

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ РЕСТАВРАЦИИ» (ФГБНИУ «ГОСНИИР»)

Художественное наследие.
Исследования. Реставрация. Хранение.
Art Heritage. Research. Storage. Conservation.

Международное сетевое рецензируемое научное издание

№3 2023

МОСКВА 2023

THE MINISTRY OF CULTURE OF THE RUSSIAN FEDERATION

THE STATE RESEARCH INSTITUTE FOR RESTORATION

Художественное наследие.
Исследования. Реставрация. Хранение.
Art Heritage. Research. Storage. Conservation.

An international peer-reviewed online scientific journal

No 3 2023

MOSCOW 2023

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Д.Б. Антонов

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

А.С. Макарова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**А.Н. Балаш, В.В. Баранов, С.И. Баранова, Г.И. Вздорнов, В.Г. Гагарин,
М.Ф. Дубровин, В.В. Игошев, С.С. Ипполитов, С.А. Кочкин, А.В. Кыласов,
Л.И. Лифшиц, Т.К. Мкртычев, А.В. Окорочков, С.А. Писарева, И.Н. Проворова,
И.Г. Равич, Н.Л. Ребрикова, Н.В. Синявина, С.В. Филатов, Н.Е. Шафажинская,
О.В. Яхонт.**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ РЕДАКЦИИ:

О. Г. Кирьянова

РЕДАКТОР:

Г. И. Герасимова

Выходит 4 раза в год

Адрес редакции:

107014, г. Москва, ул. Гастелло, д. 44 стр. 1

e-mail: journal@gosniir.ru

Сайт: <http://www.journal-gosniir.ru/>

Свидетельство о регистрации СМИ ЭЛ. № ФС77-82901 ОТ 14.03.2022

ISSN 2782-5027

EDITOR-IN-CHIEF:

Dmitriy B. Antonov

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Anastasia S. Makarova

EDITORIAL BOARD:

**A.N. Balash, V.V. Baranov, S.I. Baranova, G.I. Vzdornov, V.G. Gagarin, M.F. Dubrovin,
V.V. Igoshev, S.S. Ippolitov, S.A. Kochkin, A.V. Kylasov, L.I. Lifshic, T.K. Mkrtychev,
A.V. Okorokov, S.A. Pisareva, I.N. Provorova, I.G. Ravich, N.L. Rebrikova, N.V. Sinyavina,
S.V. Filatov, N.E. Shafazhinskaya, O.V. Yahont.**

EXECUTIVE SECRETARY:

O. G. Kiryanova

EDITOR:

G. I. Gerasimova

Quarterly journal

Address:

44-1, Gastello St., Moscow, Russia, 107014

e-mail: journal@gosniir.ru

Web-site: <http://www.journal-gosniir.ru/>

Mass media registration certificate EL. N° FS77-82901 from 14.03.2022

ISSN 2782-5027

СОДЕРЖАНИЕ

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-7-27

Ипполитов С. С.

Белорусский кинематограф:

культурное наследие как фактор суверенности

7

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-28-36

Кирьянова О. Г.

Презентация художественного наследия в частном музее

28

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-37-45

Котельников П. Н., Кураков С. В., Морозов В. В.

Возможности применения аддитивных технологий
восстановлении утраченных элементов в реставрации
предметов из металла

37

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-46-59

Малачевская Е. Л., Гордюшина В. И., Иванова А. И.

О реставрации музейных предметов из необожженной глины

46

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-60-67

Николаев К. А.

Об атрибуции картины В. И. Шухаева «Покупатель пшеницы»
(из цикла «Марокко»). 1960 – 1961 гг

60

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-68-74

Павлова И. Б.

Игра в гравюры

68

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-75-87

Равич И. Г., Нацкий М. В., Михайлова А. В., Беккер А. О.

О возможности отжига для снятия внутренних напряжений
в изделиях с позолотой, изготовленных
из листовой латуни с помощью деформации

75

CONTENTS

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-7-27

Ippolitov S.

Belarusian cinema: Cultural heritage as a factor of sovereignty 7

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-28-36

Kiryanova O.

Presentation of artistic heritage in a private museum 28

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-37-45

Kotelnikov P., Kurakov S., Morozov V.

Possibilities of additive technologies
in recovering lost elements for metal objects restoration 37

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-46-59

Malachevskaya E., Gordyushina V., Ivanova A.

About the restoration of museum objects from unburned clay 46

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-60-67

Nikolaev K.

About attribution of V. Shukhaev's painting
"Wheat Buyer" (from the cycle "Morocco"). 1960–1961 60

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-68-74

Pavlova I.

The Plate Game 68

DOI: 10.24412/2782-5027-2023-3-75-87

Ravich I., Natsky M., Mikhailova A., Becker A.

About the possibility of annealing to relieve internal stresses
in gilded brass products made of sheet brass by deformation 75

И. Г. Равич, М. В. Нацкий, А. В. Михайлова, А. О. Беккер

О ВОЗМОЖНОСТИ ОТЖИГА ДЛЯ СНЯТИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ИЗДЕЛИЯХ С ПОЗОЛОТОЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ЛИСТОВОЙ ЛАТУНИ С ПОМОЩЬЮ ДЕФОРМАЦИИ

В статье изучена возможность отжига для снятия внутренних напряжений в предметах золоченой церковной утвари, датируемой концом XIX – началом XX в., изготовленной из листовой латуни с помощью холодной деформации. На отобранных от них образцах с помощью методов РФА, сканирующей электронной микроскопии, металлографии, измерения микротвердости определены состав изделий и покрытий, технология их изготовления, уровень внутренних напряжений. Установлено, что предметы получены из латуни, близкой по составу к маркам Л66 и Л68 и их микроструктура отличается крупными рекристаллизованными зернами, по границам которых распространяются межкристаллитные трещины. Причиной подобного разрушения являются внутренние напряжения, провоцирующие также межкристаллитную коррозию, сопровождающуюся образованием окиси меди в виде слоев и отдельных включений на границах зёрен. Позолота нанесена на изделия с помощью амальгамного метода, в двух предметах ее имитировали с помощью желтого лака, расположенного на слое амальгамного серебрения. Покрытия отличаются малой толщиной, значения которой варьируются в различных участках в пределах 0,5–3 микрона, в них заметны разрывы металла, иногда наблюдается фрагментированное строение. Эти дефекты способствуют развитию коррозии, поэтому покрытия старых изделий необходимо защищать, используя надежные способы консервации. Отжиги образцов в интервале температур 300–500°C в течение 2 часов показали, что внутренние напряжения почти полностью исчезают при 500°C. Нагрев при всех температурах не вызывает диффузии золота и серебра от поверхности вглубь образцов. Латунные изделия с золоченой или посеребренной поверхностью можно отжигать для снятия внутренних напряжений при температуре 500°C. Продолжительность отжига можно сократить с 2 часов до 15–30 минут.

