალო ნაკეთობანი). სამუზეუმო ექსპონატებიდან საინტერესოა შუასაუკუნეების პერიოდის ნივთები, სადაც ფირუზი გვხვდება სხვა ძვირფასი ქვების ნაკრებში ქსოვილთან ერთად. ფირუზი გამოიყენებოდა საეკლესიო ინვენტარის, ჯვრების, ხატების, წიგნების, სარიტუალო თავსაბურავის და სამოსის შესამკობად.

ფირუზის მინერალის ქიმიური ბუნება და ფიზიკური აგებულება, განსაზღვრავს მის დაცულობას და შესაძლო ზედაპირულ ცვლილებებს. ფირუზი კარგავს პირველად ტონალობას და უფერულდება მზის სხივების ზემოქმედებით. კოსმეტიკის, სპირტების, არომატული ზეთების, ბენზინის, აცეტონის, ტუტეების და მჟავების ხმარებისას დროთა განმავლობაში ფირუზი კარგავს საწყის თვისებებს, ღებულობს მომწვანო ან მოყავისფრო - მომწვანო შეფერილობას, ზედაპირის დაზიანებით და ხარისხის გაუარესებით.

ფართოდ გავრცელებულია ფირუზის იმიტაციები და მისი სინთეზური შემცველები. ამ მიზნით გამოიყენება სილიციუმის ოქსიდის, კალციუმის კარბონატის, სოდის და სპილენძის მარილების ტემპერატურული შეცხოვით მიღებული მასალები, რომლებიც სისაღის, სიმკვრივის მაჩვენებლებით და გარეგნული ეფექტით თითქმის არ განსხვავდებიან ბუნებრივი მინერალისაგან. მსგავსი მასაღის კომპოზიციები ავსებენ დანაკღის ისტორიულ და თანამედროვე ინვენტარში, რომელიც დამზადებულია ან ინკრუსტირებულია ფირუზის მინერალით.

ფირუზით შემკობილი ექსპონატები დაცული უნდა იქნეს ამქროლადი ანტისეპტიკური ნაერთების მოქმედებისაგან (ნაფტალინი, ქაფური, ეთერის ზეთი და სხვა), რომლებიც იწვევენ მინერალის ზედაპირის დაზიანებას და ფერის მწვანე ტონალობაში გადასვლას. დაკარგული ბუნებრივი ფერის, ფიზიკური თვისებების და შესაბამისი ფასეულობის აღდგენა ფირუზში პრაქტიკულად შეუძლებელია.

ქარვა. წარმოადგენს პოლიმერიზებულ ამორფულ ფისოვან მასას. დნობის ტემპერატურა 287°C , სიმკვრივე 10-13 გ/სმ³, სისაღე 2,0-2,5. (მოღის სკალით). გვხვდება გამჭვირვალე და დაბურული სახით, (სუფთა ქარვა გამჭვირვალე - ყვითელია, მინარევები აძლევენ სხვადასხვა ფერს, ყვითლიდან-ყავისფერ ტონალობამე შეფერილობით). გახურებული (140°C) ქარვის მცირე ზომის ნაწილები, წნევის ქვეშ შეიძლება შეერთდეს მსხვილი ბლოკების მასად. მისი დამახასიათებელი ნიშანია ქარვის მჟავის $(\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H})_2$ შემცველობა 3,2-8,2 % ზღვრებში.

უძველესი დროიდან ქარვა ცნობილია სამკაუღის სახით. ქარვის სხვადასხვა სახეობა გამოიყენება საიუვეღირო წარმოებაში და მხატვრულ - დეკორატიული დანიშნულებით.

ქარვის ზედაპირზე დროთა განმავლობაში წარმოიქმნება თავისებური პატიწა, მოწითაღო-მოყავისფერო ოქსიდური აფსკი. სარესტავრაციო წმენდისას გამოიყენება სპირტის წყალხსნარი (კომპაქტური ქარვა იხსნება ეთიღის სპირტში, ბენზოღში, ნახშირწყალბადებში და სხვა გამხსნეღებში). ქარვის მასის წმენდა ორგანულ გამხსნეღებში შეზღუდულია. სარესტავრაციო ქარვის ფერისა და გამჭვირვალობის შეცვღისათვის ის თერმულად მუშავდება 100°C ტემპერატურამდე ხურების რეჟიმიტ. დამუშავებული ქარვის ნაწიღების შესაერთებლად გამოიყენება (ფერის ტონაღობის შესაბამისად შერჩეული) ცვიღის ფისოვანი მასის კომპოზიციები.