Ключевые слова: церковная предметы, латунь, амальгамное золочение, внутренние напряжения, межкристаллитная коррозия, отжиг, электронная микроскопия, металлография, микротвердость.

I. Ravich, M. Natsky, A. Mikhailova, A. Becker

ABOUT THE POSSIBILITY OF ANNEALING TO RELIEVE INTERNAL STRESSES IN GILDED BRASS PRODUCTS MADE OF SHEET BRASS BY DEFORMATION

The article examines the possibility of annealing to relieve internal stresses in the objects of the collection of gilded church utensils made of sheet brass using cold deformation. The composition of products and coatings, their manufacturing technology, and the level of internal stresses were determined on the samples taken from them using x-ray fluorescence method, scanning electron microscopy, metallography and microhardness measurements. It was found that the objects were made of brass, similar in composition to the L66 and L68 brands, their microstructure is distinguished by large recrystallized grains, along the boundaries of which intercrystalline cracks spread. The cause of such destruction is internal stresses, which also provoke intercrystalline corrosion, accompanied by the formation of copper oxide in the form of layers and individual inclusions at the grain boundaries. Gilding was applied to the products using the amalgam method, in two objects it was imitated using a yellow varnish located on a layer of amalgam silvering. The coatings are characterized by a small thickness, the values of which vary in different areas within 0.5–3 microns, metal breaks are noticeable in them, sometimes a fragmented structure is observed. Defects in coatings contribute to the development of corrosion, so they must be protected using reliable conservation methods. Annealing of samples in the temperature range of 300–500°C for 2 hours showed that internal stresses almost completely disappear at 500°C. Annealing at all temperatures used does not cause diffusion of gold and silver from the surface deep into the samples. Brass products with a gilded or silver-plated surface can be annealed to relieve internal stresses at a temperature of 500°C. The duration of annealing can be reduced from 2 hours to 15–30 minutes.

Keywords: church objects, brass, amalgam gilding, internal stresses, intercrystalline corrosion, annealing, electron microscopy, metallography, microhardness.

Введение

Среди различных предметов декоративно-прикладного искусства из металла значительную часть составляют изделия, полученные из листовой латуни с помощью обработки давлением. Одним из видов их разрушения является самопроизвольное растрескивание, основная причина которого – наличие в изделиях остаточных внутренних напряжений. При нахождении в агрессивной среде, содержащей двуокись азота или сернистый газ, остаточные внутренние напряжения провоцируют в этих предметах коррозионное растрескивание. Было установлено, что снять внутренние напряжения и избежать дальнейшего разрушения металла возможно путем его отжига при температуре 300–500°C в течение 15–30 минут¹.

В данном исследовании мы пытались выяснить, можно ли отжигать латунные экспонаты с золоченой поверхностью, в которых присутствуют остаточные внутренние напряжения; сохранится ли позолота и не произойдет ли при отжиге диффузии золота в основной металл.

Для осуществления работы в экспериментальном фонде ГОСНИИР была подобрана небольшая коллекция изделий руинированной церковной утвари, полученной из листа латуни путем дифовки, чеканки или штамповки. Изделия относились к концу XIX – началу XX века. Коллекция включала различные изделия, которые для удобства дальнейшего рассмотрения были обозначены номерами: каркас рипиды (изделие 1), верх напольного подсвечника (изделие 2), детали подсвечника (изделия 3 и 4), часть ажурной лампы с тремя стаканами, расположенными в ряд (изделие 5), три однотипных корпуса стаканов лампы (изделия 6.1, 6.2, 6.3). На их поверхности сохранилась позолота, которая в некоторых участках была скрыта под скоплениями копоти и грязи. Общий вид исследованных предметов представлен на фотографии (ил. 1).



Илл. 1.
Общий вид
исследованных изделий.
1 – каркас рипиды;
2 – верх напольного
подсвечника;
3, 4 – детали
подсвечника;
5 – часть ажурной
лампы;
6.1– 6.3 – корпуса
стаканов лампы

Методика исследования

Состав изделий определяли с помощью неразрушающего метода рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) на приборе Hitachi X - Mad-8000. Исследовали обратную сторону изделий, на которой отсутствовало покрытие. Материалом для дальнейших экспериментов служили небольшие образцы размером примерно 5×5 мм, которые перед началом исследований промывали в ацетоне и в растворе трилона Б для удаления следов лака, грязи, окислов. Далее образцы подвергали исследованиям с помощью следующих методов анализа.

Изучение характеристик покрытия (состава, толщины, равномерности) осуществляли с помощью электронной микроскопии на сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM 4000 Plus с приставкой для электронно-зондового анализа QuantaX 75 (Bruker). Состав покрытия определяли в 5 точках и вычисляли среднее значение. Толщину покрытий измеряли на фотографиях электронно-микроскопического изображения микроструктуры образцов при увеличении в 5 000 раз.

Для изучения влияния отжига на диффузию золота, ртути и серебра, обнаруженного в составе покрытий нескольких изделий, определяли методом сканирующей электронной микроскопии концентрацию этих элементов в исходном состоянии и после нагрева. Концентрацию фиксировали в нескольких участках поперечного сечения образцов, начиная от золоченого слоя до центра. В каждом из этих участков в 5–8 точках определяли содержание золота, ртути и серебра, расстояние между точками равнялось примерно 2 микронам.

Исследование технологии изготовления изделий проводили на основе изучения их микроструктуры методом металлографии, для чего использовали металлографический микроскоп МИМ-8 с приставкой для цифрового фотографирования микроструктуры. Ее изучали на поперечном сечении образцов, что позволяло фиксировать наличие или отсутствие в изделии признаков деформации, степень окисления и др. Шлиф для металлографического исследования готовили следующим образом. Образец запрессовывали в самотвердеющую пластмассу марки «Протакрил», шлифовали на шлифовальной бумаге различных номеров и полировали вручную с помощью порошка окиси хрома, нанесенного на замшу. При ручной полировке наклёп в поверхностном слое образцов меньше, чем при их обработке на шлифовальном круге. Кроме того, образцы с покрытием лучше полировать вручную, чтобы сохранить покрытие, которое в некоторых участках непрочно держится. Для выявления микроструктуры образцов применяли реактив следующего состава: $K_2Cr_2O_7$ – 2 г, H_2SO_4 – 8 мл, H_2O – 100 мл, NaCl (насыщ.) – 4 мл.

Для оценки диаметра рекристаллизованных зерен использовали стандартные таблицы, приведенные в монографии А.П. Смирягина².

Уровень внутренних напряжений оценивали путем измерения микротвердости на шлифах образцов. Преимущество метода состояло в возможности исследования образцов небольших размеров. Для определения микротвердости использовали микротвердомер ПМТ-3, нагрузка при измерении составляла 100 Г. Микротвердость определяли как среднее из 15–20 замеров, фиксировали ее значение в исходном состоянии до отжига и после отжига образцов.

Отжиг образцов проводили в электрической муфельной печи в интервале температур 300...500°C. Более высокие температуры, связанные с красным

калением металла, не использовали, поскольку подобный нагрев, как показали наши опыты, проведенные ранее, приводит к диффузии позолоты вглубь изделия.

Продолжительность отжига составляла 2 часа, такой длительный нагрев с наибольшей вероятностью мог выявить диффузию элементов из покрытия в основной металл. Образцы помещали в печь после достижения в ней необходимой температуры, по окончании выдержки их охлаждали на воздухе.

Результаты исследования

В таблице 1 представлен состав исследованных изделий. Как видим, большинство предметов было изготовлено из латуни, близкой по составу к маркам Л66 и Л68. Подобные латуни характеризуются высокой пластичностью при холодной обработке давлением, поэтому их использование для изготовления изделий вполне закономерно³. Напольный подсвечник был получен не из латуни, которой посвящена данная работа, а из чистой меди (табл.1, №2), однако его также включили в исследования, чтобы получить более полные данные о процессах золочения.

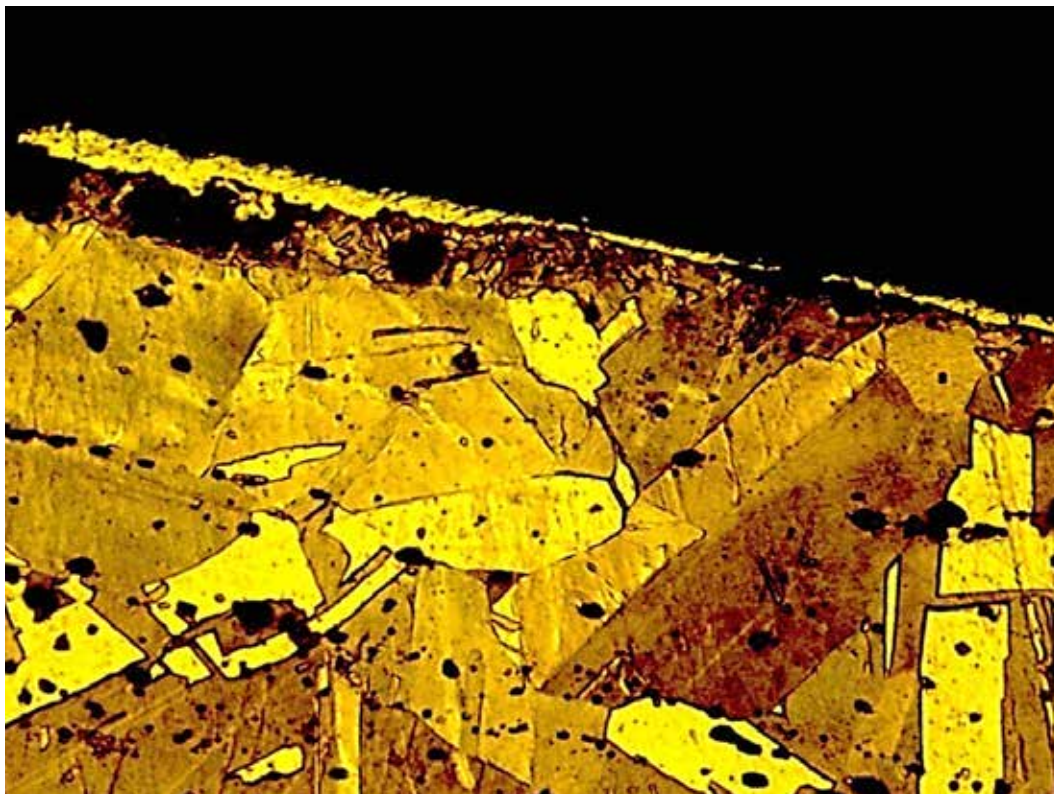
Таблица 1. Состав изделий (% , вес.)

№ изделия	Cu	Zn	Sn	Ni	Pb
1	66,54	32,96	0,11	0,17	0,32
2	99,5	0,16	–	0,34	–
3	66,10	33,14	–	0,33	0,43
4	68,06	31,06	0,10	0,30	0,48
5	68,37	31,13	–	0,19	0,31
6 ₁	68,35	31,18	–	0,20	0,27
6 ₂	67,58	32,42	0,21	0,43	0,35
6 ₃	66,20	33,45	–	0,12	0,23