გიშერი. სარესტავრაციო ლიტერატურაში გვხვდება ტერმინი „შავი ქარვა“, თუმცა აღნიშნულ მინერალს არავითარი საერთო არა აქვს ქარვასთან. ის წარმოადგენს გიშერს, მკვრივ, ბლანტ, პრიალა ფისოვან მასას, რომელიც კარგად მუშავდება მექანიკურად და პოლირდება არაბრწყინვალე ელფერიით. გიშერი წარმოადგენს ნამარხი ნახშირის სახესხვაობას, ნიჟარისებური მონატეხით და ერთგვაროვანი აგებულებით. ძირითადი შემადგენელია ნახშირბადი (80-90%) შეიცავს აგრეთვე ჟანგბადს, წყალბადს და აზოტს. გიშერის სისაღე მოოსის სკალით 3,0-4,0 ერთეულია, სიმკვრივე შეადგენს 1,3-1,4 გრ/სმ³. გიშერის ფირფიტა დეფორმირდება 150-200⁰C ტემპერატურაზე გახურებით. უძველესი დროიდან გიშერი იხმარებოდა მძივების, ამულეტების დასამზადებლად, ინკუსტრაციისათვის. გიშერი გამოიყენება, როგორც საიუველირო და სანაკეთო ქვა.

გიშრის სარესტავრაციო დამუშავება შესაძლებელია გამასუფთავებელ საშუალებათა წყალხსნარებში. გიშერში ფისოვან ნივთიერებათა შემცველობის გამო მისი დამუშავება ორგანული გამხსნელებით შეუძლებელია. გიშრის ექსპონატის რესტავრაცია-შეერთების პროცესი სრულდება მისივე მასით, დაბალმდნადი ცვილ-ფისოვანი კომპოზიციური წებოს საშუალებით.

მარჯანი. უძველესი დროიდან გამოიყენებოდა სამკაულის სახით. მარჯანი „ხისმაგვარი განტოტვილი“ პოლიპების (გორგონიდების) მიერ ზღვის სიღრმეებში კალციუმის და მაგნიუმის კარბონატების შეერთებით შექმნილი მასაა, ქიმიური შედგენილობით: CaCO₃ (85,0-88%), MgCO₃ (2,5-3,0%), FeO₃ (0,5-1,0%), ორგანული ნაწილი - კონხიოლინი (1,5-4,0%).

სიმკვრივე 2,6-2,7 გრ/სმ³, სისაღე (მოოსის სკალით) 3,5-4,0. ცნობილია ძირითადად წითელი (კეთილშობილი), ღურჯი და შავი სახის მარჯანი, გვხვდება აგრეთვე განსხვავებული ფერთა გამითაც (ვარდისფერი, მოყვითალო, თეთრი). ცნობილია მარჯნის იმიტაციები, მინის, ძვლის და პლასტიკური მასის გამოყენებით.

მარჯნის ზედაპირი მქრქალია, გაპრიალებით იძენს ელვარებას, პოლირებული ნაწილი მინისებურია, მონატეხი ნიჟარისებრი. მარჯანი ადვილად იწოვს სხვადასხვა ზეთისებრ სითხეს (ცხიმს) და ამასთან ერთად შესამჩნევად იცვლის ფერს.

მარჯნის ზედაპირის რესტავრაციის პირობებში, ცხიმოვანი ლაქების მოცილება შესაძლებელია გადამუშავებულ ნახშირწყალბადებში და სპირტში რეცხვის გზით. მარჯნის ძირითადი შემადგენელი კომპონენტის - კარბონატების

მუავებთან აქტიური მოქმედების გამო, ქლორირებული ნახშირწყალბადების და რთული შედგენილობის ეთერის გამოყენება საერსტავრაციო წმენდისათვის დაუშვებელია (ამ შემთხვევაში პრაქტიკულად ზიანდება მარჯნის პოლირებული ნაწილი). სარესტავრაციო პრაქტიკაში მარჯნის სამკაულის ზედაპირი მუშავდება ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების წყალ-სპირტიანი ხსნარებით.

მარჯნის ნაკეთობის ცალკეული ნაწილების შესაერთებლად წარმატებით გამოიყენება გამჭირვალე და უფერული წებო პოლივინილბუთირალის სპირტ-ხსნარის სახით. ნივთის რეკონსტრუქციისათვის მარჯნის დაზიანებული ნაწილი ივსება თაბაშირით, რქისა და ძვლის შეფერადებული მასით, აგრეთვე პიგმენტით დამუშავებული სინთეზური პოლიმერებით.

ლაზურიტი. რთული შედგენილობის ალუმინსილიკატური მასა. სიმკვრივე 2,3-2,45 გ/სმ³, სისაღე 5,5-6,0 (მოოსის სკალით). შეფერილობა იცვლება მინერალში მინარევების შემცველობის მიხედვით. საუკეთესო ხარისხის ლაუვარდის ფერთა გამაში ვხვდებით ღია ლურჯი, ცისფერი, მომწვანო-მოცისფრო, ყვითელი ტონალობის მინერალს. მასში შეიძლება იყოს თეთრი და ღია რუხი შეფერილობის ჩანარები, ასევე ოქროსფერი და ღია ბრინჯაოსფერი პირიტის ზოლოვანი ფენები, რომლებიც შესაბამისად ამცირებენ ან ზრდიან ძირითადი მინერალის დეკორატიულ ფასეულობას.