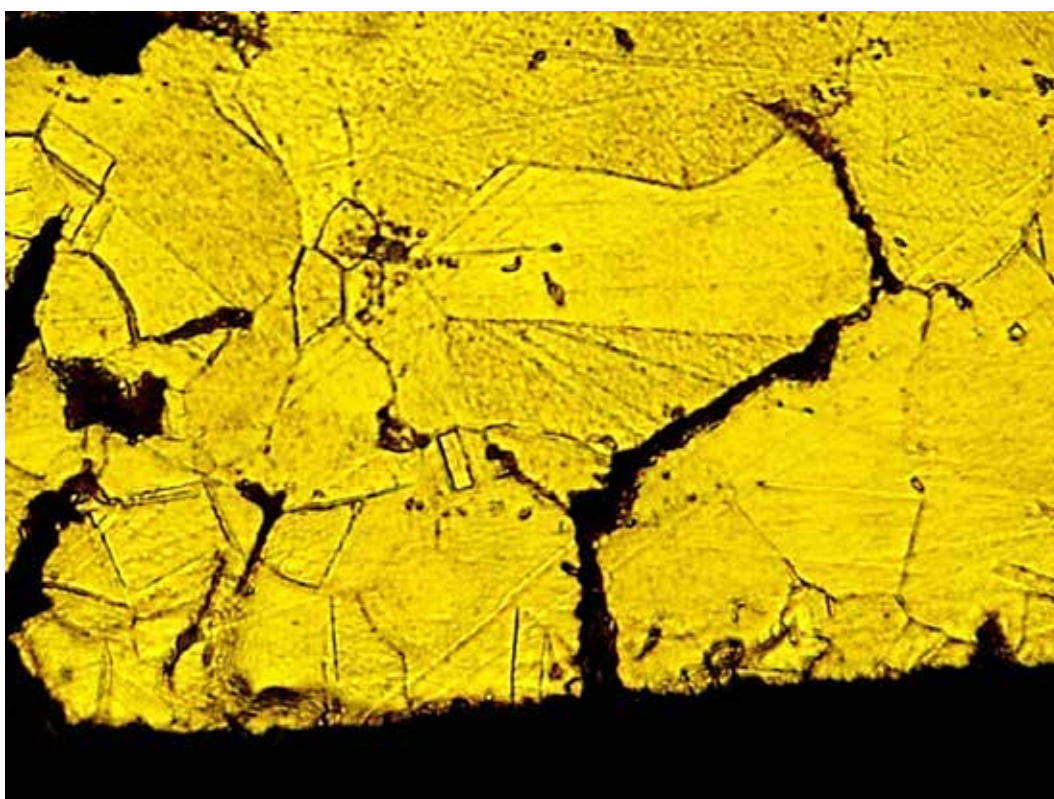
Микроструктура исследованных образцов, согласно результатам металлографического анализа, состояла из полиэдров с двойниками отжига, свидетельствующими, что изделия получены с помощью деформации с последующим рекристаллизационным отжигом (ил. 2). Деформацию осуществляли в холодную, так как наличие в исследованных латунях десятых долей процента свинца (табл. 1) исключало применение горячей обработки⁴. В микроструктуре изделий наблюдались довольно крупные рекристаллизованные зерна, средний диаметр которых колебался в пределах 0,06–0,1 мм. В ряде образцов фиксировалась разнотернистость, размер отдельных полиэдров в некоторых их участках достигал 0,2 мм.

Во всех образцах были заметны межкристаллитные трещины, распространявшиеся в основном от границ полиэдров вглубь металла (ил. 3); трещинообразование сопровождалось межкристаллитной коррозией с выделением вдоль границ зерен слоя закиси меди или ее отдельных глобулей (ил. 4). В ряде случаев фиксировали обесцинкование латуни и образование чистой меди на границах полиэдров. Определение микротвердости образцов выявило, что ее показатели (75–113 кг/мм²) завышены по сравнению со значениями этой величины (50–60 кг/мм²), характерными для отожженных после деформации латуней Л66 и Л68 и меди⁵. При этом

никаких следов деформации (полос скольжения, искажения формы полиэдров) в их микроструктуре не наблюдалось. Это давало основание полагать, что в изделиях присутствовали остаточные внутренние напряжения, являвшиеся причиной коррозионного растрескивания этих изделий.



Илл. 2.
Рекристаллизованная
микроструктура
изделия 2
с неравномерным
по толщине внешним
золоченым слоем.
Увеличение: $\times 850$



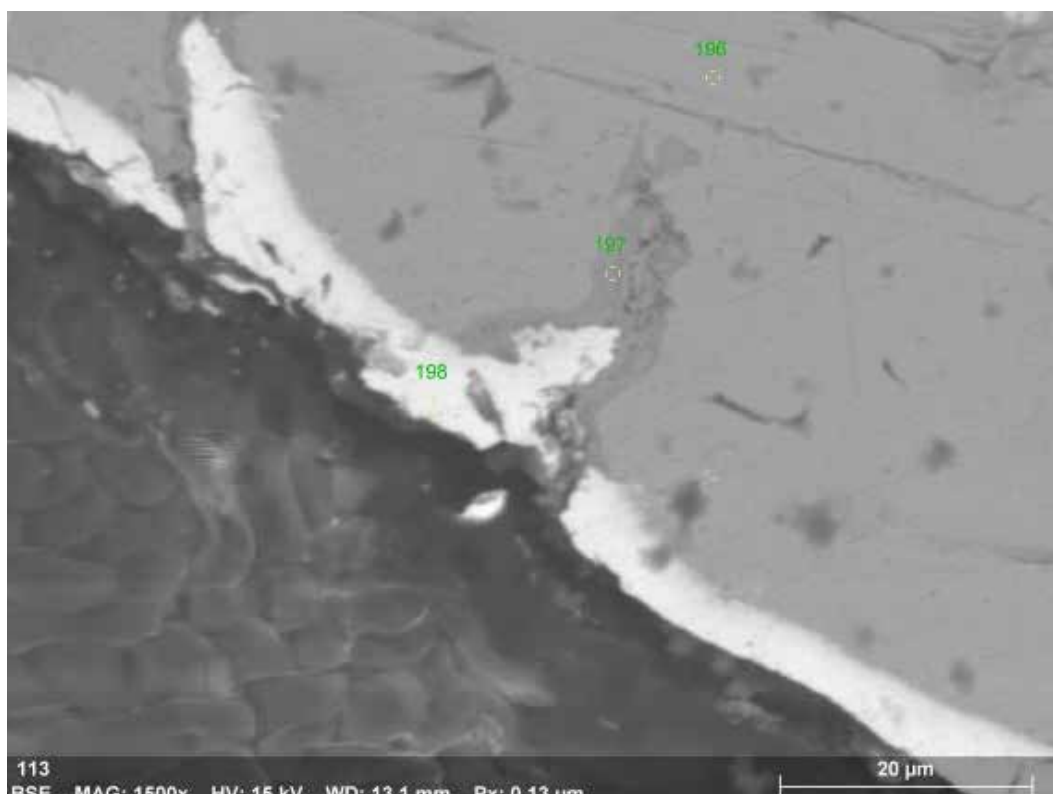
Илл. 3.
Микроструктура
изделия 6₁ с трещинами
на границе полиэдров
(участок 1).
Увеличение: $\times 850$

Известно, что подобному виду разрушения особенно подвержены изделия, полученные из латуни марки Л66 или Л68, отличающиеся крупнозернистой микроструктурой⁶. Как видно из приведенных выше данных, аналогичными показателями состава и микроструктуры отличались и исследованные нами предметы. Для предотвращения их дальнейшего трещинообразования целесообразно было использовать отжиг для снятия остаточных внутренних напряжений.



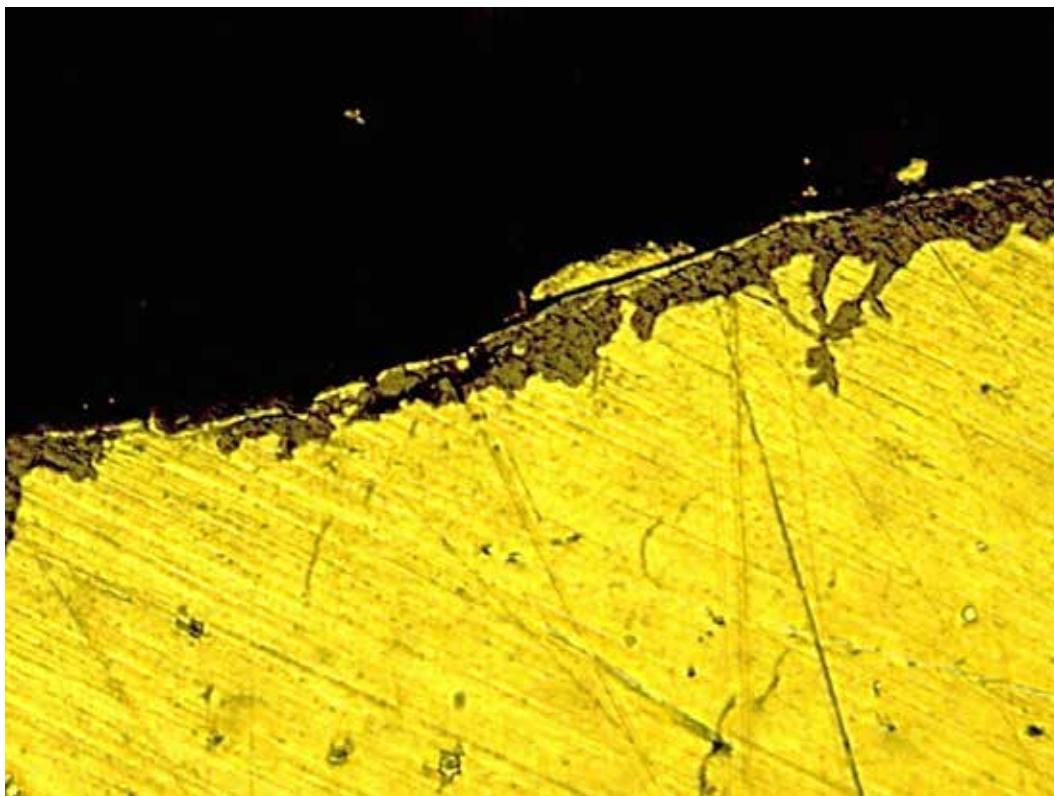
Илл. 4.
Микроструктура изделия b_1 с выделением слоя окиси меди и ее глобулей вдоль границ зерен (участок 2).
Увеличение: $\times 850$

Перед проведением отжига мы с помощью металлографии и электронной микроскопии исследовали на отобранных от изделий образцах состояние покрытий, а также определяли их состав и толщину.

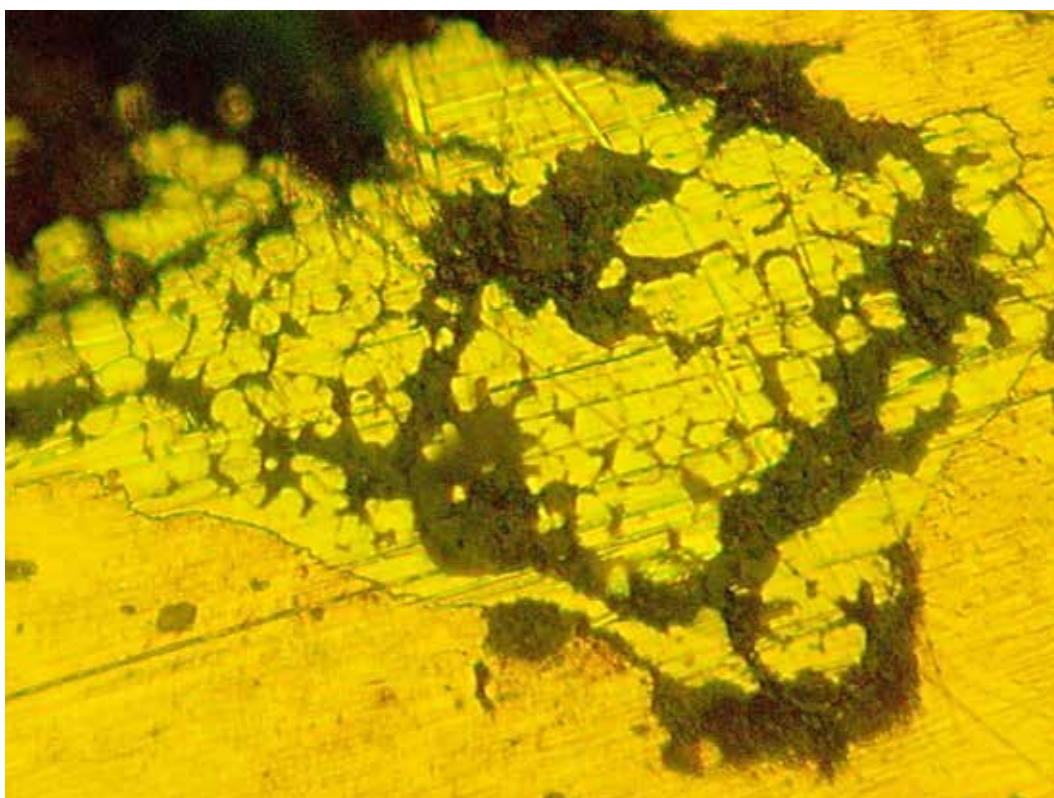


Илл. 5.
Электронномикроскопическое изображение микроструктуры изделия 2 со слоем золочения, в котором видны разрывы позолоты

Исследование показало, что покрытия не располагались непрерывным слоем на поверхности изделий, в некоторых местах были заметны их разрывы (ил. 2, 5), из-за чего происходило окисление металла с образованием окиси меди, а от мест разрывов распространялись коррозионные трещины (ил. 6). Некоторые покрытия были разбиты на небольшие фрагменты, вокруг которых развивались коррозионные процессы с образованием окиси меди (ил. 7) и поверхность изделия не была защищена от дальнейшей коррозии.