ლაზურიტი დროთა განმავლობაში გამოიყენებოდა სხვადასხვა საიუველირო და მხატვრული ნაკეთობების დასამზადებლად (ცნობილია ეგვიპტური ხოჭო - სკარაბეი), მოგვიანებით კი ფართოდ იხმარებოდა რთული რელიეფის და დიდი ზომის ნივთების წარმოებაში. როგორც საიუველირო და სანაკეთო ქვა მონაწილეობს სამკაულის ჩვეულებრივ (კაბოშონი) და დეკორატიული ნივთების შემადგენელი ნაწილების ფორმირებაში.

ლაზურიტი გამძლეა გარემო პირობების ცვალებადობისას. მუავების მიმართ არამდგრადია და სწრაფად იშლება. სამუზეუმო ექსპონატებში ლაუვარდის მასა კარგად არის დაცული და მისი რესტავრაცია მთავრდება მასალის ზედაპირული წმენდით.

მალაქიტი. წარმოადგენს მაღალი კლასის სანაკეთო ქვას. მინერალური შემადგენილობით სპილენძის ფუძე კარბონატი $(\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2)$. სისაღე მოოსის სკალით 3,5-4,0 ერთეული; სიმკვრივე 3,9-4,1 გ/სმ³. ფერის ტონალობით და ელვარებით ცნობილი ლამაზი მინერალია. გამოირჩევა რთულსპექტრიანი შეფერილობით,

რომელიც მოიცავს მწვანე ტონალობის მთლიან პალიტრას: ღია-მწვანე, მოშავო-მწვანე, მოცისფრო-მწვანე, მომწვანო-რუხი და სხვა. მინერალის ტექსტურა მრავალგვარია, ტალღოვანი, კონცენტრული, წერტილოვანი, სხივისებურ-ვარსკვლავისებური და სხვა.

მაღაქიტი თავისი ფიზიკურ-ქიმიური მონაცემებით ფართო გამოყენებას პოულობს საიუველირო და დეკორატიულ-გამოყენებით სფეროში.

მაღაქიტი მყიფე მინერალია, გახურებისას კარგავს წყალს და გადადის შავ ფერში. მჟავების მოქმედებით იხსნება და იშლება. მისი რესტავრაცია მდგომარეობს ზედაპირულ წმენდაში და ცალკეული ნაწილების შეერთებაში, რაც ხორციელდება ეპოქსიდური წებოების, პოლიბუთილმეტაკრილატის საშუალებით.

12. ოქრომჭედლობა და საიუველირო მოდა

ძვირფასი ლითონები და შენადნობები გამოყენებულია შუაბრინჯაოს ხანის ოქრომჭედლობაში, სადაც გვხვდება ორიგინალური ფორმისა და მრავალფეროვანი დანიშნულების ოქროს და ვერცხლის სამკაული (მძივები, მილაკები, ფირფიტები, გრეხილი მავთული, სასაფეთქლე რგოლები), სარიტუალო დანიშნულების ინვენტარი. ნივთები მაღალი ოსტატობით არის შესრულებული და ქართული ოქრომჭედლობის ადრეული საფეხურის ნიმუშებს წარმოადგენენ.

თრიალეთის დიდი ყორღანების კულტურის მატარებელი საზოგადოების დახვეწილმა ესთეტიკურმა გემოვნებამ, საფუძველი ჩაუყარა მაღალკვალიფიციური ხელოსნობის ინსტიტუტს – საიუველირო საქმეს. მაღალმხატვრული ხელოვნებით დამზადებული ოქროს და ვერცხლის ნაკეთობანი, მიღებული ჭედურობის, ფილიგრანის, რჩილვის, ინკრუსტაციის, აპლიკაციის დახვეწილი ტექნიკით, ქმნიან წინაპირობას ანტიკური და შუასაუკუნეების ცნობილი კეთილშობილ ლითონთა და ძვირფასი ქვების კომბინაციით დამუშავების სრულყოფილი ტექნოლოგიით შეიარაღებული ოქრომჭედლობის სკოლების არსებობისათვის. ოქრომჭედელ ოსტატთა პროფესიონალიზმმა დიდი როლი შეასრულა უძველესი საიუველირო წარმოების მხატვრული სტილის (ფორმების ორიგინალობა, ნახაზის მრავალფეროვნება, დამზადების რთული ტექნოლოგიური სქემა) ჩამოყალიბებაში.