Илл. 6.
Микроструктура изделия 3 с внешним слоем серебрения, под которым виден слой окиси меди.
Увеличение: $\times 850$



Илл. 7.
Микроструктура изделия 2 с фрагментированным золотым покрытием в углублении изделия; видны выделения окиси меди в виде локальных областей и между фрагментами покрытия.
Увеличение: $\times 850$

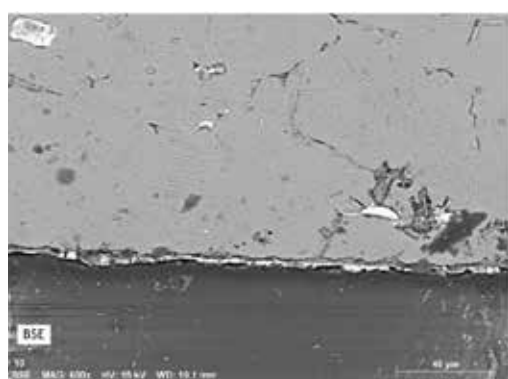
Данные о толщине и составе покрытий представлены в *табл. 2*.

Как видно из этой таблицы, покрытия во всех изделиях отличались малой и неодинаковой толщиной, значения которой в разных участках варьировались от 0,5 до 10 микрон. Анализ состава позолоты (*табл. 2*), показал, что слой чистого золота был нанесен только на изделия 1 и 2, поверхность изделий 3 и 4 серебрили, а их золотистый цвет, как свидетельствовали исследования под бинокулярным микроскопом, был обусловлен прочным лаком с желтым красителем, нанесенным на посеребренную поверхность. Интересно, что в одной из точек поверхности изделия 3 было обнаружено 54,7% золота, по-видимому, первоначально изделие золотили, а когда в процессе бытования позолота была утрачена, поверхность посеребрили.

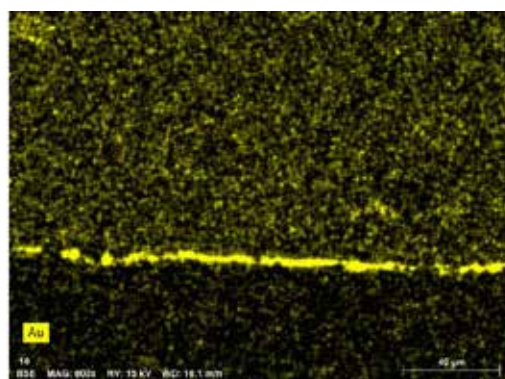
Золотистый слой на изделиях 5, 6₁–6₃ состоял из смеси золота и серебра (ил. 8), возможно, эти изделия перед нанесением позолоты серебрили. Вместе с тем, нельзя исключить предположения о том, что для золочения использовали тройную амальгаму золото-серебро-ртуть. О применении подобных амальгам упоминает А. И. Андрущенко в своем труде «Руководство золотых и серебряных дел мастерства»⁷. Приведенные результаты показывают как для получения золотистой поверхности мастера использовали различные технологические приемы с целью экономии дорогого стоившего золота.

Таблица 2. Состав и толщина покрытий

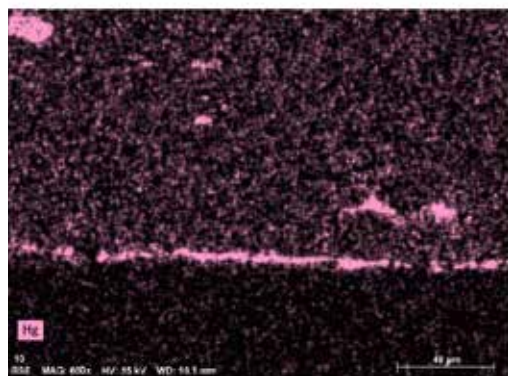
№ изделия	Вид покрытия	Состав, % (вес.)					Толщина, μm
		Au	Ag	Hg	Cu	Zn	
1	золочение	56,4	1,4	1,5	31,2	9,5	0,5–2,5
2	золочение	76,3	1,2	13,4	8,7	0,4	0,6–10
3	серебрение	0	89,0	0,6	6,9	1,8	0,6–2,5
4	серебрение	0	86,2	0,5	9,2	4,1	0,6–2,0
5	золочение	34	36,5	2,2	21,8	5,5	0,5–2,5
6 ₁	золочение	13,7	12,4	1,2	49,0	23,7	0,6–3,0
6 ₂	золочение	36,0	24,5	2,0	25,1	12,4	0,5–2,0
6 ₃	золочение	23,2	20,8	1,5	39,0	15,5	0,6–2,5



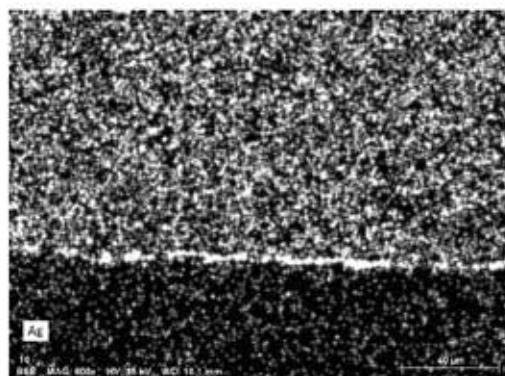
а)



б)



в)



г)

Илл. 8. Электронномикроскопическое изображение микроструктуры изделия 6₃:
а – с золоченым покрытием;
б – в характеристическом излучении золота;
в – в характеристическом излучении ртути;
г – в характеристическом излучении серебра.

В составе покрытий в различных количествах были обнаружены медь и цинк – компоненты сплава, из которого изготавливали изделия (табл. 2). Вероятно, это происходило из-за его малой толщины и недостаточной локальности электронного пучка, вследствие чего в состав анализируемой площади попадало как само покрытие, так и близлежащие участки сплава, которые содержали указанные

выше элементы. Также возможно, что какое-то количество меди и цинка попадало в процессе золочения или серебрения изделий.

Во всех покрытиях содержалась ртуть, количество которой варьировалось от десятых долей процента до целых процентов (табл. 2). Лишь в изделии 2, в котором его толщина часто составляла 10 микрон, содержание остаточной ртути достигало 13,4%. Присутствие ртути означало, что для золочения или серебрения использовали ртутную амальгаму. Метод носит название «огневое золочение» и в самых общих чертах его описывают следующим образом⁸.

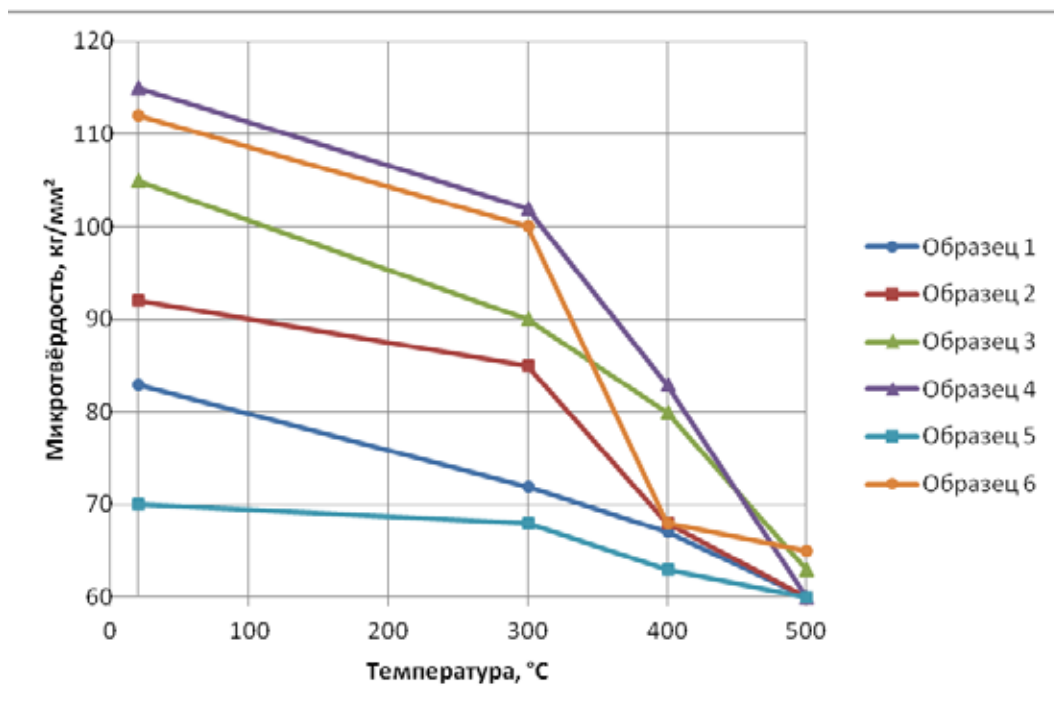
Поверхность металла покрывается амальгамой, состоящей из смеси ртути с чистым золотом, или серебром; ртуть смачивает эти металлы, и они растворяются в ней. Для лучшего смачивания частиц золота или серебра ртутью их предварительно очищают от загрязнений. При отсутствии смачивания в амальгаме остаются частицы золота или серебра. (Возможно, что по этой причине возникала отмеченная выше фрагментарность некоторых исследованных нами покрытий).

Образовавшуюся амальгаму заворачивают в кожу и обжимают, чтобы удалить избыток ртути. Затем с помощью латунных щеточек амальгаму накладывают на предмет и после ее нанесения изделие некоторое время держат над горящими углями, выпаривая ртуть. В результате на поверхности предмета остается слой золота или серебра.

Рассматриваемое покрытие отличается прочностью и долговечностью, и при качественном нанесении оно может сохраняться на изделии до 100–150 лет. Основным недостатком этого метода золочения является токсичность из-за испарения ртути.

Перейдем далее к описанию результатов наших опытов, связанных с отжигом изделий для снятия остаточных внутренних напряжений. Как уже упоминалось выше, его осуществление лимитировалось возможной диффузией золота или серебра от поверхности вглубь изделий при их нагреве. Поэтому после отжига при каждой из выбранных температур мы с помощью измерения микротвердости контролировали уровень внутренних напряжений и определяли концентрацию золота, серебра и ртути в различных точках образцов. Также мы фиксировали возможное изменение цвета поверхности. Более подробно эти опыты приведены выше при описании методики экспериментов. Начнем с рассмотрения графика зависимости микротвердости образцов от температуры отжига. Опыты показали, что в интервале температур 300...500°C происходило постепенное снижение микротвердости до значения, близкого при 500°C к показателям, характерным для отожженной латуни и меди (ил. 9). Это означало, что при 500°C остаточные внутренние напряжения снимались почти полностью.

Далее мы с помощью электронной микроскопии исследовали на опытных образцах, не произойдет ли при отжиге утрата позолоты или слоя серебрения из-за диффузии золота и серебра вглубь образцов. Также мы фиксировали в образцах остаточное количество ртути. Исследования выявили следующие общие закономерности. В исходных образцах диффузия золота, ртути и серебра от покрытия в основной металл либо не фиксировалась, либо не превышала десятых долей процента. Так на расстоянии 2–5 микрон от покрытия концентрация золота в разных точках варьировалась от 0% до 0,1%, серебра – от 0,1% до 0,3%, ртути – от 0% до 0,3%, на расстоянии 15–20 микрон от покрытия эти элементы не фиксировались.



Илл. 9. График зависимости микротвердости изделий от температуры отжига. Время отжига 2 часа. Номер образца соответствует номеру изделия, от которого отобран образец

Последующий отжиг образцов в интервале температур 300–500 °C не внес изменений в отмеченную выше закономерность, концентрации золота, серебра и ртути оставались после нагрева на прежнем уровне. Таким образом, незначительная диффузия в основной металл золота, ртути и серебра на уровне десятых долей процента происходила только в процессе огневого золочения изделий.

Поверхность образцов после нагрева была окислена, удаление окислов раствором трилона Б показало, что первоначальный цвет поверхности сохранился. Таким образом, латунные изделия с золотым или серебряным покрытием можно для снятия напряжений отжигать в интервале температур 300...500 °C в течение длительного времени (до 2 часов) без опасности утраты покрытия. Продолжительность отжига для снятия внутренних напряжений, как показали наши предыдущие исследования (ил. 8, 9), может быть сокращена до 15–30 мин.

Важно отметить, что бытовавшие в течение длительного времени изделия с золотыми или серебряными покрытиями требуют бережного обращения, поскольку, как рассмотрено выше, покрытия отличаются рядом дефектов. Среди них неоднородность по толщине, наличие разрывов, утрат, иногда фрагментированность строения. По-видимому, чтобы избежать дальнейшего разрушения золотых или серебряных покрытий, надо при консервации изделий использовать прочные лаки.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие **общие выводы**.

Изучена коллекция предметов церковной утвари, датируемых концом XIX – началом XX века, с позолоченной или посеребренной поверхностью.

На отобранных образцах с помощью методов металлографии,

РФА и сканирующей электронной микроскопии проведено определение состава изделий и покрытий, технологии их получения, особенностей разрушения.