ანტიკური ხანის კოლხეთსა და იბერიაში არსებულმა ისტორიულ-კულტურულმა ვითარებამ ოქრომჭედლობის აღმავლობას შეუწყო ხელი. ძვ.წ. V-I საუკუნეების მხატვრული ხელოსნობის ნაწარმი, ტორეგტიკის და ძვირფასი ქვების

დამუშავების ბრწყინვალე ნიმუშებს მოიცავს, რომელიც აქემენიდური და ელინისტურ-რომაული ხელოვნების გავლენას განიცდის. ამასთან ერთად, ამ პერიოდის საოქრომჭედლო სკოლისათვის ნიშანდობლივია ძვირფასი ლითონის დამუშავების ადგილობრივი ნიშნები – სამკაულის ფორმები, შემკულობათა სახე, დამზადების ტექნოლოგიის ტრადიციული სქემები, რომელიც ადგილობრივი მხატვრული დამუშავების მეთოდების გამოვლინებაა და ამავე დროს აღორძინების ახალ საფეხურს განასახიერებს. სამკაულის დიდი ნაწილი წარმოდგენილია დიადემებით, თავსამკაულით, საყურეებით, ყელსაბამებით, საკიდებით, მძივებით, სამაჯურებით, ბეჭდებით და სხვა საიუველირო ნაწარმით, რომელთა დამზადების ტექნოლოგიურ სქემებში განიხილება ლითონის ჭედურობა-კვერვით, თევგით, გაწელვით, ცვარათი, სევადით და მინანქრით დამუშავების მეთოდები.

გვიანანტიკური ოქრომჭედლობის და ტორეგტიკის განვითარების დონეს ასახავს დიდი მცხეთის სამარხეული კომპლექსებიდან მომდინარე ოქროს და ვერცხლის ნივთიერი მასალა, რომელთა დამზადების ტექნიკა-ტექნოლოგიის რთული სქემა ცხადსა ხდის ადგილობრივ ოქრომჭედელთა ხელოვნებას. ანტიკური ხანის საქართველოში დასტურდება ძვირფასლითონდამუშავების სახელმწიფო მასშტაბის სახელოსნო გაერთიანებათა არსებობა.

ოქრომჭედლობის განვითარების დონეს განასახიერებს შუასაუკუნეების ცნობილი სარიტუალო და საეკლესიო ატრიბუციის მომცველი კეთილშობილი ლითონებისაგან დამზადებული, ძვირფასი ქვებით შემკული ნივთები, მაღალ-მხატვრული საიუველირო ნაწარმი.

წინაისტორიული ხანიდან დღემდე ოქრომჭედლობის ნაწარმის სახეს განსაზღვრავს საიუველირო მოდა, რომლის გავრცელების არეალი და დრო დამოკიდებულია დამკვეთი საზოგადოების ცხოვრების ფორმაზე და საერთო გემოვნებაზე. ყველა საიუველირო მოდა ხასიათდება თავისი განსაკუთრებული მისწრაფებით ნატიფი, სათუთი და დახვეწილი ფორმებისადმი, გამოირჩევა დროის შესაბამისი სამკაულის მრავალსახოვნებით. საიუველირო მოდის თავისუფალი გამომსახველობითი შესაძლებლობები და იდეური უნარი განსაზღვრავს მის შემოქმედებით ხასიათს, სტილს და მიმართულებას.

თანამედროვე საიუველირო მოდა, საზრდოობს რა ოქრომჭედლობის ისტორიული განვითარების მიღწევებით და მოქმედებს ძვირფასი ლითონის დამუშავების უძველესი მეთოდების აღორძინების გზით, გამოირჩევა საიუველირო ნაწარმის

ფართო ასორტიმენტით, ის ექვემდებარება სამი მხატვრული მიმართულების სტილს და დომინირებს მაღალი ესთეტიკური გემოვნების ნაწარმოებთა შექმნის პროცესში:

კლასიკური სტილის საიუველირო ნაწარმი ხასიათდება ნიმუშის მკაცრი, ლაკონური, პროპორციული ფორმებით და ფაქიზი დეკორით, ნაკლებად ექვემდებარება მოდათა კაპრიზებს;

ავანგარდული სტილის სამკაულის შემოქმედი არ ემორჩილება არავითარ ნორმებს ან ტრადიციას, საზრდოობს ინდივიდუალური, ექსცენტრული ფორმებით, ფლობს განსხვავებული მასალის კომბინაციის და სამკაულის მოძრავი, მოქნილი კონსტრუქციის შექმნის უნარს;

ფოლკლორის სტილის სამკაულში თავმოყრილია მხოლოდ ნაციონალური გამოყენებითი ხელოვნების ნაწარმოებთა ინტერპრეტაციით მოტივირებული ფორმები, ძველი ცივილიზაციის მიღწევათა შესაძლებლობები.

აღნიშნული სტილის მიმართულებათა შორის მოქმედებს განსხვავებული გეომეტრიული, კონსტრუქციული და სახვითი მიკროსტილის მიკრომიმართულებები, გაერთიანებული ე.წ. “ოთხი სტიქიის” (დედამიწა, ცეცხლი, წყალი, ჰაერი) თემის ქვეშ.

გეომეტრიული მიკროსტილი აქტუალურია ყველა კატეგორიის სამკაულისათვის, ის მოქმედებს როგორც მხატვრული გაფორმების ძირითადი მეთოდი და ფორმა (სამკუთხედი, წრე, ოვალი, სპირალი, სფერო, ტრაპეცია, რომბი და სხვა).

კონსტრუქციული მიკროსტილის ელემენტებია: სამკაულის შემადგენელი ცალკეული ნაწილების სივრცობრივი გამოსახვა, მათი გამომსახველობითი სიწმინდე, ბუნებრივი მასალების მონაცემთა სრული აღქმა, კომპოზიციური დახვეწილობა და სხვა.

სახვითი მიკროსტილისათვის დამახასიათებელია ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნების ობიექტთა ნატურალური გამომსახველობითი ფორმები: ფურცვლოვანი ლითონის ნაკრები, ლითონის ხლართულები, კვანძები; ფორმები – მარაო, ყვავილი, რტო, ხე, კენკრის სახეობა, ნაყოფი; ზღვის სტიქია – თევზი, ვარსკვლავი, ნიჟარა; ადამიანისა და ცხოველთა გამოსახულებები და ა.შ.

საიუველირო ნაწარმი თემაზე “დედამიწა”, ერთდროულად მოცულობითია და მსუბუქი, გამოირჩევა ზედმიწევნით დეტალიზებული, სარკისებრი კრიალა და მქრქალი ზედაპირების შეხამებით. ორნამენტული მოტივებია – ფლორა და ფაუნა რელიეფური გამოსახულებით. “დედამიწის” თემაზე სრულდება მრავალფეროვანი

სამკაული: ყელსაბამი, ძეწკვი, სამაჯური, ბეჭედი, საყურე და სხვა სახის საიუველირო ნაწარმი, როგორც ინკრუსტირებული (მალქიტი, ნეფრიტი, აქატი, სარდიონი, ფირუზი, მარგალიტი), ისე ინკრუსტაციის გარეშე.

საიუველირო ნაწარმი გამომსახველობითი თემით “ცეცხლი” მზადდება ოქროს მასალით, ჩანართების გარეშე. სამკაული დეკორატიული ეფექტი მიღწეულია ოქროს დამუშავების სქემის მიხედვით, ნივთში განსხვავებული ფერთა გამის სინჯის ოქროს გამოყენებით, ჭარბობს სპილენძით ლეგირებული წითელი ოქროს ტონალობა.

თემით “ჰაერი” შესრულებული სამკაული მსუბუქი და გამჭვირვალეა, ჭარბობს ორი დეკორატიული ელემენტი – ბადე და აჟური. დამატებითი მხატვრული ეფექტი მიღწეულია ოქროს ყვითელი ტონალობის და ფერადი, გამჭვირვალე მასალების შერწყმით.

საიუველირო სამკაული თემაზე “წყალი” (ყელსაბამი, საყურე, სამაჯური და სხვა) ხასიათდება შესაბამისი გამომსახველობითი საშუალებებით (პლისირებული ფურცლოვანი ოქრო), წყლის ფორმის გამჭვირვალე ეფექტით, რომელიც ხაზგასმულია ძვირფასი ქვების ინკრუსტაციით (ოპალი, აქვამარინი, ბროლი და სხვა) და აჟურის ელემენტებით.

თანამედროვე საიუველირო სამკაული მზადდება მოხდენილი ფორმის, საკმაოდ მსხვილი და ამავე დროს მსუბუქი კონსტრუქციის, ძირითადად ინდივიდუალური შესრულებით. ნიმუშში აქცენტირებულია მაღალი დონის ზედაპირული დამუშავება (ჭედურობა, გრავირება, ფილიგრანი, აპლიკაცია, პოლირება), ეფექტური ფორმა და მრავალფეროვანი ფერთა გამა.