Установлено, что изделия изготовлены из меди и латуни, близкой по составу к маркам Л66 и Л68 с помощью холодной деформации с последующим отжигом, в изделиях сохранились остаточные внутренние напряжения, которые вызвали межкристаллитную коррозию и образование трещин.

Выяснено, что покрытия нанесены на изделия с помощью амальгамного метода и отличаются по своему составу, демонстрируя различные способы экономии золота. Чистое золото содержат только позолота на каркасе рипиды и верхняя часть напольного подсвечника; в состав золоченого слоя ажурной лампы и корпусов стаканов лампы входит серебро почти в равных количествах с золотом; золотистый цвет поверхности деталей от двух подсвечников создан с помощью лака с желтым красителем, нанесенного на посеребренную поверхность.

Проведены отжиги образцов в течение 2 часов при температурах 300...500°C для определения режима, при котором остаточные внутренние напряжения исчезают. Выяснено, что при температуре 500°C внутренние напряжения снимаются почти полностью.

Установлено, что при отжиге не происходит диффузии золота и серебра из покрытий вглубь образцов. Латунные и медные изделия с золоченой или серебряной поверхностью можно отжигать для снятия внутренних напряжений при температуре 500°C. Продолжительность отжига для снятия внутренних напряжений может быть сокращена с 2 часов до 15–30 мин.

Отмечено, что амальгамные покрытия старых изделий неоднородны по толщине, содержат разрывы металла, часто состоят из отдельных фрагментов. Эти дефекты способствуют развитию коррозионных процессов, покрытия отслаиваются и в итоге теряют свои декоративные и защитные функции. Поэтому покрытия необходимо защищать от разрушения, применяя надежные способы консервации.

Примечания

1. *Нацкий М. В., Равич И. Г.* Изучение причин самопроизвольного растрескивания музейных экспонатов, полученных обработкой давлением из листа латуни // Культурологический журнал. Вып. 4. 2021. С. 1–10; *Равич И. Г.* О возможности применения отжига при реставрации изделий, полученных из листовой латуни и подвергшихся растрескиванию // Там же. Вып. 3. 2022. С. 35–43.

2. *Смирягин А. П.* Промышленные цветные металлы и сплавы. М: Металлургиздат, 1956. – 559 с.

3. Там же. С. 86–104.

4. Там же. С. 54.

5. Там же. С. 89, 98.

6. Там же. С. 51.

7. *Андрющенко А. И.* Руководство золотых и серебряных дел мастерства. М.: Изд-во В. Шевчук, 2004. – 146 с.

8. Там же. С. 101–124; *Бреполь Э.* Теория и практика ювелирного дела. М.: Машиностроение, 1982. С. 295–297.

9. *Равич И. Г.* Указ. соч. С. 43.

1. *Naczkiy M. V., Ravich I. G.* Izuchenie prichin samoproizvol'nogo rastreskivaniya muzejny'x e'ksponatov, poluchenny'x obrabotkoj davleniem iz lista latuni // Kul'turologicheskij zhurnal. Vy'p. 4. 2021. S. 1–10; Ravich I. G. O vozmozhnosti primeneniya otzhiga pri restavracii izdelij, poluchenny'x iz listovoj latunii i podvergshixsya rastreskivaniyu // Tam zhe. Vy'p. 3. 2022. S. 35–43.

2. *Smiryagin A. P.* Promy'shlenny'e czvetny'e metally` i splavy`. M: Metallurgizdat, 1956. – 559 s.

3. Tam zhe. S. 86–104.

4. Tam zhe. S. 54.

5. Tam zhe. S. 89, 98.

6. Tam zhe. S. 51.

7. *Andryushhenko A. I.* Rukovodstvo zoloty'x i serebryany'x del masterstva. M.: Izd-vo V. Shevchuk, 2004. – 146 s.

8. Tam zhe. S. 101–124; *Brepol`E`.* Teoriya i praktika yuvelirnogo dela. M.: Mashinostroenie, 1982. S. 295–297.

9. *Ravich I. G.* Ukaz. soch. S. 43.

Сведения об авторах

Равич Ирина Григорьевна – канд. тех. наук, ФГБНИУ «ГОСНИИР», ведущий научный сотрудник отдела научной реставрации произведений из металла
Российская Федерация, 107014, г. Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1
E-mail: info@gosniir.ru

Нацкий Михаил Валентинович – художник-реставратор высшей категории, ФГБНИУ «ГОСНИИР», художник-реставратор отдела научной реставрации произведений из металла
Российская Федерация, 107014, г. Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1
E-mail: info@gosniir.ru

Михайлова Анна Владимировна – ФГБНИУ «ГОСНИИР», инженер-исследователь отдела научной реставрации произведений из металла
Российская Федерация, 107014, г. Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1
E-mail: info@gosniir.ru

Беккер Альберт Оттович – художник-реставратор третьей категории, ФГБНИУ «ГОСНИИР», художник-реставратор отдела научной реставрации произведений из металла
Российская Федерация, 107014, г. Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1
E-mail: info@gosniir.ru

Ravich Irina – Dr. Ph. D., The State Research Institute for Restoration, leading researcher of the Department of Scientific Restoration of Metal Works
44-1, Gastello St., Moscow, 107014, Russian Federation
E-mail: info@gosniir.ru

Natsky Mikhail – conservator of the highest category, The State Research Institute for Restoration, conservator of the Department of Scientific Restoration of Metal Works
44-1, Gastello St., Moscow, 107014, Russian Federation
E-mail: info@gosniir.ru

Mikhailova Anna – The State Research Institute for Restoration, research engineer of the Department of Scientific Restoration of Metal Works
44-1, Gastello St., Moscow, 107014, Russian Federation
E-mail: info@gosniir.ru

Becker Albert – conservator of the third category, The State Research Institute for Restoration, conservator of the Department of Scientific Restoration of Metal Works
44-1, Gastello St., Moscow, 107014, Russian Federation
E-mail: info@gosniir.ru

Научное издание

**Художественное наследие. Исследования. Реставрация. Хранение.
Art Heritage. Research. Storage. Conservation.**

Свидетельство о регистрации СМИ ЭЛ № ФС77-82901

от 14.03.2022 г.

ISSN 2782-5027

Подписано в печать 29.09.2023 г.

Федеральное государственное бюджетное
научно-исследовательское учреждение
«Государственный научно-исследовательский институт реставрации»
107014, г. Москва, ул. Гастелло, д. 44, стр. 1
e-mail: journal@gosniir.ru
Сайт: <http://www.journal-gosniir.ru/>