საქართველოს საიუველირო წარმოებისათვის მუდმივად გამოიყენება ოქროს 750, 585, 583 სინჯის მასალა. საზღვარგარეთული ფირმებისათვის ცნობილია საიუველირო ოქროს 333, 500, 585, 750, 916 სინჯები. ოქროს საიუველირო ნაწარმის მოდა განსაზღვრულია ორი ფაქტორით: მაღალი მხატვრული სახით და ღირებულებით. ოქროს სამკაულის მსურველთა რაოდენობა დროებით შეიძლება შემცირდეს ან მიაღწიოს აპოგეას. მაღალმხატვრული დეკორით და შესრულების სირთულით გამოირჩევა პოლიქრომული ოქროს (თეთრი, ყვითელი, ვარდისფერი, წითელი, მწვანე ოქროს ნიმუშები) მასალით და ძვირფასი ქვებით (ბრილიანტი, საფირონი, ზურმუხტი, ღალი, ალექსანდრიტი), აგრეთვე ფერადი ქვებით (ფირუზი, ამეთისტი, ტურმალინი, მარჯანი) შესრულებული თანამედროვე საიუველირო

ნაწარმი. პრესტიჟული და ფასეულია ინდივიდუალური შეკვეთის, ხელით დამზადებული ოქროს სამკაული.

ვერცხლში შესრულებული სამკაული დიდი მოთხოვნით სარგებლობს როგორც სამამულო, ისე სხვა ქვეყნების საიუველირო წარმოებაში. ვერცხლისგან მზადდება ნებისმიერი ფორმის ნივთი, რომელიც კარგად შეესაბამება (შეერწყმის) ოქროს და გაუმჭირვალე ქვას. მუდმივად მაღალია ვერცხლის სამკაულის ფასი ფირუხის, ტოპაზის, ზურმუხტის, გრანატების და სხვა ძვირფასი ქვების თანაობით. ხშირად ვხვდებით ვერცხლის საიუველირო ნაწარმს სარდიონის, აქატის, ქალცედონის, ობსიდიანის, ქარვის და სადაფის ჩასართებით. ცნობილია ვერცხლის სამკაულის ნიმუშები მინანქრით, სევალით, გრავირებით და ფილიგრანით. ვერცხლის საიუველირო ნაწარმი კარგად ეთანადება თანამედროვე მოდის ცვლილებებს.

გასული საუკუნის ბოლოს ფართოდ გავრცელდა პლატინის შენადნობებისგან დამზადებული სამკაული. მისი ფილიგრანული საიუველირო ნაწარმი დიდი წარმატებით სარგებლობს საერთაშორისო კონკურსებსა თუ გამოფენებზე (პლატინის სამკაული ყვითელი ოქროს ლოკალური დაფარვით). სხვადასხვა კატეგორიის სამკაულისათვის შეირჩევა დაბალი, საშუალო და მაღალმდნადი პლატინის სპეციალური შენადნობები.

საიუველირო ნაწარმი ტრადიციული არაძვირფასი ლითონებისა და შენადნობებისაგან (სპილენძი, თითბერი, ნეიზელბერი, მელქიორი და სხვა) ცნობილია უძველესი დროიდან – დღემდე. მათი გამოყენება თანამედროვე მოდური სამკაულის დასამზადებლად მეტად აქტუალურია და დიდი მოთხოვნით სარგებლობს. ტრადიციული ლითონები დიზაინის ახალმოდური იდეების თანმხლებია და სრულიად აკმაყოფილებს XXI საუკუნის საიუველირო წარმოების მოთხოვნებს. თანამედროვე მოდის შესაბამისად, იქმნება ძვირფასი და არაძვირფასი ლითონების მხატვრული დამუშავების სპეციალიზებული საწარმოები, რომლებიც სერიული გამოშვების სამკაულით აკმაყოფილებენ მყიდველთა გაზრდილ ინტერესს.

მოდა ვითარდება, იცვლება, მოდა ყოველთვის მოდაშია!

12.1. რესტავრაცია და თანამედროვე ხელოვნება

სარესტავრაციო მეთოდების მრავალფეროვნება და კონსერვაციის შესაძლებლობები, განაპირობებენ თანამედროვე ხელოვნების მოთხოვნათა დონეზე წარმართოს სიძველეთა და სახვითი ხელოვნების ნიმუშთა ისტორიულ ფასეულობათა

აღდგენა-შენარჩუნების პროცესი. სარესტავრაციო სამუშაოთა ანალიზური მეთოდი, მისი მოქმედების უმნიშვნელოვანესი პრინციპები, სრულად განსაზღვრავენ თანამედროვეობის შეხედულებებს უძველესი ხელოვნების ძეგლების მიმართ, მათი ფუნქციონირების ზღვარს წარსულ და მომავალ კულტურათა შორის.

მატერიალური კულტურის ძეგლების შექმნის და გარდაქმნის შესაძლებლობა, დაკავშირებული სამყაროს რეალობის შეცნობასა და პრაქტიკულ გამოყენებასთან, სისტემურად განსაზღვრავდა ორგანულ კავშირს შემოქმედ პიროვნებასა და ხელოვნების კონკრეტულ მიმართულებას შორის (ძეგლის ფუნქცია და ხარისხი, ნაწარმოების მხატვრული მხარე და შესრულების სტილი, დამზადების ტექნოლოგიური სქემა, ფასეულობა და ა.შ.). ხელოვნების მიმართულებათა სფეროში მხატვრული ნაწარმის სახისა და კონსტრუქციის შესაბამისად, განსაკუთრებულ მატერიალურ საშუალებათა გამოყენების თვალსაზრისით, პრაქტიკულ-ემპირიულ-ესთეტიკური მონაცემების კანონზომიერი განვითარებით გამოირჩევა სივრცობრივ-პლასტიკური მიმართულება (ფერწერა, გრაფიკა, სკულპტურა, არქიტექტურა, დეკორატიულ-გამოყენებითი ხელოვნება, დიზაინი და სხვა), ისტორიული განვითარების სხვადასხვა ეტაპზე ღებულობს გამოყენებითი ხელოვნებისა და მხატვრული შემოქმედების სახეს.

ჰუმანიტარული და საბუნებისმეტყველო – ტექნიკურ მეცნიერებათა საფუძვლიანი კრიტერიუმების შესაბამისად შემუშავებულმა მატერიალური კულტურის ძეგლების კვლევისა და სამოქმედო მოდელირების პროექტებმა, განსაზღვრეს თანამედროვე რესტავრაცია-კონსერვაციის საქმის განვითარების საერთო მიმართულება. საზღვარგარეთის ქვეყნებისა და საქართველოს სპეციალისტ-რესტავრატორთა შორის თეორიული და სამუშაო-პრაქტიკული გამოცდილების ურთიერთგაზიარება ისტორიული ძეგლის “მაქსიმალური” სახით წარმოდგენის მიზნით, დიდი შემოქმედებითი პროექტების განხორციელების პერსპექტივას ქმნის.

არქეოლოგიურ სამუშაოთა შედეგები, აღმოჩენილი ძეგლების სიმრავლე და უნიკალურობა, მოპოვებული მასალის კვლევის ფართო სპექტრი, მრავალმხრივი სამუზეუმო-საგამოფენო საქმიანობა, უახლესი მეცნიერული მიღწევებით შეიარაღებული კადრების მომზადებას მოითხოვს. ამდენად, ხელოვნებათმცოდნეობის მეცნიერების და კერძოდ მატერიალური კულტურის ძეგლების კვლევისა და რესტავრაცია-კონსერვაციის მიმართულების განვითარების პირობა მდგომარეობს სამეცნიერო-პედაგოგიური და პრაქტიკულ-ლაბორატორიული საქმიანობის ქიმიკოს-რესტავრატორთა აღზრდაში, რომელიც უნდა მიმდინარეობდეს შესაბამის უმაღლეს საგანმანათლებლო და სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებებში. იგულისხმება მომა-

ვალი სპეციალისტების აღზრდა ხელოვნებაზე თანამედროვე სოციალურ-ფილოსოფიური შეხედულებებით და მატერიალური კულტურის ძეგლზე მუშაობა მხატვრული მეთოდის (ფორმის, ტექნიკა-ტექნოლოგიის, სპეციფიკური ინდივიდუალობის) სრულყოფისა და ხელოვნების განვითარების კანონზომიერებათა თავისუფალი ობიექტური შეფასების გზით.

ხელოვნების მხატვრული განვითარების პროცესი გრძელდება ორგანოზომი-ლებიანი დამოკიდებულებიდან (შესრულების მეთოდი – ტექნიკა-ტექნოლოგია და შესრულების სტილი), პოლიფუნქციური შემოქმედებითი აზროვნებისაკენ, აძლიერებს საზოგადოების მიზიდულობას სულის თავისუფლებისაკენ.

დანართი. სარესტავრაციო პრაქტიკაში და საიუველირო წარმოებაში გამოყენებული ლითონები

№	ელემენტი	ტღნ.	სიმკვრივე	სისაღე	ქ/აქტივობა	შეფერილობა
1	Na	97,8	0,9	0,8	O ₂ , H ₂ O, Hg, ამიაკი	ვერცხლ. თეთრი
2	Al	660	2,7	20	HCl, H ₂ SO ₄	ვერცხლისებრი
3	K	63,5	0,9	0,8	H ₂ O, Hg	ვერცხლ. თეთრი
4	Ca	850	1,5	25	H ₂ O, ეთ. სპირტი (C ₂ H ₅ OH)	ვერცხლ. თეთრი
5	Ti	1660	4,5	80	ტ. H ₂ O, HF, HCl, კ. H ₂ SO ₄	თეთრი
6	V	1700	5,9	260	H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , HF, "მ.ა."	ღია რუხი
7	Fe	1539	7,8	80	მჟავები	ვერცხლ. ლუხი
8	Ni	1455	8,9	60	განზ. HCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃	ვერცხლ. თეთრი
9	Cu	1083	8,9	35	HNO ₃ , კ. ტ. H ₂ SO ₄	მოწითალო
10	Zn	420	7,2	32	ტუტეები, მჟავები	ვერცხლ. თეთრი
11	Ga	29,8	6,1	0,8	მჟავები, ტუტეები	ვერცხლ. თეთრი
12	As	817	5,7	145	HNO ₃ , "მ.ა."	რუხი ლითონური
13	Rh	1963	12,5	55	"მ.ა.", კ. ტ. H ₂ SO ₄ , ტ. HBr	ვერცხლ. თეთრი
14	Pd	1550	12,2	30	"მ.ა." ტ. HNO ₃ , კ. ტ. H ₂ SO ₄	ვერცხლ. თეთრი
15	Ag	960,5	10,5	25	HNO ₃ , KCN, კ. ტ. H ₂ SO ₄	თეთრი
16	Cd	321	8,7	16	მჟავები, Hg	თეთრი ბრწყინ.
17	Sn	231,9	7,3	5	HCl, H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , ტუტეები	რუხი, თეთრი
18	Sb	630,5	6,7	34	კ. HNO ₃ , კ. HCl, კ. H ₂ SO ₄	ვერცხლ. თეთრი
19	W	3410	19,3	300	კ. HNO ₃ + კ. HF	ღია რუხი
20	Ir	2447	22,4	160	NaOH + Na ₂ O ₂	ვერცხლ. თეთრი
21	Pt	1769	21,5	30	"მ.ა.", კ. ტ. HNO ₃	ვერცხლ. თეთრი
22	Au	1063	19,3	19	"მ.ა." KCN, ტ. H ₂ SeO ₄ , Hg	ყვითელი
23	Hg	-38,9	13,5	—	"მ.ა.", HNO ₃ , კ. ტ. H ₂ SO ₄	ვერცხლ. თეთრი
24	Pb	327,4	11,3	4	HCl, კ. ტ. H ₂ SO ₄ , განზ. HNO ₃	მოცისფრო რუხი

ლიტერატურა

- აბრამიშვილი გ. საქართველოს ხელოვნების მუზეუმის საგანძური. თბ., 1977
- გვარამაძე დ.; ცინცაძე გ.; გაგნიზე პ.; ხარაიძე პ. არაორგანული ქიმიის კურსი, თბ., 1985
- გიორგიძე ე. მასალათმცოდნეობა. თბ., 1984
- გორდელაძე ვ.; სარუხანიშვილი ა. მინანქარი და მომინანქრების ტექნოლოგია. თბ., 2004
- ზუხბაია ვ.; ფოფორაძე ნ. ძვირფასი და სანახევრავო ქვები. თბ., 1998
- კოკოჩაშვილი ვ.; ცინცაძე გ.; ცეცხლაძე თ. ზოგადი და არაორგანული ქიმიის კურსი. თბ., 1988
- სამუზეუმო ექსპონატების რესტავრაცია, კონსერვაცია, ტექნოლოგია. I,II,III. (რ. პატარიძის რედაქტორობით) თბ., 1974 – 1980
- წიგწივაძე თ. ზოგადი ქიმია. თბ., 1992
- Балицкий В. С.; Лисицына Е. Е. Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. М., 1981
- Глинка Н. Л. Общая химия. М., 1984
- Гуляев А. П. Металловедение. М., 1977
- Корнилов Н. И.; Солодова Ю. П. Ювелирные камни. М., 1982
- Новиков В. П.; Павлов В. С. Ручное изготовление ювелирных украшений. Л., 1991
- Самохоцкий А. И.; Кунявский М. Н. и др. Металловедение. М., 1990
- Семенович Н. Н. Реставрация музейных тканей. Теория и технология. Л., 1961
- Структура и коррозия металлов и сплавов. Под редакцией Е. А. Ульянина. М., 1989
- Тавадзе Ф. Н.; Сакварелидзе Т. Н. Бронзы древней Грузии. Тб., 1959
- Травин О. В.; Травина Н. Т. Материаловедение. М., 1989
- Флеров А. В. Художественная обработка металлов. М., 1976
- Хомченко Г. П.; Цитович И. К. Неорганическая химия. М., 1984
- Хускивадзе Л. З. Грузинские эмали. Тб., 1981
- Brepohl E. Kunts-handwerkliches Emailieren. VEB Fachbuchverlag. Leipzig., 1983
- Webster R. Gems. Their sources, Descriptions and Jdentifications. London – Boston., 1975

იბეჭდება ავტორის მიერ წარმოდგენილი სახით

გადაეცა წარმოებას 28.05.2009. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 09.06.2009. ქალაქის
ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 8. ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



ი.მ. „გოჩა დალაქიშვილი“,
ქ. თბილისი, ვარკეთილი 3, კორპ. 333, ბინა 38